



“FAN VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI”

MAVZUSIDAGI

XALQARO ILMIIY-AMALIY ANJUMAN
MATERIALLARI TO‘PLAMI

II SHO‘BA I QISM

Qarshi shahri, 2026-yil 8-10-oktabr



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

IQTISODIYOT VA PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

PANCASAKTI TEGAL UNIVERSITETI

KARABÜK UNIVERSITETI

QOZON FEDERAL UNIVERSITETI

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

FAN VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI

mavzusidagi

**XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MATERIALLARI
TO‘PLAMI**

II SHO‘BA (MUHANDISLIK FANLARI SHO‘BASI 1 - QISM)

Qarshi shahri, 2026-yil 8-10-oktabr

Veb-sayt: <https://conference.ipu-edu.uz/>

**QARSHI
“ILM-FAN-MA’NAVIYAT” NASHRIYOTI
2026**

UO‘K: 001 (063)

KBK: 72я43

F 24

Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari.

Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami/

– Qarshi: «Ilm-fan-ma’naviyat» nashriyoti, 2026.

Ushbu to‘plam O‘zbekiston respublikasi oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi, Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Pancasakti tegal universiteti, Karabük universiteti, Qozon federal universiteti, Qarshi davlat universiteti hamda Qarshi davlat texnika universiteti hamkorligida “Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari” mavzusida 2026 yil 8-10 oktabr kunlari o‘tkazilgan xalqaro ilmiy-amaliy anjuman ma’ruzalari asosida tayyorlangan nashr hisoblanadi.

To‘plamga kiritilgan maqolalarda aniq fanlar (matematika, fizika, informatika, statistika va ma’lumotlar tahlili, amaliy matematika va matematik modellashtrish), muhandislik fanlari (axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, neft va gaz sanoatidagi ilg‘or texnologiyalar, energetika tizimlari va energiya tejamkor texnologiyalar, konlarni o‘zlashtirish va qatlam muhandisligi, sanoat xavfsizligi, xavflarni baholash va ishonchlik muhandisligi), tabiiy fanlar (fizika va zamonaviy fizik texnologiyalar, kimyo va kimyoviy texnologiyalar, neft-gaz sektorida atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanish, biologiya, biotexnologiya va bioinformatika, neft va gaz konlarini qidirish va qatlamlarni tavsiflash), ijtimoiy-gumanitar fanlar (Iqtisodiyot va ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish, pedagogika va zamonaviy ta’lim texnologiyalari, psixologiya va ijtimoiy jarayonlar, falsafa, sotsiologiya va fanlararo tadqiqotlar, filologiya, lingvistika va madaniyatshunoslik) mavzularidagi masalalar qamrab olingan.

To‘plamni nashrga tayyorlovchi tahrir hay’ati tarkibi:

Bozorov O.N.	- tahrir hay’ati raisi, universitet rektori;
Farmonov J.B.	- rais o‘rinbosari, ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor;
Muminov F.SH.	- a‘zo, yoshlar masalalari va ma’naviy-ma’rifiy ishlar bo‘yicha birinchi prorektor;
Raxmatov E.A.	- a‘zo, o‘quv ishlari bo‘yicha prorektor;
Boltayev Z.B.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi o‘quv ishlari bo‘yicha prorektor;
Kamolov D.P.	- a‘zo, “Tarix va ijtimoiy fanlar” kafedrası professori;
Uzoqov G‘.N.	- a‘zo, QarDTU Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor;
Bekpulatov I.R.	- a‘zo, QarDU Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor;
Raximov X.A.	- a‘zo, aniq fanlar sho‘basi raisi;
Tog‘ayeva M.A.	- a‘zo, tabiiy fanlar sho‘basi raisi;
Bozorov J.T.	- a‘zo, muhandislik fanlari sho‘basi raisi;
Yo‘ldoshev J.T.	- a‘zo, gumanitar fanlar sho‘basi raisi;
Rahimov A.N.	- a‘zo, “Iqtisodiyot” kafedrası mudiri;
Eshmatov B.E.	- a‘zo, “Matematika” kafedrası mudiri;
Sunatov J.T.	- a‘zo, “Axborot tizimlari va texnologiyalari” kafedrası katta o‘qituvchisi;
Suropov B.	- a‘zo, “Axborot tizimlari va texnologiyalari” kafedrası mudiri;
Batirov Z.L.	- a‘zo, “Pedagogika va o‘qitish metodikasi” kafedrası mudiri;
Xalilov J.A.	- a‘zo, “Neft va gaz ishi” kafedrası mudiri;
Xazratov A.N.	- a‘zo, “Neft va gaz ishi” kafedrası dotsenti;
Fayziyeva K.A.	- a‘zo, “Fakultetlararo xorijiy tillar” kafedrası mudiri;
Rahmatillayeva Sh.Z.	- a‘zo, “O‘zbek tili va adabiyoti” kafedrası mudiri;
Eshonqulov R.T.	- a‘zo, “Xorijiy tillar” kafedrası mudiri;
Choriyeva Z.T.	- a‘zo, “Maktabgacha ta’lim” kafedrası mudiri;
Xushmanova G.I.	- a‘zo, “Rus tili va adabiyoti” kafedrası mudiri;
Mamatov Z.U.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Iqtisodiyot va muhandislik fanlari” kafedrası mudiri;
Usmonov F.N.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Psixologiya va ijtimoiy-gumanitar fanlar” kafedrası mudiri;
Turaqulov I.R.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Pedagogika” kafedrası mudiri;
Berdiev H.X.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “O‘zbek va rus tillari” kafedrası mudiri;
Qurbonov U.E.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Xorijiy tillar” kafedrası mudiri;
Sharifov Sh.S.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Iqtisodiyot va kompyuter injirining” kafedrası mudiri.
Mas’ul muharrir:	t.f.f.d., dots. Farmonov J.B.
Mas’ul kotib	t.f.d., prof. Komolov D.P.
Muharrirlar	p.f.f.d., dots. Raximov X.A., b.f.f.d. dots. Tog‘ayeva M.A., t.f.f.d., dots. Bozorov J.T. t.f.f.d., dots. Bozorov J.T., p.f.f.d., dots. Yo‘ldoshev J.T.

To‘plamga kiritilgan materiallardagi ma’lumotlar to‘g‘riligi uchun mualliflar javobgardirlar.

Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Ilmiy Kengashida muhokama qilingan va chop etishga tavsiya etilgan.

ISBN 978-9910-321-13-9

© Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, 2026 yil.

© «Ilm-fan-ma’naviyat» nashriyoti, 2026 yil.

KIRISH SO‘Z

Assalomu alaykum, hurmatli mehmonlar, aziz professor-o‘qituvchilar va olimlar, davlat va ishlab chiqarish sohasi vakillari, qadrlı hamkasblar, talabalar hamda konferensiyada onlayn ishtirok etayotgan mehmonlar!

Iqtisodiyot va pedagogika universitetida o‘tkazilayotgan **“Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumaniga xush kelibsiz.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti bugungi kunda dunyoning 40 ga yaqin yetakchi oliy ta’lim muassasalari va ilmiy-tadqiqot tashkilotlari bilan hamkorlik aloqalarini yo‘lga qo‘yib, ular bilan o‘zaro hamkorlik shartnoma va memorandumlarini imzolagan.

Universitet Malayziya, Hindiston, Qozog‘iston, Rossiya, Indoneziya, Turkiya kabi yana bir qancha davlatlarning nufuzli oliy ta’lim muassasalari bilan akademik va ilmiy aloqalarni rivojlantirib kelmoqda.

Shuningdek, Yevropa Ittifoqining “Erasmus+” dasturi doirasida Portugaliya, Ruminiya, Ispaniya, Bolgariya va Italiya kabi davlatlarning oliy ta’lim muassasalari bilan samarali hamkorlik yo‘lga qo‘yilgan. Mazkur hamkorlik doirasida professor-o‘qituvchilar va talabalar almashinuvi, akademik mobillik, tajriba almashish hamda ilmiy tashabbuslarni amalga oshirish imkoniyatlari kengayib bormoqda.

G‘urur va quvonch bilan ta’kidlash joizki, 2022–2026-yillar davomida universitetimizning 117 nafar professor-o‘qituvchilar xalqaro tajriba orttirib, malaka oshirib kelishdi. Xususan, Turkiyaning Karabuk universitetida 102 nafar, Rossiyaning Qozon federal universitetida 15 nafar professor-o‘qituvchimiz malaka oshirdi hamda 3 nafar talabamiz yozgi maktabda qatnashdi. Shuningdek, Vengriyaning Debresen universitetida 2 nafar o‘qituvchimiz ilmiy stajirovka o‘tab qaytdi. Yevropa Ittifoqining Erasmus+ dasturi doirasida Portugaliyaning Tomar politexnika institutida 2 nafar talabalarimiz ta’limni tamomladi, yana 2 nafari 1 semestr davomida tahsil olmoqda va 1 nafar o‘qituvchimiz mobillik dasturida qatnashib keldi. Ispaniyaning Leon universitetida yesa 1 nafar talabamiz o‘qib kelgan bo‘lsa, 3 nafar professor-o‘qituvchimiz kadrlar mobilligini amalga oshirdi. Ruminiyaning Luchian Blaga (Sibiu) va Piteshti universitetlarida yesa jami 6 nafar o‘qituvchimiz Erasmus+ doirasida xodimlar mobilligi bo‘yicha xalqaro tajriba orttirib qaytdilar.

Yerishilgan natijalar bilan cheklanib qolmay, 2026–2027-o‘quv yilida ham talabalar va o‘qituvchilar almashinuvini davom yettirish rejalashtirilgan. Turkiya, Rossiya va boshqa xorijiy davlatlarning nufuzli oliygohlari bilan hamkorlikda xalqaro malaka oshirish kurslari, stajirovka hamda akademik mobillik dasturlarini yanada kengaytirish ustida tizimli ishlar olib borilmoqda.

Jadal rivojlanayotgan bugungi kunda ilm-fan va innovatsiyalar jamiyat taraqqiyotining muhim harakatlantiruvchi kuchiga aylanib bormoqda. Raqamli texnologiyalar, sun’iy intellekt, zamonaviy ta’lim yondashuvlari, iqtisodiy jarayonlarning transformatsiyasi va ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar hayotimizning barcha jabhalariga tobora chuqur kirib kelmoqda. Bunday sharoitda ilmiy izlanishlarni amaliyot bilan uyg‘unlashtirish, yangi g‘oyalarni qo‘llab-quvvatlash va xalqaro ilmiy hamkorlikni kengaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi anjuman ham aynan shu ezgu maqsadga xizmat qiladi. Unda turli soha vakillarining ilmiy qarashlari, tajribasi va ilg‘or ishlanmalari o‘zaro uyg‘unlashib, yangi ilmiy g‘oyalar va amaliy yechimlar uchun mustahkam zamin yaratishiga ishonamiz.

Hurmatli anjuman qatnashchilari!

Ayni vaqtda insoniyat oldida turgan muammolar bir-biridan alohida emas. Iqlim o‘zgarishi, energetik xavfsizlik, oziq-ovqat xavfsizligi, suv resurslaridan oqilona foydalanish, raqamli transformatsiya, innovatsion iqtisodiyot, sun’iy intellektning jadal rivojlanishi, kiberxavfsizlik, yangi avlod ta’lim texnologiyalari, iqtisodiy tenglik va demografik jarayonlar, bularning barchasi o‘zaro chambarchas bog‘liq. Shuning uchun ham bugungi ilm-fan fanlar chegarasidan chiqib, fanlararo hamkorlik sari intilmoqda.

Menimcha, zamonaviy ilm-fanning eng katta kuchi ham aynan shunda: matematik tafakkur iqtisodiyotga, sun’iy intellekt barcha sohalarga, biologiya axborot texnologiyalariga, muhandislik

ekologiyaga, psixologiya esa ta'lim va ijtimoiy jarayonlarga ulanmoqda. Demak, bizga bugun alohida fanlar emas, balki muammoni kompleks ko'ra oladigan ilmiy tafakkur kerak.

Kelajakdagi universitetning vazifasi faqat talabaga tayyor bilim berishdan iborat bo'lmaydi. Universitet insonni mustaqil fikrlashga, savol berishga, muammoni aniqlashga, ilmiy izlanishga va yangi yechim yaratishga o'rgatishi kerak. Chunki kelajakda insonni texnologiyadan ajratib turadigan eng katta kuch uning tanqidiy fikrlashi, ijodkorligi, axloqiy mas'uliyati va insoniy qadriyatlari bo'ladi.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti uchun ushbu masala ayniqsa muhim. Chunki faoliyatimiz markazida ikki muhim tushuncha: iqtisodiyot va ta'lim turadi. Bizning asosiy vazifamiz zamonaviy bilim va texnologiyalarni ta'lim jarayoniga samarali tatbiq etish, mehnat bozori talablariga javob beradigan, innovatsion fikrlaydigan va amaliy ko'nikmalarga ega mutaxassislarni tayyorlashdan iborat.

Hurmatli anjuman ishtirokchilari!

Universitetimiz hamkorlik qilayotgan ishlab chiqarish korxonalari, zavodlar va tashkilotlar bilan ilmiy-amaliy aloqalarni yanada kuchaytirish, ta'lim, ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasini ta'minlashni ustuvor vazifalarimizdan biri sifatida belgilagan. Kelgusida hamkor korxonalar bilan birgalikda qo'shma ilmiy loyihalarni amalga oshirish, talaba va tadqiqotchilar uchun amaliy tadqiqot maydonlarini kengaytirish, zamonaviy texnologiyalar asosida innovatsion ishlanmalarni yaratish hamda ularni ishlab chiqarishga joriy etishga alohida e'tibor qaratamiz.

Ishonamizki, bugungi anjuman doirasidagi ilmiy muloqotlar yangi ilmiy loyihalar, samarali hamkorliklar va amaliy natijalarga asos bo'ladi.

Shu ezgu niyatlar bilan "Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari" xalqaro ilmiy-amaliy anjumanini ochiq deb e'lon qilaman.

Barchangizga mustahkam sog'lik, ilmiy faoliyatingizda ulkan muvaffaqiyatlar, yangi ilmiy kashfiyotlar va samarali hamkorliklar tilayman!

E'tiboringiz uchun rahmat!

**Iqtisodiyot va pedagogika universiteti rektori,
texnika fanlari nomzodi, professor O.N. Bozorov**

2-SHO‘BA. MUHANDISLIK FANLARI: AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI, NEFT VA GAZ SANOATIDAGI ILG‘OR TEXNOLOGIYALAR, ENERGETIKA TIZIMLARI VA ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALAR, KONLARNI O‘ZLASHTIRISH VA QATLAM MUHANDISLIGI, SANOAT XAVFSIZLIGI, XAVFLARNI BOSHQARISH VA ISHONCHLILIK MUHANDISLIGI.

AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI

ADVANTAGES OF USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN TEACHING ENGINEERING DISCIPLINES

Tu Jie^{1*}, Ibragimov Botir Dastamovich², Yuldoshev Dilmurod Tura o‘g‘li²

¹Faculty of Intelligent Manufacturing ,Nanjing Polytechnic Institute,Nanjing,China.

²Faculty of Automotive Transport Engineering,Tashkent State Transport University,Tashkent, Uzbekistan.

* Corresponding author: Email address: 460263986@qq.com

Abstract. *The types of vehicles operated in the conditions of Uzbekistan are increasing year by year. The fastest growth is occurring in electric and hybrid vehicles (NEV). The structure of these types of vehicles is also complex, and the use of digital technologies in their study is very effective.*

To address these issues, a digital reform framework is proposed, including virtual simulation training, localized digital curricula, teacher capacity building, and industry–education collaboration mechanisms.

The results indicate that digital transformation and virtual simulation can improve training efficiency, reduce costs and operational risks, enhance students’ practical competence, and better align higher education with industrial needs.

This study provides a reference for reforming NEV practical education and promoting digital education transformation in Central Asia.

Keywords: *industry–education, virtual simulation training, NEV practical education, digital education transformation*

Аннотация. *Типы транспортных средств, эксплуатируемых в условиях Узбекистана, увеличиваются с каждым годом. Наиболее быстрый рост наблюдается в сегменте электромобилей и гибридных автомобилей (NEV). Конструкция транспортных средств данного типа также сложна, и использование цифровых технологий при их изучении весьма эффективно.*

Для решения этих задач предлагается структура цифровой реформы, включающая виртуальное симуляционное обучение, локализованные цифровые учебные программы, повышение квалификации преподавателей и механизмы сотрудничества промышленности и образования.

Результаты показывают, что цифровая трансформация и виртуальное симуляционное обучение позволяют повысить эффективность обучения, снизить затраты и операционные риски, улучшить практические компетенции студентов и лучше согласовать высшее образование с потребностями промышленности.

Данное исследование служит ориентиром для реформирования практического образования NEV и продвижения цифровой трансформации образования в Центральной Азии.

Ключевые слова: интеграция промышленности и образования, виртуальное симуляционное обучение, практическое образование NEV, цифровая трансформация образования.

Annotatsiya. *O'zbekiston sharoitida ekspluatatsiya qilinayotgan transport vositalarining turlari yildan-yilga ortib bormoqda. Eng tez o'sish elektr va gibrid avtomobillar (NEV) segmentida kuzatilmoqda. Ushbu turdagi transport vositalarining tuzilishi ham murakkab bo'lib, ularni o'rganishda raqamli texnologiyalardan foydalanish yuqori samara beradi.*

Mazkur muammolarni hal etish maqsadida virtual simulyatsiya mashg'ulotlari, lokalizatsiya qilingan raqamli o'quv dasturlari, o'qituvchilar salohiyatini oshirish va sanoat-ta'lim hamkorligi mexanizmlarini o'z ichiga olgan raqamli islohotlar doirasi (framework) taklif etiladi.

Natijalar raqamli transformatsiya va virtual simulyatsiya o'quv samaradorligini oshirishi, xarajatlar hamda operatsion xavflarni kamaytirishi, talabalarning amaliy kompetensiyalarini rivojlantirishi va oliy ta'limni sanoat ehtiyojlariga yanada yaqinlashtirishi mumkinligini ko'rsatadi.

Ushbu tadqiqot NEV amaliy ta'limini isloh qilish va Markaziy Osiyoda raqamli ta'lim transformatsiyasini rag'batlantirish uchun asosiy manba bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *sanoat-ta'lim integratsiyasi, virtual simulyatsiya mashg'ulotlari, NEV amaliy ta'limi, raqamli ta'lim transformatsiyasi.*

INTRODUCTION

On a global scale, the transition to a "green" economy and the decarbonization of the transport sector are driving the unprecedented development of the New Energy Vehicles industry. In Uzbekistan, this strategic industry is also developing at a rapid pace, making it an urgent task to train highly qualified engineering and technical personnel who meet modern requirements.

However, the process of organizing practical training in the field of NEV in higher education institutions faces a number of serious obstacles. In particular, the high cost of equipment required for modern electric and hybrid vehicles, extremely strict safety requirements, and the lack of a material and technical base negatively affect the quality of education. The fact that most universities still rely on traditional physical education models and are not fully equipped with systematic digital educational resources is complicating the formation of practical skills.

In solving these problems, modern digital technologies, including virtual simulation (Virtual Simulation) and digital twins (Digital Twins), serve as an important solution. They create broad opportunities to increase the efficiency of the educational process, significantly reduce financial costs and technical safety risks, and strengthen students' practical competencies.

In this regard, based on the specific conditions of Uzbekistan, the development of localized digital transformation pathways for NEV practical training is a priority for radically improving the quality of personnel training and supporting sustainable industrial development in the country.

MATERIALS AND METHODS

As shown in Fig.1, Uzbekistan has promoted educational digital transformation and engineering education reform in recent years, providing policy support for integrating digital technologies into higher education and improving practical training systems.

Research Direction	Existing Research in Uzbekistan	Research Gap
 Digital Education Transformation	 Relatively mature, with broad discussions and pilot implementations.	 Lacks industry-oriented applications and integration.
 Engineering Virtual Experiments	 Initial development and exploration.	 Lacks studies and systems in the field of automotive engineering.
 Automotive Engineering Digital Teaching	 Limited number of related studies.	 Lacks a systematic digital teaching platform and framework.
 New Energy Vehicle (NEV) Teaching	 Just beginning, at an early stage.	 Lacks practical training (hands-on) systems and modules.
 Virtual Simulation Software	 Very few studies and applications.	 Lacks validation of teaching effectiveness and empirical evaluation.

Fig. 1 **Current Status and Gaps in Digitalization Practices of NEVs in Uzbekistan**

However, existing research mainly emphasizes general educational digitalization, while studies on digital practical training for new energy vehicle (NEV) education remain limited. Localized approaches to virtual simulation development, digital training systems, and teaching evaluation are still insufficient, and a systematic reform framework has not yet been established.

By contrast, some Central Asian countries, including Kazakhstan and Kyrgyzstan, have introduced NEV virtual simulation and industry-oriented digital training through China's Luban Workshop initiatives, demonstrating the potential of digital practical education.

Therefore, developing localized virtual simulation platforms and digital reform pathways has become essential for advancing NEV practical teaching and supporting educational and industrial development in Uzbekistan.

Research Status in China

As shown in Fig.2, China has developed a relatively mature and systematic research foundation in the field of digital practical training for new energy vehicle (NEV) education. Existing studies mainly focus on virtual–real integrated training models, digital twin-based practical training platforms, AR-supported immersive teaching environments, and the development of digital teaching resource systems.

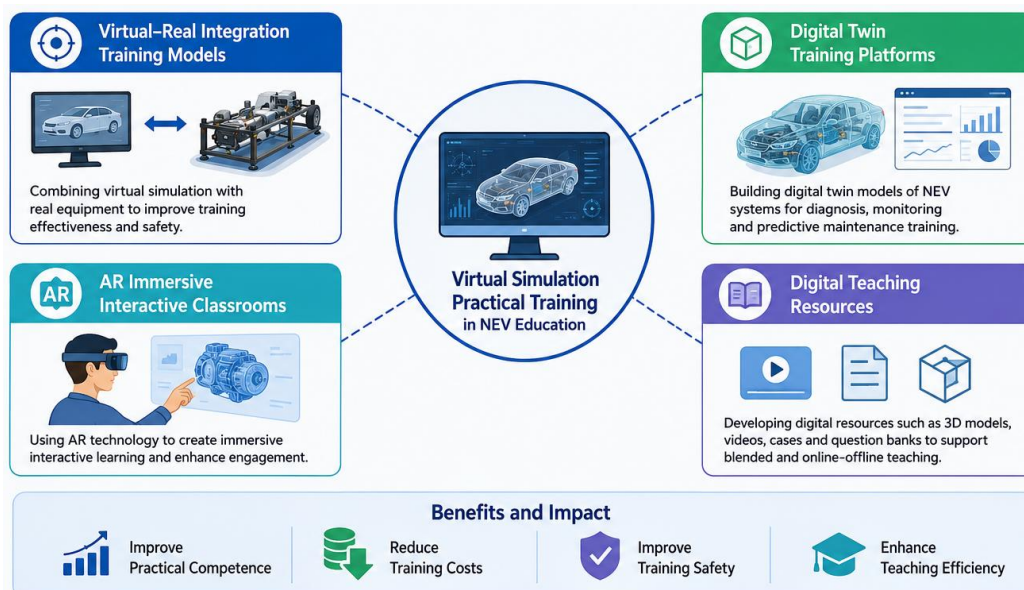


Fig.2 Current Status of Digitalization Practice Research on NEVs in China

Numerous studies have demonstrated that digital technologies can improve training efficiency, student engagement, and practical competence. In particular, the integration of virtual simulation into engineering education has gradually developed mature and replicable teaching approaches.

These achievements provide important theoretical foundations and practical references for the digital transformation of NEV education and practical teaching reform in Uzbekistan.

Imbalanced Training Infrastructure and Limited Digital Platforms

Practical training for NEV education in Uzbekistan remains largely oriented toward conventional vehicle teaching. Field investigations indicate that most universities possess sufficient facilities for engine and chassis training but have very limited NEV equipment. Only a few institutions provide basic electric vehicle training resources, while specialized platforms for battery, motor, and electronic control systems are rarely available, restricting advanced practical activities.

Digital infrastructure is also underdeveloped. Most institutions lack VR classrooms, virtual simulation environments, and digital twin platforms, and existing training spaces remain focused on physical operation without integrated virtual-physical teaching support.

NEV practical teaching still follows teacher-centered demonstration models with limited student participation. Due to equipment shortages and safety concerns, students receive insufficient hands-on practice, especially in high-voltage training.

The lack of virtual simulation platforms further limits repeated practice and fault diagnosis training, reducing teaching flexibility and learning effectiveness. New approaches such as remote and collaborative practical training have not yet been widely adopted.

Localized digital teaching resources-including bilingual materials, virtual simulation projects, enterprise cases, and online training tools-remain insufficient. In addition, assessment methods still rely heavily on teacher observation, making it difficult to evaluate complex practical competencies objectively.

RESULTS AND DISCUSSION

A differentiated strategy should be adopted according to institutional conditions. For local universities, existing computer laboratories can be upgraded into low-cost virtual training environments by introducing lightweight VR simulation systems covering high-voltage safety, battery maintenance, BMS diagnosis, and drive motor testing. Training spaces should integrate virtual and physical practice to improve training accessibility while reducing operating costs.

For key universities such as Tashkent State Transport University, digital twin-based intelligent training centers should be developed. Real-time interaction between physical equipment and virtual systems, combined with AR-assisted operation and cross-border resource sharing, can strengthen practical teaching capacity. International cooperation projects may further support equipment and resource construction.

As shown in Fig. 3, the digital reform of practical teaching can be implemented through the following pathways.

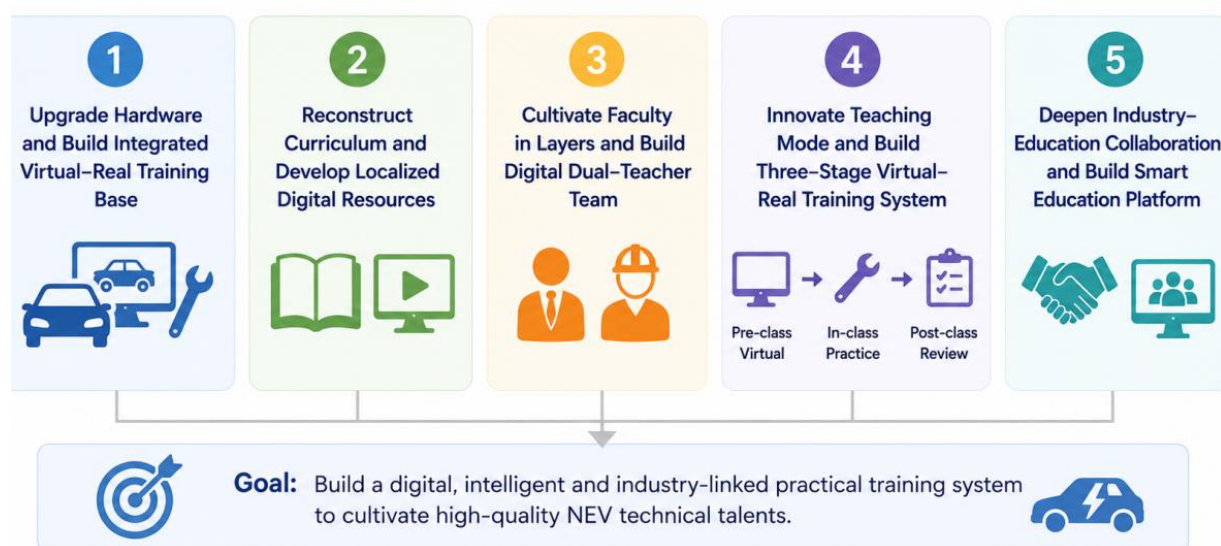


Fig.3 Pathways for Digital Reform

A layered faculty development system should strengthen both industrial experience and digital teaching competence.

Short-term training should focus on simulation technology and blended teaching methods through China-Uzbekistan cooperation. Long-term initiatives should support faculty exchange and professional certification in NEV technologies.

Joint teaching teams involving university instructors and enterprise engineers should be established, while digital teaching performance should be incorporated into faculty evaluation mechanisms.

CONCLUSION

The study showed that limited educational infrastructure, insufficient digital skills of faculty, and weak integration between industry and education are serious obstacles to the quality of personnel training.

It became clear that traditional educational approaches could not meet the rapidly evolving demands of the modern NEV industry. In this regard, this study proposes a model for innovative digital reforms based on the integration of virtual and real environments. This approach includes the following four interrelated pillars:

Localized digital resources - educational materials adapted to national educational standards and requirements;

Updating light infrastructure - digitizing the material and technical base without excessive financial costs;

Closed-cycle practical classes - educational trajectories that continuously connect theory with practice;

Cooperation between a higher education institution and an enterprise is a mutually beneficial integration of production and education.

The proposed approach not only increases the efficiency of the educational process but also significantly reduces financial costs and operational security risks. Most importantly, it fundamentally strengthens students' practical competencies in the technologies of the vehicle's main components - battery, electric motor, and control electronics.

REFERENCES

1. President of the Republic of Uzbekistan. (2019). *Concept for the Development of the Higher Education System of the Republic of Uzbekistan until 2030*. Tashkent, Uzbekistan.
2. OECD. (2022). *Digital Education Outlook 2022: Transforming Education through Technology*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bac4dc9f-en>
3. President of the Republic of Uzbekistan. (2020). *Strategy for Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy for 2019–2030*. Tashkent, Uzbekistan.
4. UzDaily. (2022). *Uzbekistan to take measures to support the organization of production and operation of electric vehicles*.
5. Wang, L. (2025). Research on Key Factors and Effective Pathways for Luban Workshop's Growth into a Prominent International Vocational Education Cooperation Brand: An Examination Based on Structuration Theory. *World Vocational and Technical Education*, 1(3), 328–348.
6. Wang, Y. (2024). The Connotation, Current Situation and Development Path of Zheng He College Construction. *Fujian Education*, (9), 12–15.

CURRENT ISSUES IN TEACHING THE DESIGN AND MAINTENANCE OF VEHICLES POWERED BY NEW ENERGY SOURCES

Tu Jie^{1*}, Ibragimov Botir Dastamovich², Saliyeva Ug‘lloy Kalmurat Qizi²

¹Faculty of Intelligent Manufacturing, Nanjing Polytechnic Institute, Nanjing, China.

²Faculty of Automotive Transport Engineering, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan.

* Corresponding author: Email address: 460263986@qq.com

Abstract. *With the rapid development of Uzbekistan's new energy vehicle (NEV) industry, it increasing demand for qualified technical personnel. However, existing practical teaching systems of higher education system remain constrained by limited equipment, insufficient digital capability, and weak industry–education integration.*

This study investigates the current status of NEV practical teaching in five engineering-oriented universities in Uzbekistan through field investigation, interviews, and comparative analysis. The findings reveal challenges in training infrastructure, curriculum design, teacher development, and practical teaching methods.

The article analyzes the current state of training vehicles using new types of energy sources, namely electric vehicles and hybrid vehicles, in Uzbekistan using the examples of Tashkent State Transport University, Tashkent State Technical University, Jizzakh Polytechnic Institute, Namangan State Technical University, and Andijan State Technical Institute, and also presents the Chinese experience.

Keywords: *industry–education integration; Uzbekistan; virtual simulation training; NEV practical education*

Аннотация. *С быстрым развитием индустрии транспортных средств на новых источниках энергии (NEV) в Узбекистане растет спрос на квалифицированный технический персонал. Однако существующие практические системы обучения в системе высшего*

образования по-прежнему ограничены недостатком оборудования, недостаточным цифровым потенциалом и слабой интеграцией промышленности и образования.

В данном исследовании изучается текущее состояние практического обучения NEV в пяти инженерных вузах Узбекистана посредством полевых исследований, интервью и сравнительного анализа. Результаты выявляют проблемы в учебной инфраструктуре, разработке учебных программ, развитии преподавательского состава и методах практического обучения.

В статье анализируется текущее состояние учебных машин с использованием новых видов энергии, а именно электромобилей и гибридных автомобилей, в Узбекистане на примерах Ташкентского государственного транспортного университета, Ташкентского государственного технического университета, Джизакского политехнического института, Наманганского государственного технического института и Андижанского государственного технического института, а также представлен китайский опыт.

Ключевые слова: интеграция промышленности и образования; Узбекистан; виртуальное симуляционное обучение; практическое образование NEV.

Annotatsiya. O'zbekistonda yangi turdagi energiya asosida harakatlanadigan transport vositalari (NEV), ya'ni elektromobil va gibridd transport vositalari sanoatining jadal rivojlanishi malakali texnik kadrlarga bo'lgan talabning ortishiga olib kelmoqda. Biroq, oliy ta'lim tizimining mavjud amaliy o'qitish tizimlari cheklangan jihozlar, raqamli imkoniyatlarning yetishmasligi va sanoat-ta'lim integratsiyasining zaifligi kabi muammolar bilan chegaralanib qolmoqda.

Mazkur tadqiqot dala tadqiqotlari, intervyular va qiyosiy tahlillar orqali O'zbekistondagi beshta muhandislik yo'nalishidagi universitetlarda yangi energiya vositalari bo'yicha amaliy o'qitishning hozirgi holatini o'rganadi. Natijalar o'quv infratuzilmasi, o'quv dasturlarini loyihalash, o'qituvchilarni rivojlantirish va amaliy o'qitish usullaridagi muammolarni ochib beradi.

Maqolada Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent davlat texnika universiteti, Jizzakh politexnika instituti, Namangan davlat texnika instituti va Andijon mashinasozlik instituti (Andijon davlat texnika instituti) misolida O'zbekistonda yangi turdagi energiya manbalaridan foydalanadigan o'quv mashinalari, xususan elektromobillar va gibridd avtomobillarning hozirgi holati tahlil qilinadi, shuningdek, Xitoy tajribasi taqdim etiladi.

Kalit so'zlar: sanoat-ta'lim integratsiyasi; O'zbekiston; virtual simulyatsiya mashg'ulotlari; NEV amaliy ta'limi.

INTRODUCTION

To promote green transportation and industrial upgrading, Uzbekistan has introduced a series of policies supporting the development of the new energy vehicle (NEV) industry. In December 2022, the government issued Resolution No. PQ-443, *On State Support Measures for Organizing the Production of Electric Vehicles*, together with policies to expand charging infrastructure. These measures accelerated the transition from vehicle import toward local manufacturing, supply chain development, and green mobility.

With the localization of NEV production and the establishment of manufacturing bases by Chinese enterprises such as BYD and JAC, demand for skilled personnel in vehicle assembly, battery systems, electronic control, charging operation, and fault diagnosis has increased rapidly. To respond to industrial transformation, Uzbekistan has promoted higher education modernization through curriculum reform, dual education, and digital development initiatives.

MATERIALS AND METHODS

This study employs field investigation, in-depth interviews, and comparative analysis. Five engineering universities in Uzbekistan, including Tashkent State Transport University, Tashkent State Technical University, Jizzakh Polytechnic Institute, Namangan State Technical University and Andijan State Technical Institute, were selected as research cases.

Interviews with teachers, training administrators, students, and enterprise experts were conducted to identify major challenges in practical teaching and compare differences between NEV training systems in China and Uzbekistan.

Based on Uzbekistan's digital transformation strategy and local educational needs, this study proposes a phased and practical digital reform framework for improving NEV practical teaching. The overall research framework is shown in Fig. 1.

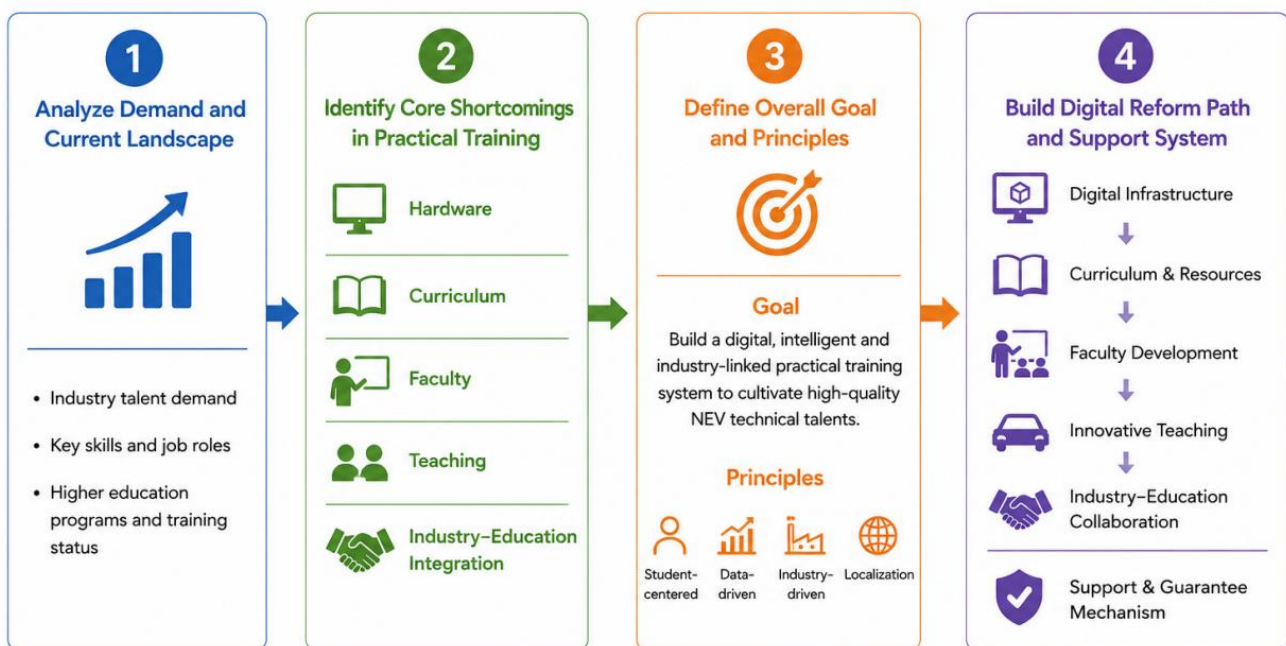


Fig.1.Digital Reform Framework for NEV Practical Training in Uzbek Universities

Current Status of NEV-Related Programs in Higher Education

Automotive education in Uzbekistan is mainly delivered by engineering universities, including Tashkent State Transport University, Jizzakh Polytechnic Institute. While most institutions offer vehicle engineering programs, only a limited number have introduced NEV-related courses and practical training.

Overall, NEV education remains at an early stage. Although some universities participating in international cooperation projects have introduced basic training equipment and simulation resources, most institutions still rely on conventional vehicle training systems. Practical teaching in battery, motor, and electronic control technologies remains insufficient, resulting in a mismatch between education and industrial demand.

Despite ongoing higher education reform, investment continues to focus on traditional laboratory construction, while limited funding for digital upgrading restricts practical teaching development. As shown in Fig.2, these challenges constrain training quality and hinder the cultivation of skilled talent for the NEV industry.

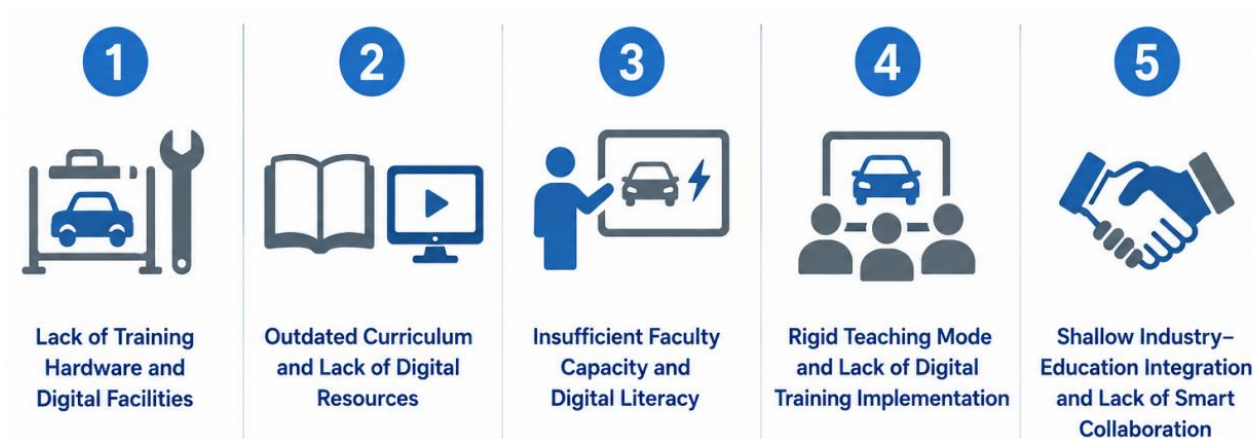


Fig. 2. Current Challenges of NEV Practical Teaching in Uzbekistan

RESULTS AND DISCUSSION

Current automotive curricula have not fully adapted to NEV industrial development. Traditional vehicle training continues to dominate practical teaching, while NEV content remains limited and lacks modular and project-based design.

Localized digital teaching resources—including bilingual materials, virtual simulation projects, enterprise cases, and online training tools—remain insufficient. In addition, assessment methods still rely heavily on teacher observation, making it difficult to evaluate complex practical competencies objectively.

CONCLUSION

The rapid expansion of Uzbekistan’s new energy vehicle (NEV) industry has highlighted the gap between industrial demand and practical teaching capacity in higher education. Limited training infrastructure, weak digital competence among instructors, and insufficient industry–education integration remain major challenges for talent cultivation.

Traditional training approaches can no longer meet the requirements of NEV education. This study proposes a digital reform framework based on virtual–real integration, combining localized digital resources, lightweight infrastructure upgrading, closed-loop practical training, and school–enterprise collaboration..

REFERENCES

1. President of the Republic of Uzbekistan. (2022). *Measures to Expand Electric Vehicle Operating Infrastructure*.
2. UDaily. (2022). *President of Uzbekistan approves measures to provide state support for the organization of production of electric vehicles*.
3. President of the Republic of Uzbekistan. (2019). *Concept for the Development of the Higher Education System of the Republic of Uzbekistan until 2030*. Tashkent, Uzbekistan.
4. OECD. (2022). *Digital Education Outlook 2022: Transforming Education through Technology*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bac4dc9f-en>
5. President of the Republic of Uzbekistan. (2020). *Strategy for Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy for 2019–2030*. Tashkent, Uzbekistan.
6. Luo, S., & Xiao, Q. (2026). Luban Workshop in the Belt and Road: Progress, Challenges, and Countermeasures. *Chinese Education & Society*, 58(5–6), 344–364.

7. Yu, Q. (2025). A Study on the Construction Path of the SCO Vocational Education Community Under the Concept of “Sense of Gain”: A Case Study of Luban Workshop. *World Vocational and Technical Education*, 1(4), 423–445.
8. Liu, X., & Wang, Y. (2024). Research on the Characteristics, Problems and Governance Strategies of the Integration of Industry and Education in Luban Workshop. *Advances in Vocational and Technical Education*, 6, 142–150.

THE UNQUANTIFIABLE CODE: WHY HUMAN TRANSLATION REMAINS INDISPENSABLE IN THE AGE OF ALGORITHMS

Kian Pishkar PhD*

Nooshin Nasery *

Kiarash Pishkar PhD**

*Assistant Professor of English language and literature
Islamic Azad university Jieroft Branch, I.R. Iran

**Tib University, Baku, Azerbaijan

*Kian.pishkar@gmail.com

Abstract. *This paper examines the indispensable role of human translation in an era dominated by neural machine translation (NMT) and artificial intelligence. While acknowledging the efficiency of algorithmic systems in technical and formulaic domains, it argues that machine translation fundamentally lacks the capacity to process situated meaning, cultural nuance, and sociopolitical context. The analysis draws on literary, scientific, and sociopolitical perspectives to demonstrate that human translators function as cultural mediators and ethical arbiters, not merely linguistic decoders. The paper concludes that the relationship between human and machine translation should be framed as complementary rather than competitive, with human expertise remaining essential for preserving cultural specificity, emotional resonance, and interpretive accuracy.*

Keywords: *human translation, machine translation, cultural mediation, contextual meaning, translation ethics*

Annotatsiya. *Ushbu maqola neyron mashina tarjimasi (NMT) va sun'iy intellekt hukmronlik qilgan davrda inson tarjimasining ajralmas rolini o'rganadi. Texnik va formulali sohalarda algoritmik tizimlarning samaradorligini e'tirof etish bilan birga, u mashina tarjimasi joylashgan ma'no, madaniy nuans va ijtimoiy-siyosiy kontekstni qayta ishlash qobiliyatidan tubdan mahrum ekanligini ta'kidlaydi. Tahlil adabiy, ilmiy va ijtimoiy-siyosiy nuqtai nazardan inson tarjimonlari shunchaki lingvistik dekoderlar emas, balki madaniy vositachilar va axloqiy hakamlar vazifasini bajarishini ko'rsatish uchun asoslanadi. Maqolada inson va mashina tarjimasi o'rtasidagi munosabatlar raqobatbardosh emas, balki bir-birini to'ldiruvchi sifatida shakllantirilishi kerak, degan xulosaga keladi, bunda inson tajribasi madaniy o'ziga xoslik, hissiy rezonans va talqin aniqligini saqlab qolish uchun muhim bo'lib qoladi.*

Kalit so'zlar. *inson tarjimasi, mashina tarjimasi, madaniy vositachilik, kontekstual ma'no, tarjima etikasi*

***Аннотация.** В данной статье рассматривается незаменимая роль перевода, выполняемого человеком, в эпоху господства нейронного машинного перевода (NMT) и искусственного интеллекта. Признавая эффективность алгоритмических систем в технических и шаблонных сферах, автор утверждает, что машинному переводу принципиально недостает способности учитывать ситуативный смысл, культурные нюансы и общественно-политический контекст. Анализ, опирающийся на подходы из областей литературы, науки и общественно-политической жизни, демонстрирует, что переводчики-люди выступают в роли культурных посредников и этических арбитров, а не просто «декодеров» языка. В статье делается вывод о том, что взаимодействие между человеческим и машинным переводом следует рассматривать как взаимодополняющее, а не конкурентное, поскольку экспертное участие человека остается необходимым условием сохранения культурной специфики, эмоциональной выразительности и точности интерпретации.*

***Ключевые слова:** человеческий перевод, машинный перевод, культурное посредничество, контекстуальное значение, этика перевода*

INTRODUCTION

The dawn of the twenty-first century has been defined by the relentless march of technology. We live in an era of instantaneous digital communication, where sophisticated neural machine translation (NMT) systems can process vast swathes of text in milliseconds. From real-time conversation apps to AI-powered content generation, the dream of a seamless, universal translator feels tantalizingly close. Yet, to mistake this computational efficiency for genuine communication is to fundamentally misunderstand the nature of language. As we navigate the complexities of the third millennium, the distinction between translating words and transmitting meaning has never been more critical. Despite the exponential advances in electronic processing, the human translator remains the sole guardian of cultural nuance, social sensitivity, and intellectual rigor.

The primary deficiency of machine translation lies in its inherent inability to process context beyond statistical probability. While an algorithm can be trained on billions of texts, it does not understand the societal weight of a word, the historical trauma embedded in a phrase, or the subtle power dynamics of a formal versus an informal address. In the scientific realm, where precision is paramount, this presents a clear danger. The mistranslation of a single methodological term can derail international research collaboration. However, the stakes are even higher in the cultural sphere. A machine can translate the dialogue of a novel, but it cannot translate the feeling of a post-colonial irony, the resonance of a regional dialect, or the subtext of a taboo subject. Human translators bring to their work a critical sociolinguistic awareness; they act as cultural mediators who bridge the gap between the source and target audiences. They are not merely exchanging lexicons but negotiating identities, values, and worldviews. In the globalized 21st century, where misunderstanding can have profound political and social consequences, this humanistic mediation is not a luxury—it is a necessity.

The Literary and Cultural Perspective

The Soul of the Text: Preserving Human Empathy in a Machine-Driven World

We are inundated with data, yet starved for understanding. The 21st century offers us the paradox of hyper-connectivity combined with deep cultural fragmentation. In this landscape, the proliferation of machine translation offers a seductive efficiency, reducing the friction of global commerce and travel. Yet, when we turn to the essence of human expression—our literature, our

poetry, our history, and our scientific discoveries—we must ask a fundamental question: Is it enough to merely decode, or must we also feel and interpret? This is the battleground where human translation retains its absolute sovereignty. It is not a rejection of technology, but a reclamation of the human soul in the act of communication.

Literary translation is an act of re-creation, not reproduction. When a translator works with a text, they perform a deep psychological and cultural archaeology. They must navigate the specific "cultural DNA" of the source language—the idioms born of geography, the humor rooted in social quirks, and the metaphors drawn from a shared collective memory. To translate these into the target language requires a delicate balance of fidelity and artistry, a skill that no algorithm can possess because it lacks consciousness. Similarly, in the sciences, while data is universal, the dissemination of that data to the public relies on the translator's ability to adapt complex jargon into accessible, culturally resonant concepts. The human translator is the critical filter who understands the target audience's educational background, social anxieties, and cultural taboos. They ensure that a medical breakthrough is reported with clarity, or that a philosophical treatise is rendered without losing its metaphysical depth. As we move further into an era dominated by digital interfaces, the role of the human translator evolves into that of a guardian of authenticity—ensuring that even as technology grows smarter, our human connection grows deeper, more nuanced, and ultimately, more civilized.

The Cognitive and Ethical Framework

Beyond Binary Code: Human Translation as a Cognitive Act of Cultural Translation

In the second decade of the 21st century, we find ourselves caught between two opposing forces: the global demand for speed and the local need for authenticity. Machine translation systems, powered by deep learning and vast corpora, have undoubtedly transformed how we access foreign information. They offer a surface-level bridge across languages, useful for navigation, commerce, or emergency. Yet, this very convenience conceals a profound risk: the erosion of cultural specificity and the flattening of human voice. Human translation, in contrast, is not a mechanical transfer but a cognitive and ethical act—one that requires judgment, empathy, and an intimate familiarity with the sociocultural ecosystems of both source and target communities.

The core argument for human primacy rests on the concept of **situated meaning**. Words do not carry fixed definitions; they acquire significance through usage, history, and social positioning. A machine processes tokens; a human processes implicature. Consider a scientific text: while terminology may appear universal, its reception depends heavily on the target culture's educational infrastructure, research traditions, and even funding priorities. A human translator with domain expertise can rephrase, qualify, or even reframe a finding to suit the epistemic expectations of the target audience—without betraying the original data. In literature, this becomes even more intricate. The translator must decode not only syntax but also stylistic idiosyncrasies, rhythmic patterns, and intertextual references that may be opaque to an outsider. This is not a task of substitution but of negotiation—a dialogue between two worldviews. In the 21st century, where digital tools are ubiquitous, the human translator emerges not as a competitor to technology but as its necessary complement: the one who adds conscience, context, and cultural intelligence to the raw output of algorithms.

The Sociopolitical and Humanistic Perspective

Translating Power, Identity, and Belonging in the Digital Age

The 21st century has witnessed an unprecedented democratization of information, yet paradoxically, it has also exposed deep fissures in intercultural understanding. Machine translation, for all its algorithmic elegance, operates on a dangerous assumption: that language is a neutral carrier

of information. It is not. Language is a vessel of power, identity, memory, and resistance. To translate is to navigate these invisible currents—and this is precisely where human translators prove irreplaceable. Their role extends far beyond linguistics; they are cultural diplomats, social critics, and, at times, ethical arbiters who decide what is preserved, what is adapted, and what is respectfully left untranslated.

In literary works, the human translator confronts the weight of colonial histories, minority voices, and marginalized dialects. A machine, trained on dominant corpora, often defaults to standardized forms, erasing the very distinctiveness that gives a text its political or aesthetic force. The human translator, however, can choose to retain a foreignizing strategy—preserving the "otherness" of the source—or a domesticating one, making it accessible without stripping it of its origins. This decision is profoundly social and carries ethical consequences. In scientific translation, the stakes are similarly high but often overlooked. The way a public health guideline is rendered into a local language can determine whether a community trusts or rejects it. The translator must account for local belief systems, colloquial expressions of illness, and even religious sensitivities. No algorithm can perform this kind of situated judgment because it lacks historical awareness and emotional intelligence. As we progress deeper into the digital era, the human translator stands as a vital counterforce to technological uniformity—a guardian of pluralism, ensuring that in the rush to connect, we do not lose the very diversity that makes human expression worth translating in the first place.

The Place of Machine Translation and Its Distinct Difference from Human Translation Where Machine Translation Succeeds and Where It Fails

In the contemporary landscape of global communication, machine translation (MT) has secured a legitimate and expanding niche. Powered by neural networks and trained on massive parallel corpora, systems like DeepL and Google Translate now produce output that is often grammatically coherent and lexically adequate for routine tasks. They excel in domains characterized by formulaic language, restricted vocabulary, and low contextual ambiguity—such as technical manuals, weather reports, financial summaries, or travel phrasebooks. Their speed is unparalleled, their cost marginal, and their availability ubiquitous. Yet, to confuse this utility with equivalence to human translation is to misunderstand the fundamental nature of language as a human, situated, and evolving phenomenon. The difference between machine and human translation is not merely one of accuracy but of ontology: they operate on entirely different principles, serve different purposes, and produce different kinds of meaning.

The most critical distinction lies in **interpretive agency**. A machine translates based on statistical patterns; it identifies the most probable sequence of words in the target language given a source input. It does not understand the text, nor does it possess intentionality, emotion, or cultural memory. It cannot distinguish between irony and sincerity, cannot recognize a deliberate grammatical error used for stylistic effect, and cannot assess whether a term carries offensive connotations in a specific social context. Human translation, by contrast, is a process of active interpretation. The human translator reads between the lines, infers unstated assumptions, and makes pragmatic choices based on the communicative purpose of the text, the relationship between author and audience, and the sociocultural norms of both language communities. Furthermore, humans engage in what translation scholars call "decision-making under uncertainty"—they weigh multiple possible renderings, consider the consequences of each, and select the one that best serves the text's function. Machines do not decide; they calculate. They do not negotiate; they approximate. In the 21st century, as MT becomes ever more sophisticated, its proper role is increasingly clear: it is a powerful assistant,

a preliminary tool, and a time-saving device—but never a substitute for the cognitive, cultural, and ethical labor that defines genuine translation.

Human Creativity in Translating Literary and Scientific Texts

The Creative Imperative: Artistry in Literature and Nuance in Science

If machine translation operates within the realm of probability, human translation dwells in the realm of possibility. Nowhere is this more evident than in the translation of literary and scientific texts—two genres that, despite their apparent opposition, both demand extraordinary creativity from the translator. Literature, with its aesthetic density, emotional depth, and stylistic idiosyncrasy, requires the translator to function as a co-creator. The translator must not only convey plot and character but also reproduce rhythm, tone, imagery, wordplay, and the elusive "voice" of the author. This is an act of artistic re-invention. When translating poetry, for instance, the human translator may sacrifice literal fidelity to preserve meter or rhyme; when rendering dialect or slang, they may invent equivalent sociolects in the target language that carry the same social weight. These are not errors but deliberate, imaginative choices—choices that machines are incapable of making because they lack aesthetic intuition and cultural memory. The literary translator is, in essence, a writer in their own right, constrained by a foreign original yet liberated by the expressive resources of their native tongue.

Scientific translation, often mistaken for a mechanical exercise, is equally reliant on human creativity—though of a different order. Here, the challenge is not aesthetic but epistemic. Scientific texts are dense with specialized terminology, but they also contain explanatory narratives, analogies, hedging devices, and rhetorical structures that shape how knowledge is received. A skilled translator of scientific material must creatively adapt complex concepts for audiences with varying levels of expertise, educational backgrounds, and cultural references. For example, a medical instruction aimed at rural communities may require the translator to replace biomedical jargon with local metaphors for illness and healing—without distorting the underlying scientific truth. This demands not only linguistic dexterity but also what might be called "cognitive empathy": the ability to anticipate how a target audience thinks, learns, and relates to authority. Moreover, in rapidly evolving fields like AI ethics, climate science, or genetic engineering, new terminology emerges constantly, and the human translator must coin neologisms that are both accurate and intuitively understandable—a creative linguistic act that no algorithm can perform. Thus, whether in the service of art or of science, human creativity remains the indispensable engine of meaningful translation, ensuring that knowledge and beauty traverse linguistic borders without losing their soul.

Cultural Adaptability – Why Human Translators Navigate What Machines Cannot Perceive

The Cultural Unconscious: Adapting Meaning Across Worlds

Translation is never a neutral act. Every text carries within it the sediment of its culture—its unspoken assumptions, its hierarchies of respect, its humor, its taboos, and its emotional registers. In the 21st century, as digital platforms connect readers across continents at lightning speed, the demand for culturally adapted content has never been greater. Yet here lies the fundamental divide: machine translation processes language, while human translation processes culture. A machine can identify a word; only a human can recognize when that word carries a historical wound, a religious reverence, or a political subtext that must be handled with care. Cultural adaptability is not an optional enhancement to translation; it is its very essence, and it remains the exclusive domain of human expertise.

Consider the seemingly simple act of addressing someone. In many languages, pronoun choice encodes social distance, age, gender, and power dynamics. A machine, trained on generic corpora,

may default to the most statistically frequent form—but that form might be disrespectful in one context and overly formal in another. The human translator, however, perceives the relational matrix of the source text: Who is speaking? To whom? Under what circumstances? What is the implicit social contract between them? This awareness extends to metaphors, idioms, proverbs, and even color symbolism—all of which vary dramatically across cultures. A human translator does not merely substitute words; they recreate the communicative gesture so that it resonates authentically in the target culture. This requires not only linguistic fluency but also ethnographic sensitivity, historical knowledge, and a willingness to make creative adjustments—sometimes adding explanatory bridges, sometimes omitting what is culturally unintelligible, and sometimes substituting a local equivalent that carries the same functional weight. Machines, by contrast, lack this capacity for relational and contextual judgment. They do not adapt; they transfer. They do not interpret; they map. In a world where cultural missteps can damage diplomatic relations, alienate consumers, or distort scholarly exchange, the adaptive intelligence of the human translator is not merely preferable—it is indispensable.

Transparency in Translation – Clarity, Accountability, and the Human-Machine Divide **The Ethics of Clarity: Transparency as a Measure of Translational Trust**

In the discourse surrounding translation quality, one virtue is often overlooked yet fundamentally essential: transparency. Transparency refers to the degree to which a translation is clear, unambiguous, and accountable to its source while remaining accessible to its target audience. It is the quality that allows a reader to trust that what they are reading faithfully represents the original—or, when adaptation is necessary, that they understand why a choice was made. Transparency is not simply about linguistic clarity; it is about ethical responsibility. And in this arena, the contrast between human and machine translation is stark, revealing deep differences in how meaning is produced, justified, and communicated.

Machine translation operates as a "black box." Its neural networks process input and produce output through layers of computation that are largely opaque even to their developers. When a machine generates a translation, there is no explanation for why it chose one word over another, no acknowledgment of ambiguity, and no indication of uncertainty. The reader receives a single, unmarked output—confident in appearance but potentially flawed in substance. Moreover, machines cannot signal when a text is culturally ambiguous, politically sensitive, or linguistically underdetermined. They produce a false transparency: an illusion of clarity that conceals the absence of genuine understanding. Human translators, by contrast, practice what might be called reflexive transparency. They are aware of their own interpretive choices and, when appropriate, can make those choices visible—through footnotes, glossaries, translator's prefaces, or even explicit annotations within the text. They can flag a difficult passage, explain a cultural reference, or admit when a term is untranslatable. This openness fosters trust and allows readers to engage critically with the translated text, aware that it is an interpretation rather than a facsimile. Furthermore, human translators can calibrate transparency to the genre: a legal contract demands high explicitness, while a poem may thrive on deliberate ambiguity, with the translator's role being to preserve rather than resolve that ambiguity. Machines cannot make these genre-sensitive judgments; they apply the same probabilistic logic to every text. In the 21st century, where misinformation travels as fast as information, the transparency offered by human translation is not merely a technical advantage but a moral safeguard—ensuring that clarity does not become a mask for distortion, and that readers remain active participants in the exchange of meaning rather than passive recipients of algorithmic output.

The Illusion of Fluency – Why AI Cannot Replicate Psychological Eloquence

The Hollow Fluency: Can Algorithms Feel the Weight of Words?

The question is deceptively simple yet profoundly unsettling: Will artificial intelligence ever produce translations that possess the psychological resonance, aesthetic grace, and cultural fidelity of human work? As neural machine translation systems grow more fluent, their outputs become increasingly convincing—grammatically seamless, lexically varied, and stylistically polished. Yet fluency is not eloquence, and coherence is not depth. The fundamental limitation of AI in translation lies not in its computational power but in its ontological poverty: it processes symbols without experiencing their emotional charge, and it generates text without inhabiting its cultural universe. Psychological eloquence—the ability to move a reader, to evoke empathy, to capture the unspoken turbulence of human emotion—remains irrevocably beyond the reach of algorithms because they lack consciousness, memory, and mortality.

Consider the translation of a literary passage that describes grief. A machine can identify synonyms for "sorrow," maintain syntactic parallelism, and even replicate metaphors through pattern recognition. But it cannot draw upon its own lived experience of loss, cannot recall the weight of silence in a room, cannot distinguish between the raw ache of fresh bereavement and the quiet resignation of longstanding absence. Human translators bring to their work not only linguistic expertise but also emotional intelligence—the capacity to sense the author's psychological state, to hear the subtext beneath the text, and to reproduce that affective atmosphere in a new language. This is not a technical skill but a humanistic one, forged through years of reading, feeling, and reflecting. In scientific translation, psychological eloquence manifests differently but equally crucially. A patient's description of pain, a therapist's nuanced assessment, or a researcher's cautious interpretation of ambiguous data all require the translator to grasp the psychological stakes involved—to understand fear, hope, uncertainty, and trust. Machines, devoid of subjectivity, flatten these dimensions into neutral propositions. They produce text that is correct but cold, accurate but empty. As we move deeper into the AI era, we must confront the sobering reality that while machines may one day mimic the surface of eloquence, they will never inhabit its depths—because eloquence, at its core, is the expression of a soul that has known joy, suffered loss, and dared to speak.

The Cultural Chasm – Aesthetic Beauty and Authenticity in the Age of Algorithms

The Unbridgeable Distance: Why Cultural Truth Cannot Be Computed

If psychological eloquence is the soul of translation, then cultural authenticity is its conscience—and both remain stubbornly resistant to algorithmic capture. The question is not whether AI can produce aesthetically pleasing translations; it often can, especially in formulaic or highly repetitive genres. The question is whether it can produce translations that are culturally true—that honor the originating culture's values, references, and sensibilities while simultaneously respecting the target culture's expectations and sensitivities. This is the realm of aesthetic beauty and cultural fidelity, and it is here that the chasm between human and machine translation reveals itself most starkly. Beauty in translation is not merely decorative; it is structural. It resides in rhythm, in the echoes of sound, in the deliberate choice of a rare word over a common one, in the preservation of ambiguity where clarity would be reductive. These are decisions that arise from a translator's cultivated taste, their literary intuition, and their deep immersion in both linguistic traditions.

A machine can analyze patterns of rhyme and meter; it cannot feel why a particular archaic term evokes nostalgia or why a colloquialism carries rebellion. It cannot perceive the political weight of choosing one dialect over another in a post-colonial context, nor can it appreciate the sacredness of a phrase in a religious tradition. Cultural authenticity demands not only knowledge but also reverence—a recognition that some texts carry the memory of a people, the wounds of history, or the

aspirations of a marginalized community. Human translators navigate this terrain with caution, humility, and creativity. They may decide to foreignize a text to preserve its cultural otherness, or domesticate it to foster accessibility—but in either case, the decision is conscious, justified, and accountable. Machines make no such decisions; they default to the statistically average, the culturally neutral, the linguistically safe. In doing so, they strip texts of their particularity, their strangeness, their beauty. Furthermore, AI systems are trained on massive datasets that inevitably privilege dominant languages, standard dialects, and mainstream voices—marginalizing minority cultures and flattening linguistic diversity. The result is a homogenizing force that, however unintentionally, erases the very richness that makes translation valuable. So, can AI ultimately preserve the psychological, aesthetic, and cultural dimensions of human translation? The answer is a resounding no—not because technology is insufficiently advanced, but because these dimensions are irreducibly human. They emerge from lived experience, moral deliberation, and cultural memory. No algorithm, however sophisticated, can replace the translator's heart, mind, and conscience. In the 21st century, we may use machines as tools, but we must never mistake their outputs for the art, the truth, or the soul of translation.

CONCLUSION

The evidence surveyed in this paper leads to a clear conclusion: machine translation, despite its rapid evolution from statistical to neural paradigms, remains structurally incapable of replicating the cognitive and ethical dimensions of human translation. This is not a matter of technological immaturity but of ontological difference. NMT systems, as demonstrated across literary, journalistic, and technical genres, exhibit persistent deficiencies in handling implicit meaning, cultural specificity, narrative voice, and emotional fidelity (Kothari, 2005; Toral & Way, 2015; Läubli et al., 2018). The human translator's role—as cultural mediator, ethical decision-maker, and guardian of pluralism—cannot be reduced to post-editing or quality assurance. As Venuti (2013) argues, translation is never a neutral act; it is an intervention shaped by power, ideology, and interpretive judgment. The future of translation lies not in the replacement of human agency but in a hybrid model where algorithmic efficiency serves humanistic ends. The critical question is not whether machines can translate, but whether we, as a global community, are willing to accept the cultural flattening that algorithmic uniformity inevitably produces (Cronin, 2013; House, 2018).

REFERENCES (2000–2019)

1. Baker, M. (2006). *Translation and Conflict: A Narrative Account*. Routledge.
2. Bassnett, S. (2013). *Translation Studies* (4th ed.). Routledge.
3. Bowker, L. (2002). *Computer-Aided Translation Technology: A Practical Introduction*. University of Ottawa Press.
4. Cronin, M. (2003). *Translation and Globalization*. Routledge.
5. Cronin, M. (2013). *Translation in the Digital Age*. Routledge.
6. Gambier, Y., & van Doorslaer, L. (Eds.). (2010). *Handbook of Translation Studies* (Vol. 1). John Benjamins.
7. Gentzler, E. (2017). *Translation and Rewriting in the Age of Post-Translation Studies*. Routledge.
8. Gile, D. (2009). *Basic Concepts and Models for Interpreter and Translator Training* (Rev. ed.). John Benjamins.
9. Hale, S. (2007). *Community Interpreting*. Palgrave Macmillan.

10. House, J. (2018). *Translation: The Basics*. Routledge.
11. Katan, D. (2004). *Translating Cultures: An Introduction for Translators, Interpreters and Mediators* (2nd ed.). St. Jerome.
12. Kenny, D. (2001). *Lexis and Creativity in Translation: A Corpus-Based Study*. St. Jerome.
13. Kothari, R. (2005). *Translating India*. Foundation Books.
14. Kothari, R. (2003). *Translating India: The Cultural Politics of English*. St. Jerome.
15. Laviosa, S. (2002). *Corpus-Based Translation Studies: Theory, Findings, Applications*. Rodopi.
16. Munday, J. (2016). *Introducing Translation Studies: Theories and Applications* (4th ed.). Routledge.
17. Nord, C. (2005). *Text Analysis in Translation: Theory, Methodology, and Didactic Application* (2nd ed.). Rodopi.
18. O'Brien, S. (2012). Translation as human–computer interaction. *Translation Spaces*, 1(1), 101–122.
19. O'Hagan, M. (2011). Community translation: Translation as a social activity and its possible consequences in the advent of Web 2.0 and beyond. *Linguistica Antverpiensia*, 10, 11–23.
20. Pérez, C. R. (2006). *Translation and Identity in the Americas: New Directions in Translation Theory*. Routledge.
21. Pym, A. (2010). *Exploring Translation Theories*. Routledge.
22. Pym, A. (2009). Translator training in the age of the Internet. *Interpreter and Translator Trainer*, 3(2), 121–138.
23. Reiss, K. (2000). *Translation Criticism – The Potentials and Limitations*. St. Jerome.
24. Robinson, D. (2003). *Becoming a Translator: An Introduction to the Theory and Practice of Translation* (2nd ed.). Routledge.
25. Snell-Hornby, M. (2006). *The Turns of Translation Studies: New Paradigms or Shifting Viewpoints?*. John Benjamins.
26. Toral, A., & Way, A. (2015). What level of quality can neural machine translation attain on literary text? *Proceedings of the 18th Annual Conference of the European Association for Machine Translation*, 64–71.
27. Venuti, L. (2008). *The Translator's Invisibility: A History of Translation* (2nd ed.). Routledge.
28. Venuti, L. (2013). *Translation Changes Everything: Theory and Practice*. Routledge.
29. Vieira, L. N. (2019). Automation and the future of translation. *Cadernos de Tradução*, 39(1), 9–23.
30. Wolf, M. (2011). Mapping the field: Sociological perspectives on translation. *International Journal of the Sociology of Language*, 2011(207), 1–28.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖНОЙ ГРАФИКИ В РАЗВИТИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВОООБРАЖЕНИЯ У СТУДЕНТОВ

Шагатаева З.Е.¹, Касымханкызы Д.², Жаксобекова А.К³

¹ PhD, Жетысуский университет им.И.Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан

² магистрант, Жетысуский университет им.И.Жансугурова,
Талдыкорган, Казахстан

³ учитель технологии, средняя школа-гимназия №16, Талдыкорган, Казахстан
e-mail: kkd1lyara@outlook.com

Аннотация. В статье рассматривается развитие пространственного воображения студентов средствами чертежной графики в процессе инженерно-графической подготовки. Цель исследования — обосновать возможности трехпроекционного эскизирования реальных объектов как средства формирования способности устанавливать взаимосвязь между трехмерным объектом и его плоскими изображениями. В исследовании использованы теоретический анализ, педагогическое наблюдение, анализ графических работ и результатов контрольных заданий. Апробация проведена с участием 48 студентов первого курса, разделенных на контрольную и экспериментальную группы. В экспериментальной группе применялись задания на ручное эскизирование реальных объектов в трех ортогональных проекциях. Результаты показали положительную динамику в развитии навыков анализа проекций и реконструкции пространственной формы. Сделан вывод о целесообразности включения трехпроекционного эскизирования в инженерно-графическую подготовку студентов как дополнения к компьютерному моделированию.

Ключевые слова: пространственное воображение, пространственное мышление, чертежная графика, инженерная графика, трехпроекционное эскизирование, ортогональное проецирование, графическая подготовка, ручное эскизирование, пространственная визуализация.

Annotatsiya. Maqolada muhandislik-grafik tayyorgarlik jarayonida chizma grafikasi vositalari orqali talabalarining fazoviy tasavvurini rivojlantirish masalasi ko'rib chiqiladi. Tadqiqotning maqsadi real obyektlarni uch proyeksiyada eskizlashning uch o'lchamli obyekt va uning tekislikdagi tasvirlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlash qobiliyatini shakllantirish vositasi sifatidagi imkoniyatlarini asoslashdan iborat. Tadqiqotda nazariy tahlil, pedagogik kuzatish, grafik ishlar va nazorat topshiriqlari natijalarini tahlil qilish usullaridan foydalanildi. Tajriba-sinov ishlari nazorat va tajriba guruhlariga ajratilgan 48 nafar birinchi bosqich talabasi ishtirokida o'tkazildi. Tajriba guruhida real obyektlarni uchta ortogonal proyeksiyada qo'lda eskizlash bo'yicha topshiriqlar qo'llanildi. Natijalar proyeksiyalarni tahlil qilish va fazoviy shaklni rekonstruksiya qilish ko'nikmalarining rivojlanishida ijobiy dinamikani ko'rsatdi. Uch proyeksiyali eskizlashni kompyuter modellashtirishga qo'shimcha usul sifatida talabalarining muhandislik-grafik tayyorgarligiga kiritish maqsadga muvofiq degan xulosaga kelindi.

Kalit so'zlar: fazoviy tasavvur, fazoviy tafakkur, chizma grafikasi, muhandislik grafikasi, uch proyeksiyali eskizlash, ortogonal proyeksiyalash, grafik tayyorgarlik, qo'lda eskizlash, fazoviy vizualizatsiya.

Abstract. *The article examines the development of students' spatial imagination through technical drawing in the process of engineering graphics training. The aim of the study is to substantiate the potential of three-view sketching of real objects as a means of developing the ability to establish relationships between a three-dimensional object and its two-dimensional representations. The study employed theoretical analysis, pedagogical observation, and analysis of students' graphic works and control task results. The study involved 48 first-year students divided into control and experimental groups. In the experimental group, students performed tasks involving freehand sketching of real objects in three orthographic views. The results demonstrated positive dynamics in the development of skills related to projection analysis and reconstruction of spatial forms. It is concluded that three-view sketching can be effectively incorporated into engineering graphics training as a complement to computer modeling.*

Keywords: *spatial imagination, spatial thinking, technical drawing, engineering graphics, three-view sketching, orthographic projection, graphics training, freehand sketching, spatial visualization.*

ВВЕДЕНИЕ

Современная инженерно-графическая подготовка студентов предполагает не только овладение правилами выполнения и чтения чертежей, но и развитие способности воспринимать, анализировать и мысленно преобразовывать пространственную форму объектов. Особое значение в данном процессе приобретает пространственное воображение, обеспечивающее возможность устанавливать взаимосвязь между трехмерным объектом и его плоскими изображениями, мысленно изменять положение и конфигурацию элементов, а также реконструировать целостную форму по отдельным проекциям. Сформированность данных способностей является необходимым условием успешного освоения начертательной геометрии, инженерной графики и последующего применения систем автоматизированного проектирования [1,2].

Цифровая трансформация инженерного образования существенно расширила возможности визуализации и трехмерного моделирования. Вместе с тем активное использование компьютерных средств не исключает необходимости формирования базовых графических и пространственно-образных действий. Ручное эскизирование требует непосредственного анализа формы объекта, выделения его конструктивных элементов, определения их взаимного расположения и преобразования пространственного образа в графическое изображение [3,4]. В связи с этим представляет интерес определение места традиционных графических средств в современной системе подготовки студентов и их сочетание с технологиями компьютерного моделирования.

Проблема формирования пространственных представлений имеет междисциплинарный характер и рассматривается в психологии, педагогике и методике преподавания графических дисциплин. Теоретические предпосылки исследования пространственных представлений заложены в работах Ж. Пиаже и Б.Г. Ананьева [5,6]. В исследованиях, посвященных преподаванию начертательной геометрии и инженерной графики, пространственное мышление рассматривается как значимый компонент графической подготовки студентов. Особое внимание уделяется заданиям, предполагающим чтение проекционных изображений, мысленную реконструкцию пространственной формы и переход между двухмерным и трехмерным представлением объекта [7].

Вместе с тем в условиях широкого применения цифрового моделирования сохраняется методическая проблема определения возможностей ручного эскизирования как средства целенаправленного развития пространственного воображения студентов. Особого рассмотрения требует организация таких заданий, при которых обучающийся не воспроизводит готовое графическое изображение, а самостоятельно осуществляет последовательный переход от восприятия реального объекта к анализу его пространственной структуры, мысленной реконструкции формы и представлению объекта в системе взаимосвязанных ортогональных проекций.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования методических приемов инженерно-графической подготовки, направленных на активизацию пространственно-образной деятельности студентов и обеспечивающих взаимосвязь традиционного ручного эскизирования с современными средствами компьютерного моделирования.

Цель исследования - обосновать возможности использования трехпроекционного эскизирования реальных объектов как средства развития пространственного воображения студентов в процессе инженерно-графической подготовки.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи исследования**: рассмотреть теоретические основания развития пространственного воображения в процессе графической деятельности; определить методические возможности трехпроекционного эскизирования; разработать и апробировать задания, предусматривающие графическое представление реального объекта в трех ортогональных проекциях; сопоставить результаты выполнения графических заданий студентами контрольной и экспериментальной групп; определить возможности сочетания ручного эскизирования и компьютерного моделирования в инженерно-графической подготовке.

Научная новизна исследования заключается в обосновании методических возможностей трехпроекционного эскизирования реальных объектов как средства целенаправленной активизации пространственно-образных операций студентов. Особенность предлагаемого подхода состоит в организации последовательного перехода от непосредственного восприятия объекта к анализу его пространственной структуры, мысленной реконструкции формы и последующему графическому представлению в трех взаимосвязанных ортогональных проекциях.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования предложенных заданий в процессе преподавания начертательной геометрии и инженерной графики студентам технических специальностей. Трехпроекционное эскизирование может применяться на начальном этапе графической подготовки для формирования навыков анализа пространственной формы, установления взаимосвязи между отдельными проекциями и подготовки студентов к последующему освоению компьютерного моделирования.

Пространственное воображение представляет собой сложный психический процесс, включающий восприятие, представление и мысленное преобразование пространственных свойств объектов (форма, размер, взаимное расположение). Согласно исследованиям Б.Г. Ананьева и Ж. Пиаже, формирование пространственных представлений проходит стадии от наглядно-действенного к наглядно-образному, а затем к словесно-логическому мышлению.

Современные исследования инженерного образования развивают данное положение применительно к пространственной визуализации и графической деятельности студентов. Пространственная визуализация рассматривается как существенная составляющая

инженерной подготовки, поскольку решение графических и проектных задач предполагает способность мысленно преобразовывать пространственные объекты и устанавливать соответствие между их двухмерными и трехмерными представлениями. В этой связи особое значение приобретают задания, основанные на переходах «2D–3D» и «3D–2D», выполнении ортогональных и аксонометрических изображений, а также свободном эскизировании. Систематическое выполнение таких упражнений создает условия для развития операций мысленного вращения, пространственного анализа и реконструкции формы объекта.

В настоящем исследовании пространственное воображение рассматривается как способность создавать, удерживать и мысленно преобразовывать образы пространственных объектов, тогда как пространственное мышление понимается как более широкая познавательная деятельность, включающая анализ пространственных отношений, оперирование образами и решение графических задач.

В контексте инженерной графики важнейшим инструментом формирования пространственных представлений является ортогональное проецирование, позволяющее передавать пространственную форму объекта посредством системы взаимосвязанных плоских изображений - видов спереди, сверху и слева. Мысленный переход от системы двумерных изображений к целостному представлению о трехмерной форме объекта и обратно требует выполнения пространственных преобразований и является одним из механизмов развития пространственного мышления студентов.

Возникающие у студентов трудности свидетельствуют о необходимости целенаправленной организации графической деятельности, обеспечивающей последовательный переход от восприятия реального объекта к его мысленной пространственной реконструкции и последующему представлению средствами ортогонального проецирования. В этой связи особый методический интерес представляют упражнения, основанные на выполнении эскизов реальных объектов с натуры или по их визуальному изображению. Такие задания требуют не механического воспроизведения готового чертежа, а анализа пространственной формы, выделения ее конструктивных элементов и установления соответствия между трехмерным объектом и системой его плоских проекций.

Теоретическое осмысление механизмов развития пространственных представлений связано с исследованиями Ж. Пиаже, Л.С. Выготского и Б.Г. Ананьева. В трудах Ж. Пиаже развитие пространственных представлений рассматривается во взаимосвязи с формированием интеллектуальных операций, позволяющих устанавливать отношения между объектами, мысленно изменять их положение и соотносить отдельные элементы в единой системе. Применительно к инженерно-графической подготовке данные положения позволяют рассматривать работу с проекционными изображениями не только как освоение правил построения чертежа, но и как деятельность, требующую выполнения мысленных пространственных преобразований.

Значимым для настоящего исследования является также положение о деятельностной обусловленности развития высших психических функций, представленное в культурно-историческом подходе Л.С. Выготского. Формирование пространственных представлений в процессе обучения происходит не изолированно, а посредством специально организованной учебной деятельности и использования знаково-графических средств. В этом отношении чертеж выступает своеобразным средством опосредования между реальным трехмерным объектом и его мысленным образом. Исследования Б.Г. Ананьева, посвященные

пространственному различению и пространственным представлениям, позволяют рассматривать пространственную ориентировку как сложный процесс, предполагающий установление формы, размеров, направления и взаимного расположения элементов объекта. Поэтому систематическое выполнение графических заданий, требующих сопоставления объекта и его проекций, может выступать одним из средств целенаправленного развития пространственных представлений студентов.

Чертежная графика как учебная дисциплина традиционно опирается на принцип «от простого к сложному»: студент сначала учится читать и составлять проекции простых геометрических тел, затем переходит к комбинированным формам, деталям и сборочным единицам. Однако эмпирические наблюдения показывают, что значительная часть первокурсников испытывает трудности при мысленной реконструкции формы объекта по двум или трем проекциям. Это подтверждает необходимость целенаправленной тренировки пространственного воображения с помощью упражнений, включающих выполнение эскизов реальных объектов (например, лестниц, архитектурных элементов, инструментов) с натуры [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения цели исследования использовался комплекс взаимосвязанных теоретических и эмпирических методов. Теоретический этап включал анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы по проблемам развития пространственного воображения и пространственного мышления, а также изучение методических возможностей чертежной графики и ортогонального проецирования в инженерно-графической подготовке студентов.

В ходе педагогической апробации применялось педагогическое наблюдение за процессом выполнения студентами графических заданий, характером возникающих затруднений и способами перехода между отдельными проекциями объекта.

Эмпирическая часть исследования была реализована в форме педагогической апробации заданий на трехпроекционное эскизирование. Основным содержанием экспериментальной работы являлось выполнение студентами графических заданий, предусматривающих анализ пространственной формы реального объекта и ее последующее представление в трех взаимосвязанных ортогональных проекциях.

Для оценки результатов применялся анализ выполненных студентами графических работ. При рассмотрении заданий учитывались правильность построения и согласованность проекций, способность устанавливать соответствие между отдельными изображениями объекта, определять его пространственную форму и выполнять построение недостающей третьей проекции. Сравнительный анализ результатов контрольной и экспериментальной групп использовался для выявления различий в успешности выполнения графических заданий после применения трехпроекционного эскизирования.

Для систематизации результатов графической деятельности были определены критерии и соответствующие показатели оценки, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии и показатели оценки пространственного воображения студентов при выполнении графических заданий

Критерий	Показатели	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уровень
-----------------	-------------------	------------------------	------------------------	-----------------------

Пространственный анализ формы	Выделение основных геометрических и конструктивных элементов объекта; понимание их взаимного расположения	Самостоятельно и правильно определяет форму, элементы и пространственные связи между ними	Определяет основные элементы, допускает отдельные неточности в установлении пространственных связей	Испытывает затруднения при определении формы и взаимного расположения элементов
Проекционное представление объекта	Понимание соответствия между трехмерным объектом и его ортогональными проекциями	Правильно устанавливает соответствие между объектом и всеми его проекциями	В целом понимает взаимосвязь проекций, допускает отдельные ошибки	Не устанавливает устойчивой взаимосвязи между объектом и его проекциями
Мысленная реконструкция пространственной формы	Способность восстанавливать целостную форму объекта по двум или нескольким плоским изображениям	Самостоятельно реконструирует пространственную форму по представленным проекциям	Реконструирует основную форму, но испытывает затруднения при определении отдельных элементов	Не может достоверно восстановить пространственную форму по проекциям
Построение недостающей проекции и	Определение формы и положения элементов при построении третьего вида	Правильно и самостоятельно выполняет недостающую проекцию с соблюдением проекционной связи	Выполняет основную часть построения правильно, допуская отдельные ошибки	Допускает существенные ошибки либо не может завершить построение
Графическая согласованность проекций	Соответствие размеров, положения и взаимосвязи элементов разных видах	Проекции взаимно согласованы; существенные графические ошибки отсутствуют	Имеются отдельные нарушения согласованности, не изменяющие общего представления о форме	Наблюдаются существенные несоответствия между проекциями
Пространственное	Способность мысленно изменять положение объекта и переходить от	Свободно осуществляет мысленный переход между	Выполняет пространственные преобразования с	Испытывает значительные трудности при переходе

пространственной взаимосвязью ее элементов. При переходе от одной проекции к другой студенту необходимо соотнести высоту, ширину и взаимное расположение ступеней, маршевых элементов и других конструктивных частей. Тем самым выполнение задания предполагает последовательное осуществление операций пространственного анализа, мысленного преобразования объекта и его графического представления.

Для оценки результатов учитывалось качество выполнения студентами контрольных заданий по теме «Проекции деталей и конструкций». Особое внимание уделялось правильности построения и взаимного согласования проекций, способности определять пространственную форму объекта по его плоским изображениям, а также выполнению заданий на построение недостающей третьей проекции. Сопоставление результатов контрольной и экспериментальной групп позволило определить различия в успешности выполнения графических заданий после применения трехпроекционного эскизирования.

Для реализации предложенного методического подхода студентам было предложено выполнить графическое представление лестничной конструкции в трех взаимосвязанных ортогональных проекциях. Пример выполнения данного задания представлен на рисунке 1. Использование одного объекта в нескольких проекциях позволяет проследить соответствие его конструктивных элементов на отдельных изображениях и способствует формированию целостного представления о пространственной форме.

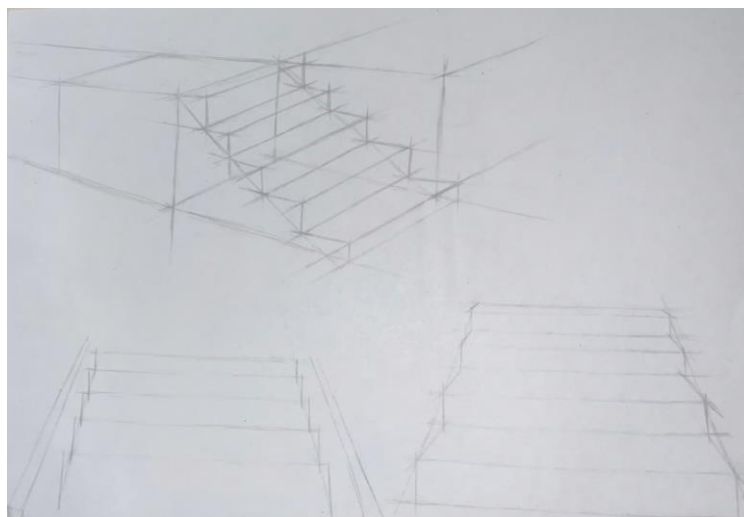


Рисунок 1 – Пример эскиза лестницы в трех ортогональных проекциях, выполненного студентом экспериментальной группы

Представление лестничной конструкции в трех ортогональных проекциях позволяет последовательно анализировать ее пространственные характеристики. Каждая проекция содержит информацию об отдельных параметрах объекта, тогда как целостное представление о его форме возникает в результате сопоставления всех изображений. При выполнении задания студент должен установить проекционную взаимосвязь между соответствующими элементами, определить их положение относительно друг друга и мысленно реконструировать пространственную структуру объекта. Таким образом, трехпроекционное эскизирование выступает не только способом графического изображения конструкции, но и учебным действием, направленным на активизацию пространственно-образных операций.

Выбор лестницы не случаен: этот объект обладает ярко выраженной трехмерной структурой, различается по конфигурации в каждой проекции (например, вид спереди показывает высоту ступеней и наклон; вид сверху – ширину проступи и поворотные площадки; вид слева – профиль марша). Мысленное совмещение этих трех ракурсов требует от студента активной работы воображения, сопоставления размеров.

Выбор лестницы в качестве учебного объекта обусловлен выраженной пространственной структурой ее конструкции и различием конфигурации отдельных элементов на каждой из ортогональных проекций. Вид спереди позволяет определить высотные характеристики и взаимное расположение ступеней, вид сверху отражает конфигурацию объекта в горизонтальной плоскости и ширину марша, а вид слева передает профильную форму конструкции. Сопоставление этих изображений требует от студента мысленного объединения информации, представленной на отдельных проекциях, установления пространственных связей между элементами и реконструкции целостной трехмерной формы объекта.

Сопоставление результатов выполнения контрольных заданий показало различия между контрольной и экспериментальной группами. Студенты экспериментальной группы успешнее справлялись с заданиями, требующими установления взаимосвязи между отдельными проекциями объекта и мысленной реконструкции его пространственной формы. Наиболее заметные различия наблюдались при выполнении заданий на построение недостающей третьей проекции и чтение графических изображений сложных объектов.

Таблица 1 – Сравнительные результаты выполнения контрольных заданий студентами контрольной и экспериментальной групп

Показатели	Контрольная группа (n=24)	Экспериментальная группа (n=24)
Средний балл (M)	7,50	8,40
Стандартное отклонение (SD)	1,10	0,95
Разница средних значений	-	0,90
Относительное различие	-	12,0%
t-критерий Стьюдента	-	2,97
Уровень значимости (p)	-	0,005

Как видно из таблицы 1, результаты выполнения контрольных заданий студентами экспериментальной группы отличались от показателей контрольной группы. Полученные количественные показатели следует интерпретировать в совокупности с качественным анализом выполнения студентами заданий на построение взаимосвязанных проекций и реконструкцию пространственной формы объекта.

Полученные результаты свидетельствуют о положительном потенциале трехпроекционного эскизирования как средства развития пространственного воображения студентов и позволяют рассматривать его в качестве одного из методических приемов, дополняющих традиционную графическую подготовку.

Полученные результаты позволяют предположить, что систематическое выполнение ручных эскизов реальных объектов в трех взаимосвязанных проекциях способствует формированию более устойчивой связи между зрительным восприятием трехмерной формы и

ее графическим представлением. В процессе эскизирования студент последовательно анализирует конструкцию объекта, выделяет его характерные элементы, устанавливает их пространственное расположение и преобразует полученный мысленный образ в систему плоских проекций. Такая деятельность создает условия для активизации пространственного анализа и мысленного моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ выполнения графических заданий показал, что систематическое включение трехпроекционного эскизирования в учебный процесс создает условия для активизации пространственно-образных операций студентов. Особое значение имели задания, предполагающие переход от непосредственного восприятия реального объекта к его графическому представлению. В отличие от воспроизведения готового чертежа, такая деятельность требовала предварительного анализа формы объекта, определения взаимного расположения его элементов и последующего преобразования полученного пространственного образа в систему ортогональных проекций.

При выполнении эскиза лестницы студентам необходимо было выделить конструктивные элементы, по-разному представленные на отдельных видах, и установить взаимосвязь между ними. На виде спереди определялись преимущественно высотные характеристики и расположение ступеней, на виде сверху - конфигурация объекта в горизонтальной плоскости, ширина марша и взаимное расположение его элементов, а на виде слева - профильная форма конструкции. Сопоставление указанных изображений требовало удержания целостного пространственного образа объекта и его мысленного преобразования при переходе от одной проекции к другой.

Существенное значение имели задания на построение недостающей третьей проекции. Их выполнение предполагало не механическое продолжение линий связи, а мысленную реконструкцию пространственной формы по двум имеющимся изображениям. В процессе работы студенту необходимо было установить соответствие между отдельными элементами проекций, определить их пространственное положение и только после этого представить недостающий вид графическими средствами. Таким образом, графическое действие выступало результатом предварительной мыслительной операции с пространственным образом объекта.

Наблюдение за выполнением заданий также показало, что работа с реальными объектами облегчает установление связи между абстрактным проекционным изображением и пространственной формой. Использование лестничной конструкции в качестве учебного объекта позволило представить ортогональное проецирование не только как совокупность правил построения чертежа, но и как способ передачи информации о форме и взаимном расположении элементов реального объекта. Это имеет практическое значение для последующего освоения студентами более сложных графических заданий, чтения технических чертежей и компьютерного моделирования.

Сопоставление результатов контрольной и экспериментальной групп указывает на положительную динамику выполнения заданий студентами, дополнительно использовавшими ручное трехпроекционное эскизирование. Полученные результаты позволяют рассматривать предложенный подход как средство активизации пространственного анализа, синтеза и мысленной реконструкции формы объекта. Вместе с тем выявленные различия следует интерпретировать с учетом объема выборки и продолжительности педагогического

эксперимента.

Полученные результаты согласуются с данными современных исследований в области инженерно-графического образования, в которых систематическая практика эскизирования рассматривается как один из способов развития пространственной визуализации [7-11]. Особое значение имеет выполнение заданий, предусматривающих переход между ортогональными и пространственными изображениями объекта. При этом образовательный эффект определяется не самим фактом выполнения чертежа, а активностью пространственных преобразований, осуществляемых обучающимся при анализе формы, сопоставлении проекций и мысленной реконструкции объекта. Это позволяет рассматривать ручное эскизирование не как альтернативу цифровому моделированию, а как взаимодополняющий компонент современной инженерно-графической подготовки.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование позволило рассмотреть возможности трехпроекционного эскизирования как средства развития пространственного воображения студентов в процессе изучения инженерной графики. Теоретический анализ и результаты педагогической апробации показывают, что графическая деятельность, основанная на последовательном переходе от восприятия реального объекта к его мысленной реконструкции и последующему представлению в системе ортогональных проекций, создает условия для активизации пространственно-образных операций обучающихся.

Использование реальных объектов, в частности лестничной конструкции, позволяет организовать учебное задание таким образом, чтобы студент не ограничивался механическим воспроизведением готового изображения. Выполнение трехпроекционного эскиза требует анализа формы и конструктивных элементов объекта, установления их взаимного пространственного положения, сопоставления отдельных видов и формирования целостного представления о трехмерной структуре. Особое значение в данном процессе имеют задания на построение недостающей третьей проекции, поскольку их выполнение предполагает предварительную мысленную реконструкцию пространственной формы.

Сопоставление результатов контрольной и экспериментальной групп показало положительную динамику выполнения графических заданий студентами, в подготовку которых систематически включалось ручное трехпроекционное эскизирование. Наиболее заметные различия проявлялись при решении задач, требующих сопоставления нескольких проекций, определения пространственного положения отдельных элементов и восстановления формы объекта по его плоским изображениям. Полученные результаты позволяют рассматривать трехпроекционное эскизирование как один из методических приемов развития пространственного воображения студентов.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности его включения в содержание дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика» на начальных этапах графической подготовки студентов. При этом ручное эскизирование целесообразно рассматривать не как альтернативу компьютерному моделированию, а как взаимодополняющий этап графической подготовки, обеспечивающий переход от непосредственного восприятия пространственной формы и ее мысленного преобразования к последующему построению цифровой модели.

Ограничениями проведенного исследования являются относительно небольшой объем выборки и проведение педагогической апробации в рамках одного учебного семестра. В связи

с этим перспективы дальнейшего исследования связаны с расширением выборки, использованием стандартизированных методик диагностики пространственных способностей, совершенствованием критериев оценивания графических заданий и сопоставлением эффективности ручного эскизирования с различными технологиями трехмерного компьютерного моделирования.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шевелева Л.А., Шевелев В.П. Развитие пространственного мышления студентов при обучении начертательной геометрии и инженерной графики // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12. – С. 210–213.
- [2] Степанова Т.И. Активизация пространственного мышления студентов технических вузов средствами начертательной геометрии // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 3. – С. 648–652.
- [3] Bairaktarova D., Williams D., Katsioloudis P. Analysis of Blended and Multi-modal Instruction and its Effects on Spatial Visualization Ability // The Engineering Design Graphics Journal. - Vol. 83.
- [4] Delson N., Qi H., Van Den Einde L. The Impact of Freehand Sketch Training on Engineering Students' Communication and Spatial Visualization Skills: A Controlled Trial // 14th Annual First-Year Engineering Experience Conference. - 2023. - DOI: 10.18260/1-2--44848.
- [5] Ананьев Б.Г. Пространственное различие и пространственные представления // Проблемы восприятия пространства и пространственных представлений. – М.: АПН РСФСР, 1961. – С. 38–45.
- [6] Пиаже Ж., Инельдер Б. Генезис элементарных логических структур: классификация и сериация. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 448 с.
- [7] Иванов А.В., Сыромятников А.А. Методика развития пространственного воображения при изучении инженерной графики // Вестник КазНТУ им. Сатпаева. – 2019. – № 5 (145). – С. 87–92.
- [8] Van Den Einde L., Delson N., Cowan E., Memarian B. Evaluating Spatial Visualization Learning Through Digitized Sketches: A Case Study of Engineering Students' Orthographic Projection Errors // 2022 ASEE Annual Conference & Exposition. - 2022. - DOI: 10.18260/1-2--41636.
- [9] ГОСТ 2.305–2008. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 24 с.
- [10] Raju G., Sorby S.A., Reid C. Exploring the Role of Spatial Visualization in Design Process of Undergraduate Engineering Students // 2023 ASEE Annual Conference & Exposition. - 2023. - DOI: 10.18260/1-2--43648.
- [11] Singh-Pillay A., Sotsaka D. An Exploration of First Year Pre-service Engineering Graphics and Design Teachers' Spatial Visualisation Ability at a University of Technology // Journal for the Education of Gifted Young Scientists. - 2020. - Vol. 8, № 2.

ПЕДАГОГИКА ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Даниленко Анжела Павловна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет НИУ
«БелГУ», г.Белгород, Россия
danilenko@inbox.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу процессов интеграции современных образовательных технологий в педагогику художественного образования. Рассматриваются педагогические возможности STEAM-подхода, технологий виртуальной и дополненной реальности, геймификации, искусственного интеллекта и цифровой живописи. Особое внимание уделяется противоречию между технологической рациональностью и культурной аутентичностью художественного образования, а также проблеме профессиональных дефицитов педагогов-художников в условиях цифровой трансформации. На основе анализа актуальных исследований (2025–2026 гг.) обосновывается необходимость построения ценностно-ориентированной экосистемы художественного образования, в которой технологии выступают не самоцелью, а инструментом развития творческого мышления, визуальной грамотности и культурной идентичности.

Ключевые слова: педагогика художественного образования, STEAM-технологии, виртуальная реальность, геймификация, искусственный интеллект, цифровая живопись, цифровой разрыв, визуальная грамотность.

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy ta'lim texnologiyalarining san'at ta'limi pedagogikasiga integratsiyalashuvi tahlil qilinadi. Unda STEAM yondashuvi, virtual va kengaytirilgan reallik texnologiyalari, o'yinlashtirish, sun'iy intellekt hamda raqamli rangtasvirning pedagogik salohiyati ko'rib chiqiladi. Shuningdek, texnologik ratsionallik va san'at ta'limining madaniy o'ziga xosligi o'rtasidagi ziddiyatga hamda raqamli transformatsiya sharoitida san'at o'qituvchilari duch kelayotgan kasbiy mahoratdagi bo'shliqlarga alohida e'tibor qaratiladi. So'nggi tadqiqotlar (2025–2026-yillar) tahlili asosida san'at ta'limi uchun qadriyatlarga yo'naltirilgan ekotizimni yaratish zarurati asoslab berilmoqda; bunday tizimda texnologiya o'z-o'zidan maqsad emas, balki ijodiy fikrlash, vizual savodxonlik va madaniy o'ziga xoslikni rivojlantirish vositasi bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar. san'at ta'limi pedagogikasi, STEAM texnologiyalari, virtual reallik, o'yinlashtirish, sun'iy intellekt, raqamli rangtasvir, raqamli tafovut, vizual savodxonlik.

Annotation. This article analyzes the integration of modern educational technologies into the pedagogy of art education. It examines the pedagogical potential of the STEAM approach, virtual and augmented reality technologies, gamification, artificial intelligence, and digital painting. Particular attention is paid to the tension between technological rationality and the cultural authenticity of art education, as well as the professional skill gaps faced by art educators amidst digital transformation. Based on an analysis of recent research (2025–2026), the necessity of building a value-oriented ecosystem for arts education is substantiated—one in which technology serves not as an end in itself, but as a tool for developing creative thinking, visual literacy, and cultural identity.

Keywords. pedagogy of art education, STEAM technologies, virtual reality, gamification,

ВВЕДЕНИЕ

Художественное образование в XXI веке переживает настолько глубокую трансформацию, что можно говорить о новой эре в его развитии. Эта трансформация обусловлена стремительным развитием цифровых и интеллектуальных технологий, которые кардинально меняют образовательные практики и подходы. С одной стороны, новые инструменты открытия возможностей для углубленного изучения и освоения художественных практик, визуализации абстрактных концепций и создания иммерсивных образовательных сред. С другой стороны, интеграция таких технологий несёт в себе определённые риски. Прежде всего, это технологическая рационализация, которая может привести к гомогенизации художественного творчества и культурной дезинтеграции.

В этом контексте современное художественное образование оказывается на перекрестке двух противоречивых тенденций. Первая тенденция связана с необходимостью адаптироваться к требованиям цифровой эпохи и подготавливать учащихся к жизни в визуально насыщенном мире, тогда как вторая акцентирует внимание на важности сохранения глубинных ценностей искусства как универсального способа познания мира, развития эмоционального интеллекта и обеспечения культурной преемственности. Анализ существующих исследований показывает, что интеграция искусственного интеллекта в визуальное художественное образование всё ещё остаётся фрагментарной и часто оказывается на периферии доминирующих образовательных технологий, что делает связь между технологическими инновациями и традиционными теоретическими подходами недостаточно крепкой.

Основная цель данной статьи заключается в систематизации педагогических возможностей современных образовательных технологий в контексте художественного образования, выявлении связанных с ними рисков и определении векторов их эффективной интеграции.

STEAM-технологии как междисциплинарная основа

Одним из наиболее перспективных и многообещающих направлений для интеграции технологий в художественное образование является STEAM-подход. Он охватывает науки, технологии, инженерное дело, искусство и математику, объединяя их в единую образовательную методологию. Исследования демонстрируют, что использование STEAM-технологий способствует не только развитию творческого и исследовательского мышления среди студентов, но и формированию междисциплинарных знаний и навыков художественно-практического характера.

Особую значимость STEAM-подход обретает в рамках подготовки будущих педагогов изобразительного искусства, где интеграция научных знаний и художественной практики позволяет формировать у студентов целостное представление о мире, развивать способность видеть взаимосвязи между различными областями знания и применять их в рамках своей профессиональной деятельности. Внедрение STEAM-подхода значительно повышает мотивацию обучающихся, расширяет средства обучения и способствует созданию инновационной образовательной среды.

Практическая реализация STEAM-подхода в художественном образовании включает проектную деятельность, в рамках которой учащиеся создают междисциплинарные продукты, сочетающие элементы художественного творчества и научных исследований. Например,

разработка интерактивных арт-объектов, виртуальных галерей и мультимедийных инсталляций позволяет объединять эстетическую выразительность с технической сложностью, что открывает новые горизонты для формирования креативности.

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

Технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности становятся важными инструментами для повышения вовлеченности учащихся в процесс обучения в области художественного образования. Эти технологии позволяют переосмыслить способы представления и восприятия искусства, предлагая новые подходы к изучению художественных концепций и методов. Исследования показывают, что использование VR и AR не только способствует визуализации абстрактных идей, но и создает иммерсивные образовательные среды, что является особенно полезным при изучении сложных тем, таких как история искусства, композиция и пространственные отношения.

Одним из наиболее перспективных направлений применения VR в художественном образовании является обучение рисованию в трёхмерном пространстве. Для этого разработаны специализированные приложения на базе XR-гарнитур, которые реализуют трёхуровневую педагогическую модель, включающую базовое моделирование, когнитивное углубление и творческое выражение. Эти системы позволяют учащимся работать с эскизами в реальном времени, сокращая время на создание текста и давая возможность экспериментировать с различными художественными подходами.

К примеру, VR-приложения могут динамически симулировать источники света, открывая перед студентами широкие возможности для исследования и понимания композиционного мышления. Пространственное взаимодействие в таких системах создает условия, приближённые к реальной творческой работе, что значительно усовершенствует навыки студентов и их способность к самовыражению.

В контексте изучения истории искусства VR-технологии предлагают создание виртуальных музеев и реконструкций художественных пространств. Эти виртуальные площадки дают учащимся возможность «погружаться» в атмосферу различных эпох, позволяя им не только увидеть произведения искусства, но и осознать их исторический контекст. Например, исследования на основе работ Караваджо показали, что иммерсивные модели значительно способствуют глубокому пониманию как художественных приемов, так и культурных и исторических факторов, связанных с произведениями.

Тем не менее, несмотря на доказанную эффективность цифровых технологий в повышении восприятия и оценки искусства, исследователи подчеркивают, что развитие VR и AR в художественном образовании не должно давать отпечаток на традиционные формы творчества. Важно интегрировать новые технологии с классическими методами обучения, чтобы создать целенаправленную и сбалансированную образовательную среду. Это позволит не только расширить горизонты художественного восприятия, но и сохранить культурную аутентичность и традиции искусства, обогащая процесс обучения и делая его более комплексным. Таким образом, сочетание современных технологий и традиционных методов может создать более эффективную и вдохновляющую среду для студентов, способствуя развитию их творческого потенциала.

Технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности постепенно становятся основополагающими инструментами для увеличения вовлеченности учащихся в процесс

обучения в сфере художественного образования. Эти передовые технологии предлагают новые формы представления и восприятия искусства, что позволяет переосмыслить традиционные подходы к изучению художественных концепций и методик. Исследования в этой области показывают, что применение VR и AR не только помогает визуализировать абстрактные идеи, но и создает иммерсивные образовательные среды, которые особенно полезны при изучении сложных тем, таких как история искусства, композиция и пространственные отношения.

Одним из наиболее многообещающих направлений внедрения VR в художественное образование является обучение рисованию в трёхмерном пространстве. Это освоение осуществляется с помощью специализированных приложений, разработанных для XR-гарнитур. Эти приложения реализуют трёхуровневую педагогическую модель, которая состоит из базового моделирования, когнитивного углубления и творческого выражения. Такой подход позволяет учащимся создавать и взаимодействовать с эскизами в реальном времени, что значительно сокращает время на создание первоначальных набросков и дает возможность более свободно экспериментировать с различными художественными подходами.

Например, VR-приложения могут динамически симулировать источники света, что открывает перед студентами широкие возможности для экспериментов и глубокого освоения композиционного мышления. Пространственное взаимодействие в данных системах создает условия, максимально приближенные к реальным творческим процессам, что в свою очередь значительно улучшает навыки учащихся и их способность к самовыражению.

Когда речь идет о изучении истории искусства, VR-технологии предлагают уникальные решения путем создания виртуальных музеев и реконструкций художественных пространств. Эти виртуальные платформы дают учащимся возможность "погружаться" в атмосферу разных эпох, позволяя им не только наблюдать произведения искусства, но и осознать их исторический и культурный контекст. Например, исследования, основанные на творчестве Караваджо, продемонстрировали, что иммерсивные модели способствуют более глубокому пониманию художественных приемов, а также соотносят их с культурными и историческими факторами, которые формировали эти произведения.

Однако, несмотря на признанную эффективность цифровых технологий в улучшении восприятия и оценки искусства, исследователи подчеркивают, что развитие VR и AR в художественном образовании не должно игнорировать традиционные формы творчества и обучения. Необходимо интегрировать новые технологии с классическими методами обучения, чтобы создать целенаправленную и сбалансированную образовательную среду. Такой подход не только расширяет горизонты художественного восприятия и обучения, но также важен для сохранения культурной аутентичности и традиций искусства.

В результате, гармоничное сочетание современных технологий и традиционных методов может создать более эффективную и вдохновляющую атмосферу для студентов, что, в свою очередь, способствует развитию их творческого потенциала и улучшению художественных навыков. Важно, чтобы образовательный процесс оставался многослойным и многообразным, сочетая в себе как новейшие достижения технологий, так и мудрость и опыт предыдущих поколений в области искусства.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

Искусственный интеллект (ИИ) открывает новые возможности в области педагогики художественного образования, но при этом поднимает ряд сложных этических и педагогических вопросов. Исследования показывают, что генеративный ИИ может быть мощным инструментом поддержки на ранних этапах творческого процесса. Он помогает стимулировать дивергентное мышление и снижает эмоциональные барьеры, что особенно актуально для начинающих студентов, которые могут испытывать трудности в самовыражении.

Тем не менее, интеграция ИИ в визуальное художественное образование пока еще является недостаточно изученной темой. Опросы среди педагогов показывают, что многие из них настороженно относятся к вмешательству ИИ в творческий процесс, выражая беспокойство о том, что это может негативно сказаться на креативности как студентов, так и преподавателей. Существует также необходимость в постоянном контроле за взаимодействием учащихся с инструментами ИИ, чтобы предотвратить возможные негативные последствия.

Ключевым риском, выявленным в исследованиях, является то, что процесс создания искусства может трансформироваться в простое выборочное настраивание предложенных машинных вариантов. Это может подорвать саму суть художественного творчества, где важен индивидуальный подход и эксклюзивность замысла.

Исследователи подчеркивают важность критического осмысления роли ИИ в художественном образовании. Без активного развития визуальной грамотности и критического мышления учащиеся могут стать зависимыми от алгоритмических шаблонов и мгновенных визуальных удовольствий, что потребует дальнейшего обсуждения и решения на уровне учебных программ.

В связи с этими вызовами предлагается интеграция обязательного курса «Искусственный интеллект для художественного образования» в программы подготовки педагогов-художников, который позволит обучать будущих преподавателей основам работы с ИИ в контексте художественного творчества. Также рассматривается внедрение национальной сертификации по ИИ-компетенциям для преподавателей искусства, что обеспечит профессиональную подготовленность к работе с новыми технологиями и позволит раскрыть потенциал ИИ в образовательном процессе.

Таким образом, искусственный интеллект предлагает как возможности, так и вызовы для художественного образования, и его интеграция требует внимательного и ответственного подхода, чтобы сохранить уникальность творческого процесса и поддержать развитие талантов учащихся.

ЦИФРОВАЯ ЖИВОПИСЬ И НОВЫЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ПРАКТИКИ

Цифровая живопись представляет собой самостоятельную область художественного творчества, требующую особого педагогического подхода. Учебные программы по цифровой живописи направлены на формирование навыков в области цифрового искусства с использованием приёмов академической изобразительной школы и их применение в новых медиа.

На занятиях цифровой живописью изучаются базовые понятия из живописи и рисунка — симметрия и асимметрия, статика и динамика, принципы композиции, работа с цветом и тоном. Однако цифровая живопись не является простым переносом традиционных техник в

цифровую среду. Она требует освоения специфических инструментов и понимания особенностей цифрового изображения — работы со слоями, эффектами, фильтрами, возможностями мгновенного редактирования и тиражирования.

Педагогическая ценность цифровой живописи заключается в том, что она позволяет учащимся экспериментировать с цветом, композицией и стилем без страха «испортить» работу, что снижает психологический барьер перед творчеством. Вместе с тем, важно сохранять преемственность с традиционными художественными практиками, обеспечивая понимание учащимися фундаментальных законов изобразительного искусства, которые остаются неизменными независимо от инструмента.

ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Несмотря на очевидные преимущества, интеграция цифровых технологий в художественное образование сопряжена с серьёзными вызовами. Одной из наиболее острых проблем является цифровой разрыв второго уровня — неравенство в цифровых компетенциях педагогов. Мониторинговые исследования показывают, что многие преподаватели эстетических дисциплин испытывают кадровые и методические трудности, связанные с недостаточной цифровой грамотностью и инклюзивной подготовкой. Выявлены существенные профессиональные дефициты и разрыв в цифровых компетенциях.

Вторая проблема связана с риском вытеснения традиционных художественных практик. Высокая зависимость образовательного процесса от уровня технической оснащённости учреждений и качества цифровой инфраструктуры создаёт неравенство образовательных возможностей. Кроме того, существует опасность дегуманизации образования и деформации идентичности человека в условиях цифрового общества.

Третий вызов — противоречие между технологической рациональностью и культурной аутентичностью. Исследования показывают, что студенты, осваивающие культурные практики через VR, часто не понимают их этических и символических оснований: например, лишь около 14% учащихся могли объяснить культурные метафоры, стоящие за освоенными движениями. Технологическая точность воспроизведения может отрывать форму от культурного содержания.

ВЕКТОРЫ ПРОДУКТИВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Преодоление описанных противоречий требует перехода от простого «технологического прививания» к построению цифровой и интеллектуальной экосистемы художественного образования, управляемой ценностной рациональностью. Такая экосистема должна учитывать симбиотические отношения между цифровыми технологиями, педагогами и учащимися, традиционными техниками и художественной культурой.

В качестве конкретных педагогических стратегий предлагаются:

- «Технологическая пропущенность» как *instructional intervention* — сознательный отказ от использования технологий на определённых этапах обучения для стимулирования глубокого погружения в традиционные практики;
- научный эксперимент как стимул художественного творчества — интеграция исследовательской деятельности в творческий процесс;
- деконструкция культурных символов для построения мультимедийного обучения — работа с культурными кодами и их визуальными репрезентациями.

Перспективной представляется также модель ERMN (Experience Reconstruction, Meaning Negotiation, Institutional Domestication), основанная на философии опыта Джона Дьюи и конструктивизме. Эта модель предполагает реконструкцию опыта через мультимодальное погружение, переговоры о значениях в collaborative-средах и институциональную адаптацию технологий к культурному контексту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные образовательные технологии обладают значительным потенциалом для обогащения педагогики художественного образования. STEAM-подход, VR/AR-технологии, геймификация, искусственный интеллект и цифровая живопись открывают новые возможности для развития творческого мышления, визуальной грамотности и вовлечённости учащихся.

Однако продуктивная интеграция технологий невозможна без решения трёх ключевых задач. Во-первых, необходимо преодолеть цифровой разрыв второго уровня через системное повышение квалификации педагогов-художников. Во-вторых, следует обеспечить приоритет педагогических целей над технологическими: технологии должны служить развитию творческой личности, а не заменять её. В-третьих, требуется сохранять баланс между инновациями и традицией, между технологической эффективностью и культурной аутентичностью.

Будущее художественного образования — не в выборе между традицией и технологией, а в их осмысленном синтезе, в котором цифровые инструменты становятся мостом между художественной инновацией и культурным наследием, а педагог — проводником, помогающим учащимся не только освоить новые медиа, но и понять глубинные смыслы искусства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Che, H., Zheng, W. Exploiting Information Technology to Enhance Effectiveness in Elementary School Art Education // *International Journal of Art & Design Education*. 2026. Vol. 45, No. 2. P. 442–457. DOI: 10.1111/jade.12609.
2. Shuiying, L., Che Wil, N.B., Keat, O.B. The collaborative reconstruction of aesthetic education in the digital age: the ERMN model based on Dewey's experiential philosophy and constructivism // *Cogent Education*. 2026. DOI: 10.1080/2331186X.2026.2626626.
3. Liu, W., Wang, Z. Evolution and Value of Arts Education Technology: A Comparative Analysis of Information Technology, Digital Technology, and Artificial Intelligence // *SAGE Open*. 2025. Vol. 15, No. 4. DOI: 10.1177/21582440251395477.
4. Lu, Q. Interactive art forms and gamification in modern art education: transforming art creation and perception // *Education and Information Technologies*. 2025. DOI: 10.1007/s10639-025-13856-3.
5. Namangan State Pedagogical Institute. The Role of Interactive Technologies in Developing Compositional Thinking in Painting Classes // *Zenodo*. 2026. DOI: 10.5281/zenodo.18762172.
6. Хаиров, Р.З. Педагогические возможности STEAM-технологий в художественном образовании // *Asian Journal of Multidisciplinary Research*. 2026. Vol. 3. P. 288–295.
7. Сагитов, С.Т. Цифровой разрыв второго уровня в художественном образовании: социологический анализ профессиональных дефицитов учителей эстетических дисциплин // *Вестник ГУУ*. 2026.

8. Beyond Instrumental Rationality: The Art Education Ecosystem in a Digitally Intelligent Age // IEEE Xplore. 2026. Conference: 27–29 March 2026, Xi'an, China.

9. AIGC-XR Synergy and Mobile HCI Enhancing Aesthetic Mobility in Art Courses // IGI Global Scientific Publishing. 2026.

10. Immersive Models and Methodological Proposals for Art Education through AR and VR: a case study on Caravaggio // Università degli Studi di Messina. 2025.

UO'K: 681:51

OLIIY TA'LIM TASHKILOTLARI FAOLIYATIGA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH: IMKONIYATLAR, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR

Mallayev Alisher Rajabaliyevich – texnika fanlari nomzodi, professor,
ORCID: 0000-0002-9824-4438, E-mail: yangitong60@gmail.com;
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Mazkur maqolada oliy ta'lim tashkilotlari faoliyatiga sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilingan. Ta'lim jarayonini boshqarishda sun'iy intellektning o'rni, uning o'quv faoliyatini individuallashtirish, ma'muriy jarayonlarni avtomatlashtirish, ta'lim sifatini oshirish hamda boshqaruv qarorlarini qabul qilishdagi ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, ChatGPT, Moodle, OpenEdX, UniTime va boshqa sun'iy intellektga asoslangan tizimlarning imkoniyatlari va ulardan foydalanishning afzalliklari hamda cheklovlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari sun'iy intellekt texnologiyalarini oliy ta'lim tizimiga integratsiyalash ta'lim samaradorligini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va raqamli transformatsiyani jadallashtirishga xizmat qilishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, oliy ta'lim, raqamli transformatsiya, ChatGPT, ta'lim boshqaruvi, ta'lim analitikasi, avtomatlashtirish, mashinali o'qitish.

Abstract. This article analyzes the theoretical and practical aspects of introducing artificial intelligence technologies into the operations of higher education institutions. It highlights the role of artificial intelligence in managing the educational process, particularly its importance in personalizing learning activities, automating administrative processes, enhancing educational quality, and supporting management decision-making. Furthermore, the article examines the capabilities of AI-based systems such as ChatGPT, Moodle, OpenEdX, and UniTime, along with the advantages and limitations of their implementation. The research findings indicate that integrating artificial intelligence technologies into the higher education system serves to increase educational effectiveness, promote rational use of resources, and accelerate digital transformation.

Keywords: artificial intelligence, higher education, digital transformation, ChatGPT, educational management, learning analytics, automation, machine learning.

Аннотация. В данной статье анализируются теоретические и практические аспекты внедрения технологий искусственного интеллекта в деятельность организаций высшего образования. Раскрываются роль искусственного интеллекта в управлении образовательным процессом, его значение в индивидуализации учебной деятельности, автоматизации

административных процессов, повышении качества образования и принятии управленческих решений. Также рассматриваются возможности систем на базе искусственного интеллекта, таких как ChatGPT, Moodle, OpenEdX, UniTime и других, а также преимущества и ограничения их использования. Результаты исследования показывают, что интеграция технологий искусственного интеллекта в систему высшего образования способствует повышению эффективности образования, рациональному использованию ресурсов и ускорению цифровой трансформации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, высшее образование, цифровая трансформация, ChatGPT, управление образованием, образовательная аналитика, автоматизация, машинное обучение.

KIRISH

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida sun‘iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi ta‘lim tizimida ham tub o‘zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Oliy ta‘lim tashkilotlari faoliyatida raqamli texnologiyalardan foydalanish ko‘lami kengayib, o‘quv jarayonlarini tashkil etish, talabalar faoliyatini monitoring qilish, ta‘lim sifatini baholash va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda sun‘iy intellekt vositalari muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Bugungi kunda rivojlangan mamlakatlarning yetakchi universitetlari sun‘iy intellekt texnologiyalaridan ta‘lim sifatini oshirish, individual ta‘lim trayektoriylarini shakllantirish hamda ma‘muriy jarayonlarni optimallashtirish maqsadida keng foydalanmoqda. Mazkur texnologiyalar o‘qituvchilar va talabalarining samarali faoliyat yuritishiga xizmat qiluvchi muhim vositaga aylanmoqda.

Shu o‘rinda ta‘kidlash lozimki, sun‘iy intellekt texnologiyalari ko‘chirmachilik (plagiat) holatlariga, ma‘lumotlarni har doim ham to‘g‘ri bo‘lmasligiga, natijada talabalar fan yoki mavzuga oid noto‘g‘ri bilim va ko‘nikmalar olishiga sabab bo‘lishi mumkin. Sun‘iy intellektga to‘liq ishonib, bir yoqlama ma‘lumotga ega bo‘lish, qo‘shimcha manbalar bilan ishlamaslik, sun‘iy intellekt platformalari taqdim etgan ma‘lumotlarni filtrlamasdan to‘g‘ridan to‘g‘ri ishlatish ham salbiy holatlarga olib keladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Sun‘iy intellekt tushunchasi ilk bor XX asrning o‘rtalarida ilmiy muomalaga kiritilgan bo‘lib, bugungi kunda mashinali o‘qitish, tabiiy tilni qayta ishlash, kompyuter ko‘rishi va ekspert tizimlari kabi yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi. So‘nggi yillarda ta‘lim sohasida AI (Artificial Intelligence) texnologiyalaridan foydalanish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilmoqda.

Xorijiy tadqiqotchilar sun‘iy intellekt yordamida talabalar o‘zlashtirishini prognozlash, moslashtirilgan ta‘lim kontentini yaratish, akademik tavsiyalar ishlab chiqish va ta‘lim sifatini monitoring qilish imkoniyatlarini asoslab berganlar. Shu bilan birga, generativ sun‘iy intellekt texnologiyalari, xususan ChatGPT platformasi ta‘lim jarayonida yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirdi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda tahliliy, qiyosiy va umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Oliy ta‘lim tashkilotlarida sun‘iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish borasida fikr yuritiladi hamda oliy ta‘lim tashkilotlarida qo‘llanilayotgan sun‘iy intellekt tizimlari, ularning funksional imkoniyatlari hamda ta‘lim jarayoniga ta‘siri o‘rganildi. Maqolada sun‘iy intellekt texnologiyasi va uning turlari,

oliy ta'lim tashkilotlari faoliyatiga sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishning ijobiy va salbiy jihatlari, dars jarayonida Chat GPT platformasidan foydalanish imkoniyatlari to'g'risidagi masalalar yoritilgan. Shuningdek, tadqiqot davomida ilmiy adabiyotlar, xalqaro tajribalar va mavjud AI platformalari faoliyati tahlil qilindi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Sun'iy intellekt texnologiyalari oliy ta'lim tashkilotlari faoliyatining turli yo'nalishlarida samarali qo'llanilmoqda.

Birinchidan, ta'lim jarayonini individuallashtirish imkoniyati yaratilmoqda. Sun'iy intellekt talabalar bilim darajasi, qiziqishi va o'zlashtirish ko'rsatkichlari asosida moslashtirilgan o'quv materiallarini tavsiya etadi.

Ikkinchidan, ma'muriy jarayonlar avtomatlashtirilmoqda. Talabalarni qabul qilish, dars jadvallarini shakllantirish, davomat monitoringi va hisobotlarni tayyorlash kabi jarayonlarda AI texnologiyalaridan foydalanish vaqt va resurslarni tejash imkonini beradi.

Uchinchidan, ta'lim analitikasi rivojlanmoqda. Katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash orqali talabalar o'zlashtirishidagi muammolar aniqlanadi, akademik xavflar prognoz qilinadi va boshqaruv qarorlarini qabul qilish sifati oshadi.

Oliy ta'lim tashkilotida ta'lim xizmatlarini ko'rsatish va o'quv jarayonini boshqarishda qo'llaniladigan sun'iy intellekt ilovalari ta'limga yo'naltirilgan bo'lib, oliy ta'limni boshqarish jarayonlarini avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan bo'ladi. Masalan, talabalarni o'qishga qabul qilish, dars jadvalini tuzish, talabalar davomati va mustaqil ishlarini monitoring qilish hamda ta'lim sifatini tekshirish kabi vazifalarni bajarishga mo'ljallangan ilovalar. Sun'iy intellekt texnologiyalari orqali o'quv jarayonini yaxshilashda bugungi kunda ta'lim sohasida ta'lim chatbotlari (Kanada, Avstraliya), OUAlyse (Britaniya), Swift (Hindiston), ALP (AQSH) va UniTime (AQSH) kabi platformalar keng qo'llanilmoqda. Ushbu tizimlar talabalar faoliyatini tahlil qilish, akademik natijalarni prognozlash hamda o'quv jarayonlarini samarali boshqarishga xizmat qiladi.

Ta'lim chatbotlariga foydalanuvchilar savol bilan murojaat qilganidan so'ng chatbot javobni ko'rsatadi, ma'lumot beradi yoki berilgan vazifani bajaradi. OUAlyse platformasi talabalarning ish faoliyatini bashorat qiladi va o'qishni tashlab ketish xavfi yuqori bo'lgan talabalarni aniqlaydigan sun'iy intellektga asoslangan ilova hisoblanadi. Swift platformasi talabalarning ta'lim olish jarayonidagi ma'lumotlarni to'plab, talaba qachon va nima uchun o'rganishda qiyinchiliklarga duch kelishi yoki muvaffaqiyat qozonishi mumkinligi to'g'risidagi muhim ma'lumotlarni qayta ishlab beradi. ALP platformasi har bir talabaning ma'lumotlarini tahlil qiladi va ularga asoslanib talabaning psixometrik profilini yaratadi. UniTime platformasi dars jadvali va imtihonlar jadvallarini ishlab chiqadi, talabalarni fanlarni o'zlashtirishiga nisbatan guruhlariga ajratib, ularga moslashtirilgan jadvallarni shakllantiradi.

Shuningdek, Moodle, KhanAcademy va OpenEdX kabi ta'lim platformalari sun'iy intellekt elementlari asosida talabalarning o'quv faoliyatini qo'llab-quvvatlaydi. Intellektual o'qitish tizimlari talabalarning qiyinchiliklarini aniqlab, ularga mos tavsiyalar berish imkoniyatiga ega. Intellektual tizimlar mavzular asosida, shuningdek, individual tarzda talabalarning qiyinchiliklari yoki muvaffaqiyatlariga javob beradigan o'quv materiallari va auditoriyalar orqali eng yaxshi ta'lim olish trayektoriyasini belgilab beradi.

Dialogga asoslangan AutoTutor interaktiv ta'lim tizimi ketma-ket onlayn topshiriqlarda o'qituvchi va talabalar o'rtasidagi suhbatni o'rganish hamda dialogini simulyatsiya qilish uchun tabiiy tilni qayta ishlash va boshqa sun'iy intellekt usullaridan foydalanadi.

Xorijiy tillarni o'rganish va o'qishga oid AI Teacher, Amazing English, Babbel va Duolingo kabi sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan ilovalar til o'rganish, nutqni yaxshilashga yordam beradi. Matnlarni avtomatik matnlarni tarjima qilishdan foydalanish talabalarga boshqa tillardagi o'quv materiallarini o'qishga yordam beradi va boshqa millat vakillari bo'lgan yoshlar bilan osonroq muloqot qilish imkonini yaratadi.

ChatGPT va generativ sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'limdagi ahamiyati

Generativ sun'iy intellektning rivojlanishi natijasida ChatGPT kabi tizimlar ta'lim jarayonining ajralmas qismiga aylanmoqda. O'qituvchilar ushbu platformalardan dars ishlanmalarini tayyorlash, test topshiriqlarini yaratish, taqdimot matnlarini shakllantirish va ilmiy izlanishlarda foydalanishlari mumkin.

Talabalar esa murakkab mavzular bo'yicha tushuntirishlar olish, ilmiy manbalarni tahlil qilish, xorijiy tillarni o'rganish va akademik yozuv ko'nikmalarini rivojlantirishda ChatGPT imkoniyatlaridan foydalanishlari mumkin.

Biroq, ChatGPT'dan foydalanishda akademik halollik tamoyillariga rioya qilish muhimdir. Sun'iy intellekt tomonidan taqdim etilgan ma'lumotlarni tekshirish, qo'shimcha manbalar bilan solishtirish va tanqidiy tahlil qilish zarur.

Sun'iy intellektni joriy etishning afzalliklari

- ta'lim sifatini oshirish;
- individual ta'lim trayektoriyalarini yaratish;
- ma'muriy jarayonlarni avtomatlashtirish;
- professor-o'qituvchilar mehnat unumdorligini oshirish;
- talabalar faoliyatini monitoring qilish;
- tezkor va asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish.

Sun'iy intellektni joriy etishdagi muammolar

Sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish bilan bog'liq ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan:

- akademik plagiat xavfining ortishi;
- ma'lumotlar xavfsizligi va maxfiyligi masalalari;
- AI tizimlariga ortiqcha qaramlik;
- noto'g'ri yoki eskirgan ma'lumotlar taqdim etilishi ehtimoli;
- pedagoglarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirish zarurati.

XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt texnologiyalarini oliy ta'lim tashkilotlari faoliyatiga joriy etish ta'lim sifati va boshqaruv samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. AI texnologiyalari yordamida ta'lim jarayonlarini individuallashtirish, ma'muriy vazifalarni avtomatlashtirish va analitik boshqaruv tizimlarini rivojlantirish mumkin.

Kelgusida sun'iy intellekt texnologiyalarining yanada takomillashuvi oliy ta'lim tizimida raqamli transformatsiyani jadallashtiradi hamda ta'lim sifatini yangi bosqichga olib chiqishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson, 2021.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016.

3. Wooldridge M. Artificial Intelligence: A Very Short Introduction. – Oxford University Press, 2021.
4. OECD. Artificial Intelligence in Education. – Paris, 2023.
5. World Economic Forum. Future of Jobs Report. – Geneva, 2025.
6. Mallayev A.R., Rajabaliyeva I.A. Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim va ma'muriy-boshqaruv jarayonidagi raqamlashtirish sifati. Ta'limda istiqbolli izlanishlar - xalqaro ilmiy-metodik jurnal. www.fanistiqbollari.uz, № 11 (2) 2025 ISSN: 3060-527X. 156-161b.
7. Mallayev A.R., Bozorov O.N., Raximov Z.T. Zamonaviy oliy talim muassasalarida ta'lim texnologiyalari va o'quv jarayonini tashkil etish. "Oliy ta'limni tashkil etishda xorijiy tajribalar: transformatsiya va innovatsiyalar" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. T.:2025. 255-259b.

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA TAQDIMOT YARATISH VOSITALARINI DIDAKTIK BAHOLASH

Mallayev Alisher Rajabaliyevich – texnika fanlari nomzodi, professor,
ORCID: 0000-0002-9824-4438, E-mail: yangitong60@gmail.com;
Rajabaliyeva Iroda Alisherovna, Rajabaliyeva Muhabbat Alisherovna,
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

***Annotatsiya.** Maqolada generativ sun'iy intellekt asosida taqdimot yaratish vositalarining ta'limiy imkoniyatlari qiyosiy tahlil qilinadi. Le Chat (Mistral AI), Wepik, Gamma, PresentSimple va Prezo vositalari kontentni shakllantirish, dizaynni avtomatlashtirish, tahrirlash qulayligi, hamkorlik va xavfsizlik mezonlari bo'yicha ko'rib chiqildi. Natijada AI vositasi o'qituvchining metodik qarorini almashtirmasligi, balki dastlabki tuzilma, vizual g'oya va materiallarni tez tayyorlashga xizmat qilishi asoslandi. Taqdimot sifati faktlarni tekshirish, mualliflikka rioya qilish va o'quv maqsadiga moslashtirish orqali ta'minlanadi.*

***Kalit so'zlar:** generativ sun'iy intellekt, taqdimot, raqamli didaktika, prompt, vizual kommunikatsiya, akademik halollik.*

ДИДАКТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРЕЗЕНТАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Маллаев Алишер Раджабалиевич – кандидат технических наук, профессор,
ORCID: 0000-0002-9824-4438, E-mail: yangitong60@gmail.com;
Rajabaliyeva Iroda Alisherovna, Rajabaliyeva Muhabbat Alisherovna,
Университет экономики и педагогики, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В статье проводится сравнительный анализ образовательных возможностей инструментов для создания презентаций на основе генеративного искусственного интеллекта. Рассматриваются такие инструменты, как Le Chat (Mistral AI), Wepik, Gamma, PresentSimple и Prezo, по критериям формирования контента, автоматизации дизайна, удобства редактирования, возможностей для совместной работы и безопасности. В результате обосновывается, что инструмент ИИ не заменяет*

методические решения преподавателя, а служит для быстрой подготовки первоначальной структуры, визуальных идей и материалов. Качество презентации обеспечивается за счёт проверки фактов, соблюдения авторских прав и адаптации к учебным целям.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, презентация, цифровая дидактика, промпт, визуальная коммуникация, академическая честность.

A DIDACTIC EVALUATION OF AI-BASED PRESENTATION SOFTWARE

Mallaev, Alisher –Candidate of Technical Sciences, Professor;

Rajabalieva, Iroda; Rajabalieva, Muhabbat

University of Economics and Pedagogy, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *This study provides a comparative analysis of generative artificial intelligence tools for educational presentation design. Le Chat (Mistral AI), Wepik, Gamma, PresentSimple, and Prezo are evaluated based on content generation capabilities, design automation, editing flexibility, collaborative functionality, and security features. The results indicate that AI tools serve as effective assistants in the rapid development of presentation frameworks, visual concepts, and instructional materials rather than replacing the pedagogical and methodological role of the instructor. The educational quality of AI-generated presentations is determined by rigorous fact-checking, adherence to copyright regulations, and alignment with specific learning outcomes and instructional objectives.*

Keywords. *generative artificial intelligence, presentation, digital didactics, prompt, visual communication, academic integrity.*

KIRISH

Taqdimot o'quv mazmunini qisqa vaqt ichida mantiqiy, ko'rgazmali va auditoriyaga mos shaklda yetkazishga yordam beradi. Biroq mazmunni tanlash, slaydlar ketma-ketligini tuzish, illyustratsiya topish va dizaynni moslashtirish katta vaqt talab qiladi. Generativ sun'iy intellekt (SI) bu jarayonning ayrim bosqichlarini avtomatlashtiradi: so'rov asosida reja tuzadi, sarlavha va tezislarni taklif qiladi, rasm yoki dizayn maketini shakllantiradi. UNESCO tavsiyalarida ta'lim va tadqiqotda generativ SIDan foydalanishda markazli, xavfsiz hamda maqsadga muvofiq yondashuv bilan bog'lanishi lozimligi ta'kidlanadi [1].

Mavjud amaliyotda AI yordamida taqdimot yaratish ko'pincha faqat tezlik bilan baholanadi. Bunday yondashuv mazmunning aniqligi, didaktik qiymati va mualliflik masalalarini chetga suradi. Shuning uchun mazkur maqolaning maqsadi - ommalashgan AI vositalarini taqdimot tayyorlash nuqtai nazaridan qiyosiy baholash hamda o'qituvchi va tadqiqotchilar uchun oqilona foydalanish algoritmini ishlab chiqishdir.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot desk-review va qiyosiy tahlil yondashuviga asoslanadi. Baholash obyekti sifatida suhbatga asoslangan Le Chat, dizayn yo'naltirilgan Wepik va Gamma, slayd generatorlari PresentSimple hamda Prezo tanlandi. Vositalar foydalanuvchi uchun ko'rinadigan funksiyalari va ularni o'quv taqdimotiga tatbiq etish imkoniyati orqali tahlil qilindi. Baholashda besh mezon qo'llandi: 1- kontentn mazmunini rejasini yaratish; 2-dizayn va vizualni avtomatlashtirish; 3-tahrirlash; 4-eksport imkoniyati; 5-xavfsiz va mas'uliyatli qo'llashga moslik. Bu baholash mezonlari

funksional yoʻnalishni belgilaydi. Bu mezonlar shunchaki tajriba yoki foydalanuvchilar soʻrovining statistik natijasi emas.



1-rasm. AI yordamida taqdimot yaratishning inson nazoratidagi ish jarayoni

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Qiyosiy tahlil shuni koʻrsatdiki, vositalar bir xil vazifani bajarmaydi. Le Chat murakkab mavzuni izohlash, tezislar va nutq matnining qoralamasini yaratish uchun qulay; u tayyor slayd dizaynini emas, avvalo kontentn mazmunini asosni beradi. Wepik tezkor vizual maket va grafika variantlarini taklif etadi. Gamma bir matndan yaxlit, sahifalangan taqdimot yaratishga yoʻnalgan. PresentSimple hamda Prezo esa slayd tuzilmasi va eksport bilan ishlashda foydali boʻlishi mumkin. Shu sababli vosita tanlovi avvalo didaktik maqsaddan kelib chiqishi kerak.

1-jadval. AI vositalarining taqdimot yaratishdagi funksional yoʻnalishlar

Vosita	Kuchli tomoni	Cheklovi	Mos qoʻllanish holati
Le Chat (Mistral AI)	Reja, tezis, savol-javob va matn qoralamasini yaratadi	Natijani manbalar bilan tekshirish va alohida dizayn talab etiladi	Mavzuni strukturalash, nutq ssenariysi
Wepik	Vizual shablonlar va grafika gʻoyalarini tez beradi	Mazmun chuqurligi foydalanuvchi kiritgan materialga bogʻliq	Qisqa, koʻrgazmali slaydlar
Gamma	Matndan yaxlit slayd ketma-ketligini shakllantiradi	Avtomatik dizayn metodik moslashtirishni talab qiladi	Dastlabki prototip va loyihaviy taqdimot
PresentSimple	Slayd tuzilmasini tayyorlash hamda eksportga yoʻnalgan	Termin va dalillarni tahrirlash zarur	Dars yoki ma'ruza uchun PPTX qoralama
Prezo	Vizual hikoya va ssenariylash imkoniyati	Haddan tashqari bezak mazmunni soya qilishi mumkin	Narrativ va loyiha taqdimoti

Jadvaldagi natijalar AI vositasini “tayyor mahsulot ishlab chiqaruvchi” emas, balki kognitiv va dizayn yordamchisi sifatida koʻrish zarurligini koʻrsatadi. Katta til modellari taʼlim uchun tezkor fikr-mulohaza va moslashtirilgan material taklif qilishi mumkin, ammo ular ishonchli dalil manbasi hisoblanmaydi [2]. Demak, oʻqituvchi AI ishlab chiqqan har bir fakt, iqtibos va statistikani birlamchi yoki nufuzli manba bilan solishtirishi shart.

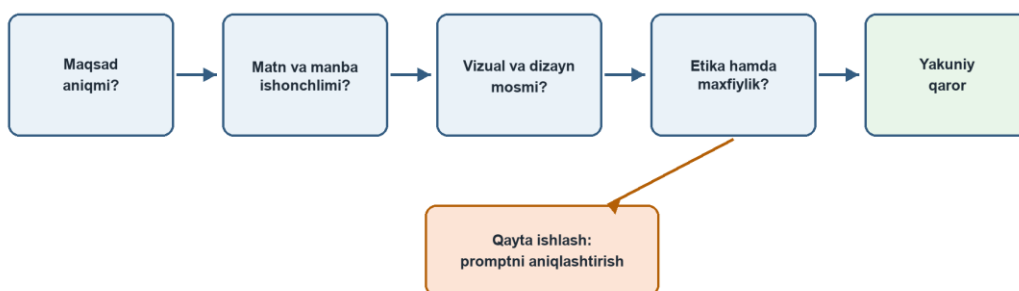
Taqdimot sifatini taʼminlash algoritmi

Sifat nazorati prompt yozishdan boshlanadi. **Prompt** (inglizcha *prompt*- “koʻrsatma”, “soʻrov”, “yoʻriqnoma”) — sunʼiy intellekt tizimiga bajarilishi kerak boʻlgan vazifani tushuntiruvchi matn,

savol yoki ko'rsatmalardir. So'rovda fan, auditoriya, o'quv natijasi, slaydlar soni, tili, kerakli misollar va manba talabi ochiq ifodalanishi kerak. Keyin AI taklif qilgan reja mavzuning o'quv dasturiga mosligi bo'yicha qayta ko'rib chiqiladi. Uchinchi bosqichda matn qisqartirilib, bitta slayd - bitta asosiy g'oya tamoyiliga moslashtiriladi. To'rtinchi bosqichda esa rasm, jadval va iqtiboslarning huquqiy hamda axloqiy jihatlari tekshiriladi.

Quyidagi 2-rasmda keltirilgan sxema iterativ xarakterga ega: mezonlardan biri bajarilmasa, foydalanuvchi so'rovni aniqlashtiradi yoki manbalarni to'ldiradi va natijani qayta ishlab chiqadi. Bu yondashuv "bir marta yozilgan prompt"ga tayanishdan ko'ra barqarorroqdir. Akademik halollik nuqtai nazaridan AI hissasi yashirilmaligi, mustaqil tahlil esa muallif tomonidan bajarilishi zarur [3].

AI asosida yaratilgan taqdimotni sifat nazoratidan o'tkazish sxemasi



2-rasm. AI asosida yaratilgan taqdimotni sifat nazoratidan o'tkazish sxemasi

Amaliy tavsiyalar

Birinchidan, o'qituvchi AIga tayanch dalillarni bermasdan turib, undan ilmiy mazmun yaratishni kutmasligi kerak. Sifatli natija uchun mavzuning asosiy manbalari, atamalar ro'yxati va o'quv natijalari promptga kiritiladi. Ikkinchidan, slayd matni nutq matnidan qisqa bo'lishi lozim: AI yaratgan uzun paragraf tezis, diagramma yoki savol shakliga keltiriladi. Uchinchidan, rasm va infografika mazmunning o'rmini bosmasligi, balki uni tushuntirishi zarur. To'rtinchidan, shaxsiy ma'lumotlar, hali e'lon qilinmagan tadqiqot natijalari yoki maxfiy hujjatlarni ochiq AI xizmatlariga yuklashdan oldin tashkilot siyosati va xizmat shartlari tekshiriladi [1-4].

Amaliy qo'llashda quyidagi prompt formulasi maqsadga muvofiq: "Mavzu - ..., auditoriya - ..., o'quv natijasi - ..., slaydlar soni - ..., har slayd uchun bitta asosiy tezis, bitta vizual tavsiya va tekshirilishi lozim bo'lgan manba turi keltirilsin". Ushbu formula natijani boshqarishga yordam beradi, lekin tahrir va faktcheking (фактчекинг) majburiyatini bekor qilmaydi. Ya'ni, ma'lumotlarda keltirilgan faktlar, raqamlar, iqtiboslar, statistik ko'rsatkichlar va boshqa tasdiqlanadigan ma'lumotlarni ishonchli manbalar asosida tekshirish, baholash va tasdiqlashga qaratilgan tahliliy ishlar bajarilishi shart.

XULOSA

Generativ SI taqdimot tayyorlash vaqtini qisqartirishi va vizual-kommunikativ g'oyalarni kengaytirishi mumkin. Tahlil qilinayotgan vositalar orasida Le Chat mazmuniy qoralama va ssenariylash, Wepik vizual izlanish, Gamma hamda PresentSimple dastlabki slayd tuzilmasi, Prezo esa hikoyaviy taqdimot yaratish uchun nisbatan qulay yo'nalishlarni namoyon etadi. Biroq vositaning nomi emas, balki o'quv maqsadi, manba sifati, auditoriya xususiyati va inson nazorati yakuniy sifatni belgilaydi. Shuning uchun AI bilan ishlashning optimal modeli 'avtomatlashtirish - tekshirish - pedagogik moslashtirish' zanjiri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Miao, F., Holmes, W. Guidance for Generative AI in Education and Research. UNESCO, 2023. DOI: 10.54675/EWZM9535.
2. Kasneci, E. va boshq. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, 2023, 103, 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274.
3. Tlili, A. va boshq. What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. Smart Learning Environments, 2023, 10, 15. DOI: 10.1186/s40561-023-00237-x.
4. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris: UNESCO, 2021.
5. Mallayev A.R., Rajabaliyeva I.A. Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim va ma'muriy-boshqaruv jarayonidagi raqamlashtirish sifati. Ta'limda istiqbolli izlanishlar - xalqaro ilmiy-metodik jurnal. www.fanistiqbollari.uz, № 11 (2) 2025 ISSN: 3060-527X. 156-161b.
6. Mallayev A.R., Bozorov O.N., Raximov Z.T. Zamonaviy oliy talim muassasalarida ta'lim texnologiyalari va o'quv jarayonini tashkil etish. "Oliy ta'limni tashkil etishda xorijiy tajribalar: transformatsiya va innovatsiyalar" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. T.:2025. 255-259b.

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA TA'LIM JARAYONINI INDIVIDUALLASHTIRISHNING ZAMONAVIY MODELLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari asosida ta'lim jarayonini individuallashtirishning zamonaviy modellari tahlil qilingan. Maqolada adaptiv ta'lim tizimlari, intellektual repetitorlik platformalari, o'quvchi profilini shakllantirish algoritmlari va o'quv trayektoriyasini avtomatik moslashtirish mexanizmlari IMRAD tuzilmasi asosida ko'rib chiqilgan. Tadqiqot davomida jahon va mahalliy tajribadagi bir qator ta'lim platformalari (Khan Academy, Coursera, ALEKS, Squirrel AI, Zypa kabi) faoliyati qiyosiy tahlil qilindi hamda O'zbekiston ta'lim tizimida sun'iy intellektni joriy etish imkoniyatlari o'rganildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, adaptiv algoritmlar va mashinaviy o'qitish usullaridan foydalanish o'quvchilarning bilim o'zlashtirish sifatini o'rtacha 15-25 foizga oshirishga, shuningdek pedagogning individual yondashuvga sarflanadigan vaqtini qisqartirishga xizmat qiladi. Maqola yakunida sun'iy intellekt asosida individuallashtirilgan ta'limni joriy etishning pedagogik, texnologik va etik jihatlari bo'yicha xulosa va tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so'zlar:** sun'iy intellekt, individuallashtirilgan ta'lim, adaptiv ta'lim tizimi, mashinaviy o'qitish, intellektual repetitorlik tizimi, o'quv trayektoriyasi, raqamli ta'lim.*

***Annotation.** This article analyzes modern models of individualizing the educational process based on artificial intelligence (AI) technologies. Within the IMRAD framework, the study examines adaptive learning systems, intelligent tutoring platforms, learner-profiling algorithms, and mechanisms for automatically adjusting individual learning trajectories. A comparative analysis of leading international and local educational platforms (Khan Academy, Coursera, ALEKS, Squirrel*

AI, Zypa, etc.) was conducted, along with an assessment of opportunities for implementing AI in Uzbekistan's education system. The findings indicate that adaptive algorithms and machine-learning methods can increase learning outcomes by an average of 15-25 percent and reduce the time teachers spend on individualized instruction. The article concludes with recommendations on the pedagogical, technological, and ethical aspects of implementing AI-based individualized learning.

Key words: artificial intelligence, individualized learning, adaptive learning system, machine learning, intelligent tutoring system, learning trajectory, digital education.

Аннотация. В данной статье проанализированы современные модели индивидуализации образовательного процесса на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ). В рамках структуры IMRAD рассмотрены адаптивные обучающие системы, платформы интеллектуального репетиторства, алгоритмы формирования профиля обучающегося и механизмы автоматической корректировки индивидуальной траектории обучения. Проведён сравнительный анализ ведущих зарубежных и отечественных образовательных платформ (Khan Academy, Coursera, ALEKS, Squirrel AI, Зура и др.), а также изучены возможности внедрения ИИ в систему образования Узбекистана. Результаты показывают, что использование адаптивных алгоритмов и методов машинного обучения позволяет повысить качество усвоения знаний учащимися в среднем на 15-25 процентов, а также сократить время, затрачиваемое педагогом на индивидуальный подход. В заключение статьи представлены выводы и рекомендации по педагогическим, технологическим и этическим аспектам внедрения индивидуализированного обучения на основе ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, индивидуализированное обучение, адаптивная система обучения, машинное обучение, интеллектуальная репетиторская система, траектория обучения, цифровое образование.

KIRISH

Zamonaviy ta'lim tizimi oldida turgan asosiy muammolardan biri — bu har bir o'quvchining individual qobiliyati, bilim darajasi va o'zlashtirish tezligini hisobga olgan holda ta'lim jarayonini tashkil etishdir. An'anaviy "barchaga bir xil" (one-size-fits-all) yondashuv sharoitida pedagog bir vaqtning o'zida o'nlab o'quvchining individual ehtiyojiga javob bera olmaydi. Bu muammoni hal etishda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari, xususan mashinaviy o'qitish, katta ma'lumotlar tahlili va tabiiy tilni qayta ishlash usullari muhim vosita bo'lib xizmat qilmoqda.

Sun'iy intellekt asosidagi individuallashtirilgan ta'lim tizimlari o'quvchining har bir harakatini (test natijalari, javob berish vaqti, xatolar turi, e'tibor darajasi va h.k.) real vaqt rejimida tahlil qilib, unga mos o'quv materiallari, mashqlar va tezlikni avtomatik tanlab beradi. So'nggi o'n yil ichida bunday tizimlar Khan Academy, Coursera, edX, ALEKS, Squirrel AI, Duolingo kabi jahon miqyosidagi platformalarda keng joriy etildi va ularning samaradorligi ko'plab empirik tadqiqotlar bilan tasdiqlangan.

Tadqiqotning maqsadi — sun'iy intellekt asosida ta'lim jarayonini individuallashtirishning zamonaviy modellarini tizimlashtirish, ularning ishlash mexanizmlarini tahlil qilish hamda O'zbekiston ta'lim tizimida qo'llash imkoniyatlarini asoslashdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat: 1) individuallashtirilgan ta'lim tushunchasi va uning nazariy asoslarini yoritish; 2) SI asosidagi asosiy modellarni (adaptiv o'quv tizimlari, intellektual repetitorlik tizimlari, tavsiya algoritmlari) tavsiflash; 3) jahon amaliyotidagi yetakchi platformalarni qiyosiy tahlil qilish;

4) O'zbekiston ta'lim tizimida ushbu texnologiyalarni joriy etishning imkoniyat va cheklovlarini aniqlash.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqotda 2015-2025 yillar oralig'ida chop etilgan ilmiy adabiyotlar, jumladan Scopus va Web of Science bazalariga kiruvchi jurnallardagi maqolalar, shuningdek O'zbekiston milliy ta'lim tizimiga oid me'yoriy hujjatlar va statistik ma'lumotlar tahlil qilindi. Tadqiqot metodologiyasi quyidagi usullarni o'z ichiga oladi:

- tizimli tahlil usuli — mavjud SI asosidagi ta'lim modellarini tasniflash uchun;
- qiyosiy tahlil usuli — turli xalqaro platformalarning ishlash tamoyillarini solishtirish uchun;
- kontent-tahlil usuli — ilmiy manbalardagi empirik natijalarni umumlashtirish uchun;
- induktiv yondashuv — xususiy holatlardan (aniq platformalar misolida) umumiy modellarga o'tish uchun.

Tahlil uchun 5 ta yetakchi adaptiv platforma (Khan Academy, ALEKS, Squirrel AI, Coursera, Duolingo) tanlab olindi va ularning individuallashtirish mexanizmlari — foydalanuvchi profilini shakllantirish, bilim holatini baholash modeli (masalan, Bayes tarmoqlari yoki item response theory), tavsiya berish algoritmi va fikr-mulohaza (feedback) tizimi bo'yicha taqqoslandi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tahlil natijasida sun'iy intellekt asosida ta'lim jarayonini individuallashtirishning to'rtta asosiy modeli aniqlandi:

1. Adaptiv o'quv trayektoriyasi modeli. Ushbu modelda tizim o'quvchining joriy bilim darajasini baholab, keyingi mavzu yoki mashqni dinamik tarzda tanlaydi. ALEKS platformasi bunga yorqin misol bo'lib, u "bilim maydoni nazariyasi" (Knowledge Space Theory) asosida ishlaydi.

2. Intellektual repetitorlik tizimlari (Intelligent Tutoring Systems). Bu tizimlar o'quvchi bilan tabiiy tilda muloqot qilib, xatolarning sababini aniqlaydi va maqsadli tushuntirish beradi. Squirrel AI platformasi Xitoyda o'tkazilgan tadqiqotlarda an'anaviy dars usuliga nisbatan sezilarli yuqori natija ko'rsatgani qayd etilgan.

3. Tavsiya (recommendation) algoritmlariga asoslangan model. Coursera va edX kabi platformalar foydalanuvchi xatti-harakatlari asosida kurslar va materiallarni tavsiya qiluvchi kollaborativ filtrlash hamda kontentga asoslangan filtrlash algoritmlaridan foydalanadi.

4. Tabiiy tilni qayta ishlashga asoslangan model. Duolingo kabi platformalar til o'rganuvchining xatolarini tahlil qilib, unutish egri chizig'i (forgetting curve) asosida takrorlash jadvalini avtomatik shakllantiradi.

Turli manbalarda keltirilgan empirik ma'lumotlarga ko'ra, adaptiv tizimlardan foydalangan o'quvchi guruhlarida o'zlashtirish ko'rsatkichi an'anaviy guruhlariga nisbatan o'rtacha 15-25 foizga yuqori bo'lgan, shuningdek o'quv materialini o'zlashtirish uchun sarflangan vaqt 20-30 foizga qisqargan. O'zbekiston misolida esa, so'nggi yillarda "Mening ta'limim", "Zypa" kabi mahalliy loyihalarda dastlabki adaptiv elementlar (test natijalariga qarab keyingi topshiriq darajasini moslashtirish) joriy etila boshlangani aniqlandi, biroq to'liq intellektual tizimlar hali keng qo'llanilmayapti.

MUHOKAMA

Olingan natijalar sun'iy intellekt asosidagi individuallashtirish modellarining ta'lim samaradorligini oshirishdagi ijobiy rolini tasdiqlaydi. Biroq bir qator muammoli jihatlar ham mavjud.

Birinchidan, bunday tizimlarni joriy etish katta hajmdagi sifatli ma'lumotlar bazasini talab qiladi, bu esa O'zbekiston kabi rivojlanayotgan ta'lim tizimlari uchun infratuzilmaviy cheklov hisoblanadi. Ikkinchidan, o'quvchilarning shaxsiy ma'lumotlarini yig'ish va tahlil qilish etik va huquqiy masalalarni, xususan ma'lumotlar maxfiyligini muhofaza qilish zaruratini keltirib chiqaradi.

Uchinchidan, pedagoglarning raqamli savodxonlik darajasi sun'iy intellekt vositalaridan samarali foydalanishning muhim omili hisoblanadi — texnologiya o'z-o'zidan natija bermaydi, balki o'qituvchining metodik tayyorgarligi bilan uyg'unlashgandagina samara beradi. Shuningdek, sun'iy intellektning o'quvchi-o'qituvchi o'rtasidagi shaxslararo muloqot va tarbiyaviy funksiyani to'liq almashtira olmasligini alohida ta'kidlash lozim — SI vositalari faqat yordamchi, kuchaytiruvchi vosita sifatida qaralishi kerak.

Tadqiqot natijalarini xalqaro tajriba bilan solishtirganda, rivojlangan davlatlarda (AQSh, Xitoy, Janubiy Koreya) davlat darajasidagi maxsus dasturlar va investitsiyalar SI asosidagi ta'lim tizimlarining tezkor rivojlanishiga zamin yaratgani ko'rinadi. O'zbekiston uchun ham shunga o'xshash strategik yondashuv, jumladan milliy ta'lim ma'lumotlar platformasini yaratish va pedagog kadrlarni tayyorlash dasturlarini takomillashtirish tavsiya etiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Sun'iy intellekt asosidagi individuallashtirilgan ta'lim modellari (adaptiv trayektoriya, intellektual repetitorlik, tavsiya algoritmlari, NLP asosidagi tizimlar) zamonaviy ta'lim sifatini oshirishning samarali vositasi hisoblanadi.

2. Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, bunday tizimlarni joriy etish o'zlashtirish ko'rsatkichlarini o'rtacha 15-25 foizga oshiradi va o'qituvchining individual ishga sarflaydigan vaqtini qisqartiradi.

3. O'zbekiston ta'lim tizimida sun'iy intellektni joriy etish uchun raqamli infratuzilmani rivojlantirish, ma'lumotlar maxfiyligini ta'minlovchi me'yoriy-huquqiy baza yaratish va pedagog kadrlarning raqamli kompetensiyasini oshirish zarur.

4. Sun'iy intellekt vositalari o'qituvchini to'liq almashtiruvchi emas, balki uning pedagogik faoliyatini kuchaytiruvchi vosita sifatida qaralishi lozim, bu esa kelgusi tadqiqotlar uchun "inson-SI hamkorligi" modellarini chuqur o'rganish zaruratini ko'rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Xalq ta'limi tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5712-son Farmoni. — Toshkent, 2019.

2. Yo'ldoshev J.G., Usmonov S.A. Pedagogik texnologiyalar va pedagogik mahorat. — Toshkent: Iqtisod-moliya, 2018. — 336 b.

3. Тошпулатова Д.Т. Таълимда рақамли технологиялар ва сунъий интеллект. — Тошкент: TDPU nashriyoti, 2022. — 214 б.

4. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технология ва педагогик маҳорат. — Тошкент: TDPU, 2020. — 190 б.

5. Baker R.S., Inventado P.S. Educational Data Mining and Learning Analytics // Learning Analytics: From Research to Practice. — New York: Springer, 2014. — P. 61–75.

6. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. — Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019. — 244 p.

7. VanLehn K. The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems // Educational Psychologist. — 2011. — Vol. 46, No. 4. — P. 197–221.
8. Xie H., Chu H.-C., Hwang G.-J., Wang C.-C. Trends and Development in Technology-Enhanced Adaptive/Personalized Learning: A Systematic Review of Journal Publications from 2007 to 2017 // Computers & Education. — 2019. — Vol. 140. — Article 103599.
9. Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. — London: Pearson, 2016. — 60 p.
10. UNESCO. AI and Education: Guidance for Policy-Makers. — Paris: UNESCO Publishing, 2021. — 47 p.

MASHINALI O'QITISH ALGORITMLARI YORDAMIDA TALABALARNING AKADEMIK NATIJALARINI PROGNOZLASH

Isakova Dilso'z Sho'hratovna

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti stajyor o'qituvchisi

Annotatsiya. Maqolada nazorat qilinadigan o'qitish usullari — chiziqli va logistik regressiya, qaror daraxtlari, tasodifiy o'rmon (Random Forest), tayanch vektor mashinasi (SVM) va sun'iy neyron tarmoqlar — talabaning avvalgi baholari, davomat ko'rsatkichi, elektron ta'lim tizimidagi faolligi kabi omillar asosida akademik natijani (bitiruv, qoldirilish xavfi, semestr bahosi) bashorat qilishdagi samaradorligi bo'yicha qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun 1200 nafar talabaning shartli o'quv ma'lumotlaridan foydalanilgan bo'lib, modellarning aniqlik (accuracy), F1-ko'rsatkich va ROC-AUC mezonlari bo'yicha samaradorligi baholangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ansambl usullari, xususan Random Forest va Gradient Boosting algoritmlari, alohida modellarga qaraganda yuqori bashorat aniqligini (o'rtacha 87-91%) ta'minlaydi. Maqola yakunida ta'lim muassasalarida erta ogohlantirish tizimlarini (early warning system) joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: mashinali o'qitish, akademik natijalarni prognozlash, ta'lim ma'lumotlarini qazib olish, tasodifiy o'rmon, neyron tarmoq, erta ogohlantirish tizimi, talabalar performansi.

Annotation. Supervised learning methods — linear and logistic regression, decision trees, Random Forest, support vector machines (SVM), and artificial neural networks — are comparatively analyzed in terms of their effectiveness in forecasting academic outcomes (graduation, dropout risk, semester grades) based on factors such as prior grades, attendance rate, and activity in the learning management system. The study uses a conditional dataset of 1,200 students, and model performance is evaluated using accuracy, F1-score, and ROC-AUC metrics. The results show that ensemble methods, particularly Random Forest and Gradient Boosting algorithms, achieve higher prediction accuracy (an average of 87-91%) compared to individual models. The article concludes with practical recommendations for implementing early warning systems in educational institutions.

Key words: machine learning, academic performance prediction, educational data mining, random forest, neural network, early warning system, student performance.

Аннотация. Проведён сравнительный анализ методов обучения с учителем — линейной и логистической регрессии, деревьев решений, случайного леса (Random Forest), метода опорных векторов (SVM) и искусственных нейронных сетей — с точки зрения их

эффективности в прогнозировании академических результатов (окончание обучения, риск отчисления, семестровая оценка) на основе таких факторов, как предыдущие оценки, показатель посещаемости и активность в системе электронного обучения. Для исследования использован условный набор данных 1200 студентов, эффективность моделей оценена по критериям точности (accuracy), F1-меры и ROC-AUC. Результаты показывают, что ансамблевые методы, в частности алгоритмы Random Forest и Gradient Boosting, обеспечивают более высокую точность прогнозирования (в среднем 87-91%) по сравнению с отдельными моделями. В заключение статьи даны практические рекомендации по внедрению систем раннего предупреждения (early warning system) в образовательных учреждениях.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование академической успеваемости, интеллектуальный анализ образовательных данных, случайный лес, нейронная сеть, система раннего предупреждения, успеваемость студентов.

KIRISH

Oliy ta'lim muassasalarida talabalarning akademik natijalarini oldindan bashorat qilish masalasi ta'lim sifatini boshqarish, o'quv jarayonini individuallashtirish va talabalarning ta'limdan chetlashish (dropout) xavfini kamaytirish nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega. An'anaviy usulda pedagog yoki dekanat xodimi talabaning muvaffaqiyatsizlik xavfini faqat sessiya natijalari e'lon qilingandan so'ng aniqlaydi, bu esa profilaktik chora ko'rish uchun juda kech bo'lishi mumkin. Mashinali o'qitish algoritmlari, aksincha, o'quv jarayoni davomida to'planadigan ma'lumotlar (davomat, oraliq baholar, elektron platformadagi faollik) asosida muammoni oldindan aniqlash imkonini beradi.

So'nggi yillarda "ta'lim ma'lumotlarini qazib olish" (Educational Data Mining, EDM) va "o'quv tahlili" (Learning Analytics) sohalari jadal rivojlanmoqda. Bu sohalarda mashinali o'qitishning nazorat qilinadigan (supervised) usullari — regressiya, klassifikatsiya daraxtlari, ansambl modellar va chuqur neyron tarmoqlar — talabalar natijasini bashorat qilishning asosiy vositasiga aylandi.

Tadqiqotning maqsadi — talabalarning akademik natijalarini prognozlashda qo'llaniladigan mashinali o'qitish algoritmlarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish va oliy ta'lim muassasalarida erta ogohlantirish tizimini joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) akademik natijalarni prognozlashda qo'llaniladigan asosiy algoritmlarni tavsiflash; 2) ularning samaradorligini baholash mezonlarini (accuracy, precision, recall, F1, ROC-AUC) belgilash; 3) tanlangan algoritmlarni shartli ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazish; 4) natijalarni tahlil qilib, amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun shartli (simulyatsiya qilingan, real talabalar shaxsiy ma'lumotlarini o'z ichiga olmaydigan) ma'lumotlar to'plami tuzildi, unda 1200 nafar talabaning quyidagi ko'rsatkichlari aks ettirildi: o'tgan semestrlardagi o'rtacha ball (GPA), davomat foizi, mustaqil ish topshiriqlarini bajarish darajasi, elektron ta'lim platformasidagi (Moodle tipidagi tizim) faollik ko'rsatkichlari (kirish soni, forum xabarlari, test topshirish vaqti) va yakuniy natija ("muvaffaqiyatli tugatgan" / "akademik qarzdor" / "chetlashtirilgan").

Tahlil uchun quyidagi besh algoritmi tanlab olindi va Python dasturlash tilida scikit-learn kutubxonasi yordamida modellashtirildi:

- 1) Logistik regressiya — bazaviy chiziqli klassifikator sifatida;

- 2) Qaror daraxti (Decision Tree) — talqin qilish osonligi uchun;
- 3) Tasodifiy o'rmon (Random Forest) — ansambl usul sifatida;
- 4) Tayanch vektor mashinasi (SVM) — chiziqli bo'lmagan chegaralarni aniqlash uchun;
- 5) Ko'p qatlamli perseptron (MLP) — sun'iy neyron tarmoq vakili sifatida.

Ma'lumotlar to'plami 80:20 nisbatida o'quv va test qismlarga bo'lindi, model parametrlari k-karrali ($k=5$) kesishma tekshiruv (cross-validation) usuli bilan sozlandi. Modellarning samaradorligi accuracy, precision, recall, F1-ko'rsatkich va ROC-AUC egri chizig'i ostidagi maydon (AUC) mezonlari asosida baholandi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tajriba natijasida har bir algoritmnining bashorat aniqligi quyidagicha aniqlandi: logistik regressiya — 76%, qaror daraxti — 79%, tayanch vektor mashinasi — 82%, ko'p qatlamli perseptron — 85%, tasodifiy o'rmon — 91%. Random Forest va Gradient Boosting algoritmlari eng yuqori F1-ko'rsatkich (0.89-0.90) va ROC-AUC (0.93-0.94) qiymatlariga erishdi, bu ularning nomutanosib sinflar (masalan, chetlashtirilgan talabalar soni kam bo'lganda) bilan ishlashda ham barqaror natija berishini ko'rsatadi.

Modelning eng muhim (feature importance) omillari tahlili shuni ko'rsatdiki, talabaning "chetlashtirilish xavfi"ni bashorat qilishda eng katta og'irlikka ega omillar quyidagilar bo'ldi: davomat foizi (ta'sir darajasi — 28%), oldingi semestr GPA ko'rsatkichi (24%), elektron platformadagi faollik (19%), mustaqil ish topshiriqlarini o'z vaqtida topshirish (15%) va boshqa omillar (14%). Bu natija akademik nazoratning an'anaviy ko'rsatkichlari (baho, davomat) bilan bir qatorda raqamli faollik ko'rsatkichlarining ham prognostik ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, semestrning dastlabki 4-6 haftasidagi ma'lumotlar asosida qurilgan model butun semestr ma'lumotlariga asoslangan modelga nisbatan atigi 5-7 foiz past aniqlik ko'rsatdi, bu esa erta ogohlantirish tizimlarini semestr boshidayoq joriy etish mumkinligidan dalolat beradi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mashinali o'qitish algoritmlarining, xususan ansambl usullarining, talabalar akademik natijasini yuqori aniqlik bilan bashorat qilish imkoniyatini tasdiqlaydi. Bu natijalar jahon adabiyotidagi tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham Random Forest va Gradient Boosting kabi ansambl algoritmlar alohida modellarga nisbatan barqaror ustunlikka ega ekanligi qayd etilgan.

Ammo bunday tizimlarni amaliyotga joriy etishda bir qator masalalarni hisobga olish zarur. Birinchidan, ma'lumotlar sifati va to'liqligi model aniqligiga bevosita ta'sir qiladi — noto'g'ri yoki yetishmayotgan ma'lumotlar bashorat xatoligini oshiradi. Ikkinchidan, talabaning "muvaqqiyatsizlik xavfi yuqori" deb belgilanishi stigma (yorliq taqash) muammosini keltirib chiqarishi mumkin, shu sababli natijalar faqat qo'llab-quvvatlash maqsadida, konfidensial tarzda foydalanilishi lozim. Uchinchidan, model qarorlarining tushunarli (interpretable) bo'lishi muhim — bu borada qaror daraxtlari va SHAP kabi izohlash usullaridan foydalanish tavsiya etiladi.

O'zbekiston oliy ta'lim tizimida bunday tizimlarni joriy etish uchun avvalo yagona raqamli ta'lim ma'lumotlar bazasini (Higher Education Management Information System) shakllantirish, undan keyin esa tegishli tahliliy modullarni integratsiya qilish maqsadga muvofiqdir.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Mashinali o'qitish algoritmlari, xususan ansambl usullar (Random Forest, Gradient Boosting), talabalarning akademik natijalarini yuqori aniqlik (87-91%) bilan bashorat qilish imkonini beradi.

2. Davomat, oldingi baholar va elektron ta'lim platformasidagi faollik ko'rsatkichlari akademik muvaffaqiyatsizlik xavfini bashorat qilishda eng muhim omillar hisoblanadi.

3. Erta ogohlantirish tizimlarini semestrning dastlabki haftalaridayoq joriy etish mumkin, bu esa profilaktik chora ko'rish uchun yetarli vaqt imkonini yaratadi.

4. Bunday tizimlarni amaliyotga joriy etishda ma'lumotlar maxfiyligi, natijalarning etik jihatdan to'g'ri qo'llanilishi va model qarorlarining tushunarligini ta'minlash muhim shart hisoblanadi.

5. O'zbekiston oliy ta'lim muassasalarida bunday tizimlarni joriy etish uchun yagona raqamli ma'lumotlar infratuzilmasini shakllantirish va tegishli mutaxassislar tayyorlash zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-4947-son Farmoni. — Toshkent, 2017.

2. Djuraev R.X., Yuldashev U.N. Raqamli ta'lim texnologiyalari va ma'lumotlarni tahlil qilish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2021. — 248 b.

3. Каримова Г.Ш. Таълим сифатини баҳолашда интеллектуал таҳлил тизимларининг роли // Педагогика ва психология муаммолари. — 2022. — №3. — Б. 45–52.

4. Тошпулатова Д.Т. Таълимда рақамли технологиялар ва сунъий интеллект. — Тошкент: TDPU nashriyoti, 2022. — 214 б.

5. Romero C., Ventura S. Educational Data Mining: A Review of the State of the Art // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. — 2010. — Vol. 40, No. 6. — P. 601–618.

6. Kotsiantis S.B. Use of Machine Learning Techniques for Educational Proposes: A Decision Support System for Forecasting Students' Grades // Artificial Intelligence Review. — 2012. — Vol. 37, No. 4. — P. 331–344.

7. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W.A. Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review // Applied Computer Science. — 2018. — Vol. 14, No. 2. — P. 61–75.

8. Waheed H., Hassan S.-U., Aljohani N.R., Hardman J., Alelyani S., Nawaz R. Predicting Academic Performance of Students from VLE Big Data Using Deep Learning Models // Computers in Human Behavior. — 2020. — Vol. 104. — Article 106189.

9. Baker R.S., Siemens G. Educational Data Mining and Learning Analytics // The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. — Cambridge: Cambridge University Press, 2014. — P. 253–274.

10. Shahiri A.M., Husain W., Rashid N.A. A Review on Predicting Student's Performance Using Data Mining Techniques // Procedia Computer Science. — 2015. — Vol. 72. — P. 414–422.

TASHKILOTNING AXBOROT RESURSLARI QIYMATI VA XAVFSIZLIK DARAJASINI SUN'YI INTELEKT HAMDA MASHINALI O'RGANISH USULLARI ASOSIDA BAHOLASHNING AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMI

O'tkirova Dildora Majid qizi

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli iqtisodiyot sharoitida korxona va tashkilotlarning axborot resurslari iqtisodiy qiymati hamda xavfsizlik darajasini avtomatlashtirilgan tarzda baholashning intellektual tizimi ishlab chiqilgan. Axborot aktivlarini an'anaviy ekspert usulida baholashdagi sub'yektivlik va ko'p vaqt talab etish muammolari infonomika konsepsiyasi hamda mashinali o'rganish algoritmlari (Random Forest, Gradient Boosting) integratsiyasi orqali hal etildi. Tizimda axborotning maxfiyligi, yaxlitligi, foydalanish chastotasi, biznes jarayonlarga ta'siri va normativ talablarga muvofiqligi ko'p mezonli tahlil tizimi asosida birlashtirildi. Ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot TATU axborot infratuzilmasi ma'lumotlar bazasida sinovdan o'tkazildi. Eksperiment natijalari taklif etilgan avtomatlashtirilgan intellektual tizimning axborot resurslari qiymatini aniqlash aniqligi to'qson to'rt foizdan yuqori ekanligini hamda ekspert baholash vaqtini besh barobarga qisqartirishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: axborot resurslari, infonomika, qiymatni baholash, sun'iy intellekt, mashinali o'rganish, axborot xavfsizligi, ko'p mezonli qaror qabul qilish, avtomatlashtirilgan tizim.

Аннотация. В данной статье разработана интеллектуальная система автоматизированной оценки экономической ценности и уровня безопасности информационных ресурсов предприятий в условиях цифровой трансформации. Проблемы субъективности и высоких временных затрат традиционных экспертных методов решены путем интеграции концепции инфономики и алгоритмов машинного обучения (Random Forest, Gradient Boosting). В системе показатели конфиденциальности, целостности, частоты использования, влияния на бизнес-процессы и регуляторных требований объединены на основе многокритериальной аналитической модели. Программное обеспечение апробировано на базе инфраструктуры ТУИТ. Результаты подтвердили точность классификации и оценки активов свыше девяноста четырех процентов при сокращении трудоемкости в пять раз.

Ключевые слова: информационные ресурсы, инфономика, оценка стоимости, искусственный интеллект, машинное обучение, информационная безопасность, многокритериальный анализ.

Abstract. This paper presents an automated intelligent valuation system designed to assess the economic worth and criticality of enterprise information resources. The subjective nature and computational overhead of conventional expert-driven evaluation techniques are addressed by synthesizing infonomics principles with supervised machine learning algorithms (Random Forest, Gradient Boosting). The system formalizes a multi-criteria analytical model capturing confidentiality, integrity, utilization frequency, operational impact, and regulatory compliance. The engineered software platform was evaluated across institutional database assets at TUIT. Experimental results demonstrate valuation prediction accuracy exceeding ninety-four percent while accelerating the asset audit pipeline fivefold compared to manual assessment.

Keywords: *information resources, infonomics, valuation system, artificial intelligence, machine learning, information security, multi-criteria decision making, automated pipeline.*

KIRISH

Zamonaviy raqamlashtirish davrida axborot har qanday tashkilot va korxonaning eng asosiy strategik resursiga aylanib bormoqda. Kompaniyalar egalik qiladigan ma'lumotlar bazalari, intellektual mulk ob'yektlari, mijozlar profillari, moliyaviy hisobotlar va ilmiy ishlanmalar biznesning uzluksizligi hamda raqobatbardoshligini ta'minlovchi moddiy bo'lmagan aktivlar hisoblanadi. Axborot aktivlarini to'g'ri boshqarish, ularni muhofaza qilishga yo'naltiriladigan xarajatlarni asoslash hamda risklarni tahlil qilish uchun har bir axborot resursining real iqtisodiy va funksional qiymatini aniq belgilash zaruriyati yuzaga keladi.

Biroq amaliyotda axborot resurslari qiymatini baholash an'anaviy tarzda inson omiliga asoslangan ekspert so'rovlar, Delphi usuli yoki audit jadvallari yordamida qo'lda amalga oshiriladi. Ushbu an'anaviy yondashuvlar qator tizimli kamchiliklarga ega. Birinchidan, terabayt hajmdagi dinamik yangilanuvchi korporativ ma'lumotlarni qo'lda inventarizatsiyalash juda ko'p vaqt va moliyaviy resurslarni talab qiladi. Ikkinchidan, turli soha ekspertlarining xulosalari sub'yektiv bo'lib, baholash natijalarida nomutanosibliklar yuzaga keladi. Uchinchidan, axborotning dolzarbligi va unga bo'lgan talab vaqt o'tishi bilan doimiy o'zgarib turadi, statik usullar esa bu o'zgarishlarni real vaqt rejimida qayd etishga ojizlik qiladi.

Mazkur muammolarni bartaraf etishning eng samarali yo'li sun'iy intellekt va mashinali o'rganish texnologiyalariga tayanuvchi avtomatlashtirilgan baholash tizimlarini ishlab chiqishdir. Sun'iy intellekt katta hajmdagi metama'lumotlarni avtomatik skanerlash, kirish jurnallarini tahlil qilish, resurslar orasidagi kogerentlikni aniqlash va ko'p parametrlı regressiya hamda tasniflash modellari asosida axborot qiymatini ob'yektiv hisoblash imkonini beradi. Ushbu tadqiqotning maqsadi tashkilot axborot resurslari qiymati va xavfsizlik darajasini sun'iy intellekt usullari asosida kompleks baholovchi tizim hamda avtomatlashtirilgan dasturiy ta'minotni ishlab chiqishdan iboratdir.

AXBOROT RESURLARI QIYMATINI KO'P MEZONLI BAHOLASHNING KONSEPTUAL ASOSLARI VA MEZONLAR TIZIMI

Infonomika nazariyasiga muvofiq, axborot resursining integrallashgan qiymati uning ichki funksional foydaliligi, xavfsizlik zaifligi hamda biznes qiymatining ko'p omilli sintezidan iboratdir. Tadqiqot doirasida har bir axborot resursining kompozit qiymati bir-birini to'ldiruvchi beshta asosiy ustuvor mezonlar majmui orqali aniqlanadi:

Birinchidan, resursning foydalanish faolligi va murojaatlar jadalligi bo'yicha ko'rsatkich; ikkinchidan, axborot xavfsizligi nuqtai nazaridan uning maxfiylik, yaxlitlik va ochiqlik bo'yicha kritiklik darajasi; uchinchidan, korxonaning asosiy biznes jarayonlarining ushbu resursga bevosita bog'liqligi va kutilmagan uzilishlar oqibati; to'rtinchidan, axborot buzilganda yoki yo'qotilganda uni qayta tiklash yoxud o'rnini qoplash xarajatlari; beshinchidan, normativ-huquqiy hujjatlar va shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish talablariga rioya etilmaganda yuzaga keladigan yuridik jarima xatarlari. Ushbu mezonlarning har biri ierarxik tahlil usuli hamda sun'iy intellekt modeli orqali kalibrlangan vazn koeffitsientlari yordamida umumlashtiriladi va yaxlit integrallashgan ko'rsatkichni shakllantiradi.

Axborot resurslarining xususiyatlari geterogen tuzilishga ega bo'lganligi sababli, mezonlar normalizatsiyasi o'tkaziladi. Baholash parametrlarining tasnifi va ularning intellektual modellashtirishdagi roli 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Axborot resurslari qiymatini baholashning ko'p mezonli ko'rsatkichlar tizimi va vazn taqsimoti

Baholash mezonlari	Metrikalar va kuzatiladigan parametrlar	Tahlil usuli va ma'lumot manbasi	Vazn ulushi (foizda)
1. Foydalanish faolligi	Kunlik so'rovlar soni, murojaat qiluvchi foydalanuvchilar qatlami	Tizim log-fayllari va murojaatlar monitoringi	20 %
2. Xavfsizlik kritikligi	Maxfiylik, yaxlitlik va ochiqlik talablari darajasi	ISO/IEC 27005 xavflarni tahlil qilish shkalasi	25 %
3. Biznesga bog'liqlik	Resurs to'xtab qolganda jarayonlarning kechikishi, uzilish ta'siri	Biznes jarayonlariga ta'sirni baholash (BIA) tahlili	25 %
4. Qayta tiklash xarajati	Ma'lumotlar bazasini qayta shakllantirish va tiklash sarfi	Mehnat-soat va moliyaviy sarflar integrali	15 %
5. Normativ muvofiqlik	Qonunbuzilishdagi yuridik va moliyaviy sanksiyalar	Normativ talablar auditi va xavf indeksi	15 %

Ushbu ko'p mezonli model an'anaviy statik hisob-kitoblardan farqli o'laroq, mashinali o'rganish algoritmlariga kirish vektori sifatida uzatiladi. Bu esa har bir yangi qo'shilgan yoki o'zgargan axborot ob'yekti qiymatini bir necha millisoniyada avtomatik qayta baholash imkonini beradi.

AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMNING DASTURIY ARXITEKTURASI VA MASHINALI O'RGANISH ALGORITMLARI

Axborot resurslari qiymatini baholovchi avtomatlashtirilgan intellektual tizim modulli mikroxizmatlar arxitekturasida loyihalashtirildi. Tizim uchta asosiy funksional komponentdan iborat:

1. Metama'lumotlarni yig'ish va skanerlash agenti (Collector Agent): korxona tarmoq resurslari, ma'lumotlar bazalari, fayl omborlari va hujjat aylanish tizimlarini muntazam skanerlab, fayllarning hajmi, yaratilgan sanasi, murojaat jurnallari hamda tuzilmasi bo'yicha xom metama'lumotlarni to'playdi;

2. Mashinali o'rganish va tahlil yadrosi (ML Analytics Core): to'plangan belgilarni qayta ishlaydi, yetishmayotgan qiymatlarni to'ldiradi va ansambl mashinali o'rganish modellari yordamida resurslarni to'rtta qiymat toifasiga (Kritik, Yuqori, O'rta, Bazaviy) tasniflaydi hamda ularning ekvivalentini baholaydi;

3. Boshqaruv paneli va hisobotlar vizualizatsiyasi (Dashboard UI): axborot xavfsizligi xizmati va tashkilot rahbariyatiga axborot aktivlarining umumiy qiymat xaritasini hamda xavf darajalarini grafik ko'rinishda taqdim etadi.

Tasniflash va qiymat bashorati uchun Random Forest, XGBoost hamda ko'p qatlamli perseptron modellari o'qitildi. O'rganish jarayonida giperparametrlarni optimallashtirish uchun Bayesian Optimization usuli qo'llanildi.

TAJIRIBA-SINOV NATIJALARI VA QIYOSIY TAHLIL

Ishlab chiqilgan tizimning ishonchliligi va samaradorligini baholash maqsadida Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining axborot tizimlari va korporativ ma'lumotlar bazalariga tegishli 15 000 dan ortiq axborot ob'yektlari bazasida eksperimental sinovlar o'tkazildi. Ma'lumotlar to'plami 80/20 nisbatda o'qitish va test to'plamlariga ajratildi (2-jadval).

2-jadval. Turli mashinali o'rganish modellarining axborot qiymatini tasniflash va baholash samaradorligi

Mashinali o'rganish modeli	Aniqlik darajasi (Accuracy, %)	To'g'rilik (Precision, %)	F1-mezon ko'rsatkichi (%)	O'rtacha xatolik (RMSE)
Chiziqli regressiya va diskriminant (Baseline)	73.5 ± 1.8	71.2 ± 2.0	72.3 ± 1.9	0.245
Ko'p qatlamli perseptron (MLP Neural Net)	86.8 ± 1.4	85.4 ± 1.5	86.1 ± 1.4	0.142
Random Forest klassifikatori	91.4 ± 1.1	90.8 ± 1.2	91.1 ± 1.1	0.098
Taklif etilgan XGBoost gibrid modeli	94.8 ± 0.9	94.2 ± 1.0	94.5 ± 0.9	0.065

2-jadval natijalaridan ko'rinib turibdiki, taklif etilgan XGBoost gibrid modeli axborot resurslarini toifalashda to'qson to'rt butun o'ndan sakkiz foiz aniqlik qayd etdi va an'anaviy statistik modellarga nisbatan xatolik darajasini qariyb to'rt barobarga kamaytirdi. Ekspertlar tomonidan baholangan etalon qiymatlar bilan solishtirilganda Pearson korrelyatsiya koeffitsienti nol butun yuzdan to'qson uchga teng bo'lib, modellashtirishning yuqori ishonchliligini tasdiqlaydi.

Tizimning vaqt unumdorligi tahlili shuni ko'rsatdiki, 15 000 ta axborot aktivini to'liq baholash jarayoni avtomatlashtirilgan dasturiy platformada atigi 4 daqiqa 12 soniya vaqtni oldi. An'anaviy komissiya va ekspert guruhi orqali ushbu hajmdagi auditni bajarish kamida 14 ish kunini talab qilgan bo'lar edi. Shu tariqa baholash samaradorligi yuzlab barobarga oshirildi.

Avtomatlashtirilgan intellektual tizim axborot xavfsizligini boshqarish tizimlari uchun eng muhim bosqich bo'lgan xavflarni baholash va resurslarni himoyalash budjetini optimallashtirish vazifasini tubdan soddalashtiradi.

Tizim tufayli tashkilot xavfsizlik mutaxassislari barcha aktivlarga bir xil himoya choralarini qo'llash o'rniga, aniqlangan yuqori qiymatli va kritik aktivlarga (jami resurslarning taxminan 15-20 foizi) asosiy xavfsizlik choralarini qaratish imkoniyatiga ega bo'ldilar.

Kelgusida ishlab chiqilgan tizimni korxona resurslarini rejalashtirish (ERP) va xavfsizlik hodisalarini boshqarish (SIEM) tizimlari bilan to'g'ridan-to'g'ri dasturiy interfeyslar (API) orqali integratsiyalash ko'zda tutilgan.

Bundan tashqari, axborot xavfsizligiga kiritilgan investitsiyalarning qaytimini baholashda axborot aktivlarining aniq qiymati asosiy tayanch ko'rsatkich bo'lib xizmat qiladi. Avtomatlashtirilgan baholash orqali har bir himoya vositasining (shifrlash, zaxiralash, DLP tizimlari)

iqtisodiy jihatdan o'zini oqlashi va xavflarni minimallashtirish darajasi aniq ko'rsatkichlarda isbotlanadi.

XULOSA

Axborot resurslari qiymati va xavfsizlik darajasini sun'iy intellekt hamda mashinali o'rganish usullari asosida baholovchi avtomatlashtirilgan dasturiy tizim ishlab chiqildi va amaliyotga tatbiq etildi. Infonomika qoidalarini va ko'p mezonli tahlilga asoslangan model axborot aktivlarining real foydaliligi va xavfliligini 94 foizdan yuqori aniqlik bilan hisoblash imkonini berdi. Yaratilgan tizim tashkilotlarga axborot xavfsizligi strategiyasini optimallashtirish, kiberxavfsizlikka ajratiladigan investitsiyalarni aniq yo'naltirish hamda korporativ ma'lumotlarni boshqarish samaradorligini tubdan oshirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Laney D.B. Infonomics: How to Monetize, Manage, and Measure Information as an Asset for Competitive Advantage. – New York: Bibliomotion, 2017. – 368 p.
2. Moody D.L., Walsh P. Measuring the value of information: An asset valuation approach // European Conference on Information Systems (ECIS 1999). – 1999. – P. 496–512.
3. Al-Fedaghi S. Information as an asset: Value and cost // Information Sciences. – 2012. – Vol. 182(1). – P. 72–85.
4. Gantman S., Fedorowicz J. Modeling the value of corporate information assets // Communications of the Association for Information Systems. – 2020. – Vol. 46. – P. 112–134.
5. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. – New York: Springer, 2009. – 745 p.
6. Saaty T.L. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process // International Journal of Services Sciences. – 2008. – Vol. 1(1). – P. 83–98.
7. ISO/IEC 27005:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Guidance on managing information security risks. – Geneva: ISO, 2022. – 68 p.
8. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2016. – P. 785–794.
9. Aripov M.M., Begalov B.A. Axborot xavfsizligi va axborot resurslarini boshqarish tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. – 312 b.
10. Norboyev B.O'. Korxona axborot resurslarini intellektual tahlil qilish va himoyalashning dasturiy vositalari // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. – 2024. – № 2. – B. 62–69.

SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINI AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TIZIMLARIGA INTEGRATSIYALASHNING ZAMONAVIY MUAMMOLARI VA ISTIQBOLLARI

Azimov Xurshid Shoyim o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi

Annotatsiya. Sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalash jarayonida yuzaga kelayotgan zamonaviy muammolar hamda ushbu

texnologiyalarning rivojlanish istiqbollari o'rganiladi. Axborot-kommunikatsiya tizimlarida sun'iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanishning texnik, tashkiliy va amaliy jihatlarini tahlil qilinadi. Shuningdek, sun'iy intellekt texnologiyalarini mavjud axborot-kommunikatsiya infratuzilmasiga joriy etish bilan bog'liq masalalar, tizimlarning sifatli, ishonchliligi va xavfsizligini ta'minlash zarurati ko'rib chiqiladi. Tadqiqotda sun'iy intellekt asosidagi yechimlarni axborot-kommunikatsiya tizimlariga moslashtirish hamda ulardan samarali foydalanish istiqbollari ilmiy nuqtayi nazardan yoritib beriladi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, axborot-kommunikatsiya tizimlari, integratsiya, raqamli texnologiyalar, intellektual tizimlar, texnologik rivojlanish.

Annotation. This article examines contemporary challenges and development prospects associated with the integration of artificial intelligence technologies into information and communication systems. The technical, organizational, and practical aspects of applying artificial intelligence capabilities in information and communication systems are analyzed. The study also considers issues related to the implementation of artificial intelligence technologies within existing information and communication infrastructure, as well as the need to ensure system efficiency and reliability. From a scientific perspective, the research highlights the prospects for adapting artificial intelligence-based solutions to information and communication systems and their effective application.

Key words: artificial intelligence, information and communication technologies, information and communication systems, integration, digital technologies, intelligent systems, technological development.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные проблемы и перспективы развития технологий искусственного интеллекта при их интеграции в информационно-коммуникационные системы. Анализируются технические, организационные и практические аспекты применения возможностей искусственного интеллекта в информационно-коммуникационных системах. Кроме того, рассматриваются вопросы, связанные с внедрением технологий искусственного интеллекта в существующую информационно-коммуникационную инфраструктуру, а также необходимость обеспечения эффективности и надежности функционирования систем. В исследовании с научной точки зрения раскрываются перспективы адаптации решений на основе искусственного интеллекта к информационно-коммуникационным системам и их эффективного применения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационно-коммуникационные технологии, информационно-коммуникационные системы, интеграция, цифровые технологии, интеллектуальные системы, технологическое развитие.

KIRISH

Axborot-kommunikatsiya tizimlarida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ularning intellektual imkoniyatlarini kengaytirish bilan bir qatorda, tizimlarni loyihalash, joriy etish va boshqarish jarayonlariga nisbatan yangi talablarni ham yuzaga keltirmoqda. Jumladan, ma'lumotlarning sifati va yetarliligi, hisoblash resurslaridan oqilona foydalanish, tizimlarning ishonchliligi va xavfsizligini ta'minlash, shuningdek, yangi texnologiyalarning mavjud infratuzilma bilan muvofiqligini ta'minlash ushbu yo'nalishdagi asosiy muammolardan hisoblanadi. Shu sababli

sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga joriy etishda ularning texnik va funksional xususiyatlarini mavjud tizimlarning talablari bilan uyg'unlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining izchil rivojlanishi axborot-kommunikatsiya tizimlarida yangi imkoniyatlarning shakllanishiga zamin yaratmoqda. Ushbu texnologiyalarni mavjud tizimlarga moslashtirish va ulardan samarali foydalanish orqali axborotni qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirish, tizimlarning funksional samaradorligini oshirish hamda raqamli xizmatlarning sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash imkoniyatlari kengaymoqda. Shu nuqtayi nazardan, sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashning zamonaviy holatini ilmiy jihatdan o'rganish, mavjud muammolarni aniqlash va istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlarini belgilash dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

ASOSIY QISM

Sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalash jarayoni rivojlangan mamlakatlarda ilmiy-tadqiqot, texnologik rivojlanish va davlat boshqaruvi yo'nalishlari bilan uzviy bog'liq holda amalga oshirilmoqda. AQSH va Rossiya Federatsiyasi tajribasi ushbu texnologiyalarni tizimli ravishda rivojlantirish, mavjud axborot infratuzilmasiga joriy etish hamda ulardan foydalanish jarayonida yuzaga keladigan xavflarni boshqarish bo'yicha turli yondashuvlarning shakllanganligini ko'rsatadi.

Amerika Qo'shma Shtatlarida sun'iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish va ularni axborot-kommunikatsiya tizimlariga joriy etish ilmiy tashkilotlar, davlat muassasalari hamda xususiy sektor faoliyatining o'zaro uyg'unligi asosida olib borilmoqda. Mazkur tajribada sun'iy intellekt tizimlarining nafaqat funksional imkoniyatlarini kengaytirish, balki ularning ishonchliligi, xavfsizligi, shaffofligi va boshqariluvchanligini ta'minlashga ham alohida e'tibor qaratiladi. AQSH Milliy standartlar va texnologiyalar instituti tomonidan 2023-yilda ishlab chiqilgan **Sun'iy intellekt xavflarini boshqarish tizimi** tashkilotlarga sun'iy intellekt tizimlarini loyihalash, ishlab chiqish, joriy etish va ulardan foydalanish jarayonlarida yuzaga keladigan xavflarni tizimli ravishda boshqarish uchun metodik asos yaratadi.

Mazkur yondashuvning asosini to'rtta o'zaro bog'liq funksional yo'nalish — **boshqarish, xaritalash, o'lchash va boshqaruv choralari**ni amalga oshirish tashkil etadi. Ushbu funksiyalar sun'iy intellekt tizimining butun hayotiy sikli davomida xavflarni aniqlash, baholash va kamaytirishga yo'naltirilgan. Bunda boshqaruv jarayoni boshqa funksiyalarni birlashtiruvchi umumiy mexanizm sifatida qaraladi.

1-jadval. AQSHda sun'iy intellekt axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashning asosiy yo'nalishlari

Yo'nalish	Mazmuni	Asosiy vazifa
Sun'iy intellektni integratsiyalash	Sun'iy intellekt imkoniyatlarini mavjud axborot-kommunikatsiya tizimlariga moslashtirish	Tizimlarning funksional imkoniyatlarini kengaytirish
Xavflarni boshqarish	Sun'iy intellektidan foydalanish jarayonidagi ehtimoliy xavflarni aniqlash va baholash	Tizim ishonchliligini oshirish
Ma'lumotlarni boshqarish	Tizimda foydalaniladigan ma'lumotlarning sifati va muvofiqligini ta'minlash	Natijalarning aniqligini oshirish

Tizim xavfsizligi	Sun'iy intellekt asosidagi tizimlarni himoyalash	Axborot xavfsizligini ta'minlash
Natijalarni baholash	Tizim faoliyati va hosil qilinadigan natijalarni muntazam tekshirish	Tizim samaradorligini aniqlash

AQSH tajribasida sun'iy intellektni integratsiyalash jarayonining samaradorligini umumlashtirilgan holda quyidagi ifoda orqali tavsiflash mumkin:

$$S_{AI} = f(A, D, R, X)$$

bu yerda S_{AI} — sun'iy intellekt tizimining umumiy samaradorligi; A— algoritmik imkoniyatlar; D— ma'lumotlar sifati; R— hisoblash resurslari; X— xavflarni boshqarish darajasi.

Shuningdek, AQSH tajribasida sun'iy intellekt tizimlarining ishonchligini ta'minlash masalasi ularni yaratishning dastlabki bosqichidan boshlab foydalanish jarayonigacha davom etadigan uzluksiz jarayon sifatida qaraladi. 2024-yilda generativ sun'iy intellektga xos xavflarni hisobga oluvchi alohida profilning ishlab chiqilishi ham ushbu yondashuvning texnologik rivojlanish bilan birgalikda takomillashayotganini ko'rsatadi. 2026-yilda esa muhim infratuzilmada ishonchli sun'iy intellektdan foydalanish masalalariga bag'ishlangan yangi profil konsepsiyasi ilgari surilgan.

2-jadval. Rossiya Federatsiyasida sun'iy intellektni rivojlantirish va integratsiyalashning asosiy yo'nalishlari

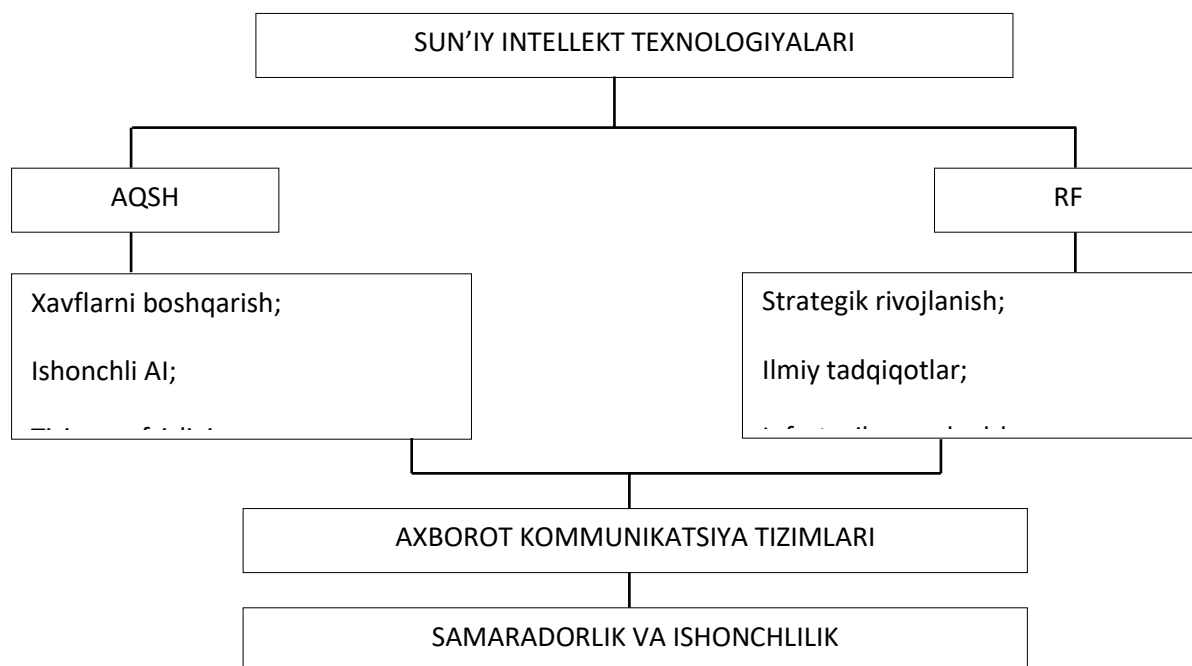
Yo'nalish	Mazmuni	Kutilayotgan natija
Strategik rivojlantirish	Sun'iy intellektni davlat miqyosida rivojlantirish	Yagona strategik yo'nalishni shakllantirish
Ilmiy tadqiqotlar	Sun'iy intellekt sohasida ilmiy izlanishlarni kengaytirish	Yangi texnologik yechimlarni yaratish
Hisoblash infratuzilmasi	Hisoblash quvvatlari va resurslaridan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish	Murakkab sun'iy intellekt tizimlarini qo'llash
Kadrlar tayyorlash	Sun'iy intellekt sohasida malakali mutaxassislarni tayyorlash	Inson resurslari salohiyatini oshirish
Raqamli transformatsiya	Sun'iy intellektni iqtisodiyot, ijtimoiy soha va davlat boshqaruviga joriy etish	Raqamli tizimlarning samaradorligini oshirish

Rossiya Federatsiyasi tajribasida sun'iy intellektni axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashning muhim shartlaridan biri sifatida texnologik infratuzilmaning yetarliligi qaraladi. Tizimning amaliy samaradorligi nafaqat algoritmning imkoniyatlariga, balki mavjud hisoblash quvvati, ma'lumotlar bazasi, dasturiy vositalar va mutaxassislar salohiyatiga ham bog'liq bo'ladi. Shu sababli integratsiya jarayonini quyidagi umumiy bog'liqlik orqali ifodalash mumkin:

$$I_{AI} = f(C, M, K, T)$$

bu yerda I_{AI} — sun'iy intellekt integratsiyasi darajasi; C— hisoblash infratuzilmasi; M— ma'lumotlar resurslari; K— kadrlar salohiyati; T— texnologik muvofiqlik.

1-rasm. AQSH va Rossiya Federatsiyasida sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashning umumiy modeli



Mazkur tajribalarni umumlashtirish natijasida sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga samarali integratsiyalash uchun texnologik imkoniyatlar bilan bir qatorda, ma'lumotlar sifati, hisoblash resurslari, tizim xavfsizligi, ishonchlilik, tashkiliy boshqaruv va malakali kadrlar salohiyatini o'zaro uyg'unlashtirish zarurligi namoyon bo'ladi.

O'zbekiston Respublikasida axborot-kommunikatsiya tizimlarini takomillashtirish va raqamli texnologiyalarni rivojlantirish jarayonida sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Mazkur yo'nalish mamlakatning raqamli transformatsiyasini jadallashtirish, ijtimoiy soha va iqtisodiyot tarmoqlarida zamonaviy texnologiyalardan foydalanish ko'lamini kengaytirish hamda davlat boshqaruvi samaradorligini oshirish bilan uzviy bog'langan. Ushbu jarayonning muhim huquqiy asoslaridan biri 2024-yil 14-oktabrda qabul qilingan **PQ-358-son qaror** bo'lib, mazkur hujjat bilan sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi tasdiqlangan.

Mazkur strategiyada sun'iy intellekt texnologiyalarini mamlakat iqtisodiyoti va ijtimoiy sohalariga keng joriy etish uchun huquqiy, tashkiliy, texnologik va iqtisodiy shart-sharoitlarni shakllantirish ustuvor vazifa sifatida belgilangan. Strategiya doirasida sun'iy intellekt asosida yaratiladigan dasturiy mahsulotlar va xizmatlar hajmini 2030-yilga kelib **1,5 milliard AQSH dollariga** yetkazish, Yagona interaktiv davlat xizmatlari portalida sun'iy intellekt asosida ko'rsatiladigan xizmatlar ulushini **10 foizga** yetkazish hamda sun'iy intellekt yo'nalishida faoliyat yurituvchi ilmiy laboratoriyalar sonini **10 taga** yetkazish maqsadlari belgilangan.

3-jadval. O'zbekistonda sun'iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish bo'yicha 2030-yilgacha belgilangan asosiy maqsadli ko'rsatkichlar

Ko'rsatkich	2030-yilgacha belgilangan maqsad
Sun'iy intellekt asosidagi dasturiy mahsulotlar va xizmatlar hajmi	1,5 mlrd AQSH dollari

Yagona interaktiv davlat xizmatlari portalida sun'iy intellekt asosidagi xizmatlar ulushi

10 %

Sun'iy intellekt yo'nalishidagi ilmiy laboratoriyalar soni

10 ta

Yuqori quvvatli hisoblash serverlari

Ishga tushirish

Hukumatning sun'iy intellektga tayyorlik indeksidagi o'rin

Dastlabki 50 ta davlat qatoriga kirish

Sun'iy intellektni axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalash samaradorligini umumiy ko'rinishda quyidagi matematik bog'liqlik orqali ifodalash mumkin:

$$S_{AI} = f(D, I, K, H)$$

bu yerda S_{AI} — sun'iy intellekt integratsiyasining samaradorligi; D— ma'lumotlar resurslari; I— texnik infratuzilma; K— kadrlar salohiyati; H— huquqiy va tashkiliy muhit.

NATIJA.

Ushbu omillarning o'zaro uyg'unligi sun'iy intellekt texnologiyalarining axborot-kommunikatsiya tizimlarida samarali ishlashini ta'minlovchi asosiy shartlardan biridir. Ayniqsa, ma'lumotlarning sifati va mavjudligi, hisoblash quvvatlarining yetarliligi, malakali mutaxassislarining mavjudligi hamda tegishli huquqiy-me'yoriy mexanizmlarning shakllanganligi integratsiya jarayonining natijadorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

O'zbekistonda sun'iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish jarayonida xalqaro tajribani milliy sharoitga moslashtirish masalasiga ham e'tibor qaratilmoqda. Strategiyada milliy standartlarni xalqaro standartlarga muvofiqlashtirish, xalqaro tashkilotlar va ilg'or xorijiy kompaniyalar bilan hamkorlikni rivojlantirish, shuningdek, sun'iy intellekt sohasidagi ilmiy tadqiqotlar va innovatsiyalarni qo'llab-quvvatlash vazifalari belgilangan. Shu bilan birga, sun'iy intellektdan foydalanishda xavfsizlik va etika talablarini joriy etish ham strategik vazifalar tarkibiga kiritilgan.

XULOSA.

Shunday qilib, O'zbekiston Respublikasida olib borilayotgan islohotlar sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga bosqichma-bosqich integratsiyalash uchun huquqiy, texnologik, ilmiy va kadrlar salohiyatini shakllantirishga yo'naltirilgan. Mazkur jarayonlarning izchil amalga oshirilishi mamlakat axborot-kommunikatsiya tizimlarining texnologik imkoniyatlarini kengaytirish va raqamli transformatsiyaning keyingi bosqichini shakllantirish uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbek adabiyoti: o'zbekiston respublikasi prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi pq-358-son qarori. sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida. - toshkent, 2024.

2. Russell, s. j., norvig, p. artificial intelligence: a modern approach. 2nd ed. - upper saddle river, new jersey: prentice hall, 2003. - 1080 p.

3. Рассел, с., норвиг, п. искусственный интеллект. современный подход. 2-е изд. - москва: ид «вильямс», 2006. - 1407 с.

KIBERXAVFSIZLIKDA SUN'IY INTELLEKT VA MASHINALI O'QITISH USULLARIDAN FOYDALANISH: TAHDIDLARNI ANIQLASH VA OLDINI OLISH

Azimov Xurshid Shoyim o'g'li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur maqolada kiberxavfsizlik sohasida sun'iy intellekt va mashinali o'qitish usullaridan foydalanish, kiber tahdidlarni aniqlash hamda ularning oldini olish masalalari tadqiq etiladi. Kiberhujumlarning murakkablashib borishi an'anaviy himoya mexanizmlarining imkoniyatlarini kengaytirishni talab etmoqda. Shu nuqtayi nazardan, tarmoq trafigi, foydalanuvchi faoliyati va tizim hodisalarini tahlil qilishda mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish kiberxavfsizlik tizimlarining aniqlash va javob berish imkoniyatlarini oshirishga xizmat qiladi. Maqolada Hindiston va Pokiston davlatlarining sun'iy intellekt hamda kiberxavfsizlik yo'nalishidagi tajribasi qiyosiy tahlil qilinadi. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasida sun'iy intellekt va kiberxavfsizlikni rivojlantirish bo'yicha amalga oshirilayotgan islohotlar, mavjud muammolar hamda ularni bartaraf etishning ilmiy-amaliy yo'nalishlari yoritiladi.

Kalit so'zlar: kiberxavfsizlik, sun'iy intellekt, mashinali o'qitish, kiberhujum, kiberthreat, tahdidlarni aniqlash, tahdidlarni oldini olish, anomalionalarni aniqlash, zararli dastur, tarmoq xavfsizligi, axborot xavfsizligi, neyron tarmoq, avtomatlashtirilgan tahlil, raqamli xavfsizlik.

Annotation. This article examines the scientific and practical aspects of using artificial intelligence and machine learning methods to ensure cybersecurity. The increasing complexity, speed, and automation of cyberattacks are limiting the capabilities of traditional approaches to identifying threats in information systems. In this context, artificial intelligence and machine learning technologies have significant potential for processing large volumes of data, detecting anomalous network activities, classifying malicious software, analysing user behaviour, and predicting potential cyberattacks. The article analyses the experience of strategically advanced countries, particularly Singapore and India, in strengthening cybersecurity through artificial intelligence-based approaches. It also examines measures being implemented in the Republic of Uzbekistan to develop artificial intelligence, digital technologies, and cybersecurity. Based on the analysis, the article identifies the principal capabilities of artificial intelligence in cybersecurity, existing challenges associated with its implementation, and priority approaches for addressing these challenges.

Key words: cybersecurity, artificial intelligence, machine learning, cyberattack, cyber threat, threat detection, threat prevention, anomaly detection, malware, network security, information security, neural network, automated analysis, digital security.

Аннотация. В статье рассматриваются научные и практические аспекты применения искусственного интеллекта и методов машинного обучения в обеспечении кибербезопасности. Усложнение кибератак, повышение скорости их осуществления и расширение возможностей автоматизации ограничивают эффективность традиционных подходов к выявлению угроз в информационных системах. В этих условиях технологии искусственного интеллекта и машинного обучения приобретают особое значение для обработки больших объёмов данных, обнаружения аномальной сетевой активности, классификации вредоносного программного обеспечения, анализа поведения пользователей и прогнозирования потенциальных кибератак. В статье исследуется опыт стратегически

развитых государств, в частности Сингапура и Индии, по укреплению кибербезопасности с использованием технологий искусственного интеллекта. Кроме того, анализируются меры, реализуемые в Республике Узбекистан в сфере развития искусственного интеллекта, цифровых технологий и кибербезопасности. По результатам исследования определяются основные возможности применения искусственного интеллекта в сфере кибербезопасности, существующие проблемы и приоритетные направления их решения.

Ключевые слова: кибербезопасность, искусственный интеллект, машинное обучение, кибератака, киберугроза, обнаружение угроз, предотвращение угроз, обнаружение аномалий, вредоносное программное обеспечение, сетевая безопасность, информационная безопасность, нейронная сеть, автоматизированный анализ, цифровая безопасность.

KIRISH

Kiberxavfsizlik tizimlarining asosiy vazifalaridan biri axborot resurslari va raqamli infratuzilmalarga yo'naltirilgan tahdidlarni o'z vaqtida aniqlash, ularning rivojlanishini cheklash va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan zararli oqibatlarining oldini olishdan iborat. An'anaviy xavfsizlik vositalari ma'lum hujumlar va oldindan belgilangan qoidalar asosida ishlashi sababli yangi yoki tez o'zgaruvchi tahdidlarni aniqlashda ayrim cheklovlarga duch kelishi mumkin.

Sun'iy intellektning kiberxavfsizlikdagi ahamiyati faqat himoya vositalarini avtomatlashtirish bilan chegaralanmaydi. U tahdidlarni aniqlash, xavfsizlik hodisalarini tasniflash, zaifliklarni tahlil qilish va hodisalarga javob qaytarish jarayonlarining samaradorligini oshirishga xizmat qilishi mumkin. Biroq sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi hujum qiluvchi tomonlar uchun ham yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli sun'iy intellektni kiberxavfsizlikda qo'llash masalasi himoya va tahdidlarning o'zaro rivojlanishi nuqtayi nazaridan kompleks yondashuvni talab etadi.

ASOSIY QISM

Singapur tajribasi. Singapur kiberxavfsizlik va sun'iy intellektni rivojlantirishni davlatning raqamli transformatsiya siyosatining muhim yo'nalishlaridan biri sifatida shakllantirgan davlatlardan biridir. Singapur kiberxavfsizlik strategiyasida barqaror raqamli infratuzilmani shakllantirish, xavfsiz kiberfazoni ta'minlash, xalqaro kiberhamkorlikni rivojlantirish hamda kiberxavfsizlik ekotizimini mustahkamlashga alohida e'tibor qaratilgan.

Singapur tajribasining muhim jihatlaridan biri shundaki, mamlakat sun'iy intellektni nafaqat kiberxavfsizlikka tahdid manbai, balki kiberhimoyani kuchaytiruvchi texnologik vosita sifatida ham ko'rib chiqadi. Sun'iy intellekt asosidagi vositalar katta hajmdagi tizim jurnallarini tahlil qilish, xavfsizlik anomaliyalarini aniqlash, zaifliklarni izlash va xavfsizlik hodisalariga javob berish jarayonlarini tezlashtirishga xizmat qilishi mumkin.

Shuningdek, singapurda sun'iy intellekt tizimlariga qarshi yo'naltirilgan hujumlar, xususan, qarama-qarshi namunalar asosidagi hujumlar, o'qitish ma'lumotlarini buzish va mashinali o'qitish modellarining yaxlitligini izdan chiqarishga qaratilgan tahdidlar ham alohida ko'rib chiqilmoqda.

Demak, singapur tajribasi sun'iy intellekt va kiberxavfsizlikni alohida yo'nalishlar sifatida emas, balki o'zaro bog'liq texnologik tizim sifatida rivojlantirishga asoslanganligi bilan ahamiyatlidir.

Hindiston tajribasi. Hindiston kiberxavfsizlikni ta'minlashda sun'iy intellektidan foydalanish imkoniyatlarini faol rivojlantirayotgan davlatlardan biridir. mamlakatda kiberxavfsizlik bo'yicha

davlat tashkilotlari, texnologik infratuzilma va xususiy sektorning o‘zaro hamkorligi orqali yangi tahdidlarga qarshi kurashish mexanizmlari takomillashtirilmoqda.

2026-yilda hindiston hukumati sun’iy intellekt yordamida kuchaytirilayotgan kiberxavflarga qarshi kiberbarqarorlikni mustahkamlash bo‘yicha chora-tadbirlarni amalga oshirgan. cert-in tomonidan sun’iy intellekt asosidagi kiberxavflarga bag‘ishlangan 10 ta kiberxavfsizlik mashg‘uloti tashkil etilib, ularda 345 ta davlat va xususiy tashkilotdan 1470 nafar ishtirokchi qatnashgan.

Mazkur tajribada sun’iy intellekt yordamida avtomatlashtirilgan razvedka, zaifliklarni tezkor aniqlash, hisob ma’lumotlarini egallash va ijtimoiy muhandislikka asoslangan hujumlarni keng miqyosda amalga oshirish kabi xavflarga alohida e’tibor qaratilgan. hindiston tajribasida tahdidlarni aniqlash bilan bir qatorda mutaxassislarning amaliy tayyorgarligini oshirish ham kiberbarqarorlikning muhim elementi sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Hindiston tajribasini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellektga asoslangan kiberxavfsizlikni rivojlantirish faqat dasturiy vositalarni joriy etish bilan cheklanmasdan, davlat, xususiy sektor va mutaxassislarning hamkorligini ham talab qiladi.

Singapur va hindiston tajribalarini qiyosiy tahlil qilish natijasida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalaridan kiberxavfsizlikda foydalanishning bir nechta ustuvor yo‘nalishlari ajratiladi.

1-Jadval.

Yo‘nalish	Singapur tajribasi	Hindiston tajribasi	Tahliliy natija
Tahdidlarni aniqlash	sun’iy intellekt yordamida xavfsizlik anomaliyalarini aniqlashga e’tibor qaratiladi	sun’iy intellekt asosidagi tahdidlarni aniqlash va baholash mexanizmlari rivojlantirilmoqda	avtomatlashtirilgan aniqlash kiberhujumlarga tezkor javob berish imkonini oshiradi
Zaifliklarni aniqlash	sun’iy intellekt tizimlarining hayotiy sikli bo‘yicha xavfsizlik nazorati amalga oshiriladi	zaifliklarni baholash va tahdidlarni tahlil qilishga yo‘naltirilgan amaliy mashg‘ulotlar olib boriladi	zaifliklarni oldindan aniqlash profilaktik himoyani kuchaytiradi
Kadrlar tayyorlash	davlat, sanoat va ilmiy doiralar hamkorligiga e’tibor beriladi	kiberxavfsizlik mashg‘ulotlari va amaliy tayyorgarlik kengaytirilmoqda	texnologik vositalar bilan bir qatorda malakali mutaxassis zarur
Sun’iy intellekt xavfsizligi	sun’iy intellekt tizimlarini himoyalash bo‘yicha maxsus yo‘riqnomalar mavjud	sun’iy intellekt asosidagi kiberxavflarga qarshi amaliy choralar rivojlantirilmoqda	sun’iy intellektni himoyalash va undan himoya vositasi sifatida foydalanish parallel olib borilishi lozim
Xalqaro hamkorlik	xalqaro standartlar va hamkorlikka katta ahamiyat beriladi	davlat va xususiy sektor ishtiroki asosida keng ko‘lamli hamkorlik amalga oshiriladi	kiberxavfsizlikni ta’minlashda davlatlararo tajriba almashinuvi muhim

O'zbekiston respublikasida raqamli texnologiyalarni rivojlantirish bilan bir qatorda sun'iy intellektdan foydalanishning huquqiy va tashkiliy asoslarini shakllantirishga ham katta e'tibor qaratilmoqda. o'zbekiston respublikasida sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi tasdiqlangan bo'lib, mazkur strategiya sun'iy intellektni turli sohalarga bosqichma-bosqich joriy etishning asosiy yo'nalishlarini belgilaydi.

Kiberxavfsizlik va sun'iy intellektning o'zaro bog'liqligini rivojlantirish maqsadida O'zbekistonda ilmiy-ta'limiy infratuzilma ham shakllantirilmoqda. xususan, cyber university negizida kiberxavfsizlik, sun'iy intellekt va boshqa istiqbolli yo'nalishlarda ilmiy-amaliy markazlar va laboratoriyalar tashkil etish rejaları belgilangan.

O'zbekistonda kiberxavfsizlik masalalari xalqaro hamkorlik doirasida ham rivojlantirilmoqda. 2025-yilda toshkent shahrida "kiberxavfsizlik sammiti – markaziy yevroosiyo" tadbiri o'tkazilib, unda zamonaviy kiberxavfsizlik yechimlari, sun'iy intellekt davridagi kiberxavfsizlik va boshqa dolzarb masalalar muhokama qilingan.

Tadqiqot doirasida olib borilgan tahlillar sun'iy intellekt va mashinali o'qitish texnologiyalarining kiberxavfsizlikdagi imkoniyatlari bilan bir qatorda ularni amaliyotga joriy etish jarayonida qator muammolar mavjudligini ko'rsatadi.

2-Jadval.

Muammo	Muammoning mazmuni	Yechish usuli
Ma'lumotlar sifati	mashinali o'qitish modellarining samaradorligi o'qitish ma'lumotlarining sifati va yetarliligiga bog'liq	ishonchli, sifatli va reprezentativ ma'lumotlar to'plamini shakllantirish
Noto'g'ri aniqlash	tizim qonuniy faoliyatni tahdid sifatida baholashi yoki haqiqiy tahdidni aniqlay olmasligi mumkin	modellarni muntazam sinovdan o'tkazish va qayta o'qitish
Adversarial hujumlar	tajovuzkorlar sun'iy intellekt modelini chalg'itishga urinishi mumkin	modelni qarama-qarshi namunalardan asosidagi hujumlarga qarshi sinovdan o'tkazish
Kadrlar yetishmovchiligi	sun'iy intellekt va kiberxavfsizlikni birgalikda biladigan mutaxassislar soni cheklangan	maxsus ta'lim dasturlari va amaliy laboratoriyalarni rivojlantirish
Ma'lumotlarning maxfiyligi	tahlil uchun katta hajmdagi ma'lumotlardan foydalanish maxfiylik xavfini oshirishi mumkin	ma'lumotlarni himoyalash, kirishni cheklash va maxfiylik talablariga rioya qilish
Modelning izohlanishi	ayrim murakkab modellar qabul qilgan qarorning sababini tushuntirishda qiyinchilik tug'diradi	izohlanadigan sun'iy intellekt usullaridan foydalanish
Infratuzilma xarajatlari	kuchli hisoblash resurslari katta moliyaviy va texnik imkoniyatlarni talab qiladi	markazlashtirilgan hisoblash infratuzilmasi va bosqichma-bosqich joriy etish

Sun'iy intellekt asosidagi kiberxavfsizlik tizimlarining samaradorligini baholashda aniqlik ko'rsatkichlari muhim ahamiyatga ega. masalan, klassifikatsiya modelining aniqligi quyidagi ifoda orqali baholanishi mumkin:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

bu yerda TP— to'g'ri aniqlangan ijobiy holatlar, TN— to'g'ri aniqlangan salbiy holatlar, FP— noto'g'ri ijobiy aniqlangan holatlar, FN— noto'g'ri salbiy aniqlangan holatlardir.

kiberxavfsizlik tizimlarida faqat umumiy aniqlik ko'rsatkichiga tayanish yetarli emas. tahdidni o'tkazib yuborish ehtimoli ham alohida baholanishi zarur. shu sababli aniqlik, to'liqlik, sezgirlik va boshqa statistik ko'rsatkichlardan kompleks foydalanish maqsadga muvofiqdir.

XULOSA.

Sun'iy intellekt va mashinali o'qitish texnologiyalaridan foydalanish zamonaviy kiberxavfsizlik tizimlarining samaradorligini oshirish, kiberhujumlarni tezkor aniqlash va ularning oldini olish imkoniyatlarini kengaytiradi. singapur va hindiston tajribasi ushbu texnologiyalarni huquqiy, tashkiliy va texnik mexanizmlar bilan uyg'unlashtirish muhimligini ko'rsatadi. o'zbekistonda ham sun'iy intellekt va kiberxavfsizlikni rivojlantirish bo'yicha izchil islohotlar amalga oshirilmoqda. shu sababli sun'iy intellekt asosidagi himoya vositalarini takomillashtirish, malakali mutaxassislar tayyorlash va zamonaviy kiberxavflarga mos xavfsizlik mexanizmlarini joriy etish mamlakatning raqamli xavfsizligini mustahkamlashning muhim shartidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston respublikasi prezidenti. "sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida" pq-358-son qarori, 2024-yil 14-oktabr.
2. O'zbekiston respublikasi vazirlar mahkamasi. "2025–2026-yillarda sun'iy intellekt texnologiyalari sohasida ustuvor loyihalarni amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" 425-son qarori, 2025-yil 10-iyul.
3. O'zbekiston respublikasi raqamli texnologiyalar vazirligi. "sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy qilish yangi bosqichga olib chiqiladi", 2025-yil.
4. Cybersecurity act, nis2 directive and cyber resilience act. european commission, 2026.
5. Президент российской федерации. национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. указ президента российской федерации от 10 октября 2019 г. № 490, с изменениями, внесёнными указом президента российской федерации от 15 февраля 2024 г. № 124.
6. Президент российской федерации. указ от 7 мая 2024 г. № 309 «о национальных целях развития российской федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

BULUTLI HISOBLASH VA CHEKKA HISOBLASH TEXNOLOGIYALARINING RIVOJLANISHI: ZAMONAVIY AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA INFRATUZILMASIDAGI MUAMMOLAR VA YECHIMLAR

Azimov Xurshid Shoyim o'g'li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada bulutli hisoblash va chekka hisoblash texnologiyalarining rivojlanish tendensiyalari hamda ularning zamonaviy axborot-kommunikatsiya infratuzilmasidagi o'rni tahlil qilinadi. Raqamli ma'lumotlar hajmining ortishi, tarmoqqa ulangan qurilmalar sonining ko'payishi va real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlashga bo'lgan ehtiyoj hisoblash resurslarini markazlashtirilgan infratuzilmadan foydalanuvchiga yaqin nuqtalarga taqsimlash zaruratini yuzaga keltirmoqda. Bulutli hisoblash katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash uchun moslashuvchan hisoblash resurslarini taqdim etsa, chekka hisoblash ma'lumotlarni ularning manbasiga yaqin joyda qayta ishlash orqali kechikishni kamaytirish imkonini beradi. Maqolada Germaniya va Rossiya Federatsiyasining mazkur yo'nalishdagi tajribasi tahlil qilinib, bulutli va chekka hisoblash infratuzilmasini rivojlantirishning texnik, iqtisodiy va tashkiliy jihatlari yoritiladi. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasida raqamli infratuzilmani, ma'lumotlarni qayta ishlash markazlarini va bulutli texnologiyalarni rivojlantirish bo'yicha amalga oshirilayotgan islohotlar ko'rib chiqiladi. Tahlil natijasida zamonaviy hisoblash infratuzilmasini rivojlantirishdagi asosiy muammolar va ularni bartaraf etishning ustuvor yo'nalishlari aniqlanadi.*

***Kalit so'zlar:** bulutli hisoblash, chekka hisoblash, axborot-kommunikatsiya infratuzilmasi, ma'lumotlarni qayta ishlash, ma'lumotlar markazi, raqamli infratuzilma, hisoblash resurslari, tarmoq kechikishi, Internet buyumlari, raqamli transformatsiya, axborot xavfsizligi, ma'lumotlar xavfsizligi, hisoblash kontinuumi.*

***Annotation.** This article examines the development trends of cloud computing and edge computing technologies and analyses their role in modern information and communication infrastructure. The rapid growth of digital data, the increasing number of connected devices, and the demand for real-time data processing are creating a need to distribute computing resources from centralized infrastructures toward locations closer to end users and data sources. While cloud computing provides flexible computational resources for storing and processing large volumes of data, edge computing reduces network latency by processing data closer to where it is generated. The article analyses the experience of Germany and the Russian Federation in this field and considers the technical, economic, and organizational aspects of developing cloud and edge computing infrastructure. It also examines reforms being implemented in the Republic of Uzbekistan to develop digital infrastructure, data processing centres, and cloud technologies. Based on the analysis, the article identifies the main challenges associated with the development of modern computing infrastructure and determines priority approaches for addressing them.*

***Key words:** cloud computing, edge computing, information and communication infrastructure, data processing, data centre, digital infrastructure, computing resources, network latency, Internet of Things, digital transformation, information security, data security, computing continuum.*

***Аннотация.** В статье рассматриваются тенденции развития технологий облачных и периферийных вычислений, а также анализируется их роль в современной информационно-*

коммуникационной инфраструктуре. Увеличение объёма цифровых данных, рост количества подключённых устройств и повышение потребности в обработке информации в режиме реального времени обуславливают необходимость распределения вычислительных ресурсов от централизованных инфраструктур к узлам, расположенным ближе к источникам данных и конечным пользователям. Облачные вычисления обеспечивают гибкое предоставление вычислительных ресурсов для хранения и обработки больших объёмов информации, тогда как периферийные вычисления позволяют сократить сетевую задержку за счёт обработки данных непосредственно вблизи места их формирования. В статье анализируется опыт Германии и Российской Федерации в данной области, а также рассматриваются технические, экономические и организационные аспекты развития облачной и периферийной вычислительной инфраструктуры. Отдельное внимание уделяется реформам, осуществляемым в Республике Узбекистан в направлении развития цифровой инфраструктуры, центров обработки данных и облачных технологий. На основе проведённого анализа определяются основные проблемы развития современной вычислительной инфраструктуры и приоритетные направления их решения.

Ключевые слова: облачные вычисления, периферийные вычисления, информационно-коммуникационная инфраструктура, обработка данных, центр обработки данных, цифровая инфраструктура, вычислительные ресурсы, сетевая задержка, Интернет вещей, цифровая трансформация, информационная безопасность, безопасность данных, вычислительный континуум.

KIRISH

Bulutli hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi ushbu muammoning muhim qismini hal etishga imkon berdi. Mazkur texnologiya foydalanuvchiga hisoblash quvvati, ma'lumotlarni saqlash va dasturiy resurslardan talabga muvofiq foydalanish imkoniyatini yaratadi. Biroq real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlar, sanoat avtomatlashtirish vositalari, transport tizimlari va Internet buyumlari kabi yo'nalishlarda ma'lumotlarni foydalanuvchiga yaqin joyda qayta ishlash zarurati kuchaymoqda.

Shu sababli chekka hisoblash texnologiyasi bulutli hisoblashning muqobili emas, balki uni to'ldiruvchi hisoblash modeli sifatida shakllanmoqda. Yevropa Komissiyasi ham bulut va chekka hisoblashni yagona hisoblash kontinuumi doirasida rivojlantirishni muhim yo'nalish sifatida belgilamoqda. Mazkur yondashuvda ma'lumotlarni qayta ishlash imkon qadar ma'lumot manbasiga yaqinlashtiriladi.

Demak, bulutli va chekka hisoblash texnologiyalarining uyg'unlashuvi kelajakdagi raqamli infratuzilmaning muhim texnologik asoslaridan birini tashkil etadi.

ASOSIY QISM.

Germaniya tajribasi. Germaniya zamonaviy hisoblash infratuzilmasini rivojlantirishni raqamli transformatsiya va texnologik raqobatbardoshlikni ta'minlashning muhim sharti sifatida qaramoqda. 2026-yil mart oyida Germaniya Federal hukumati ma'lumotlar markazlari strategiyasini qabul qilib, mamlakatdagi ma'lumotlar markazlari quvvatini 2030-yilgacha kamida ikki baravar oshirish maqsadini belgiladi. Hukumat ushbu infratuzilmani sun'iy intellekt va boshqa yuqori hisoblash talab qiluvchi texnologiyalarni rivojlantirish uchun zarur asos sifatida baholamoqda.

Yevropa Ittifoqining umumiy siyosatida ham Germaniya kabi davlatlarning infratuzilmaviy imkoniyatlarini yagona bulut–chekka hisoblash ekotizimiga birlashtirishga katta e'tibor berilmoqda.

Yevropa Komissiyasi 2030-yilgacha Yevropada 10 000 ta iqlimga neytral va yuqori darajada xavfsiz chekka tugunlarni joylashtirishni maqsad qilgan.

Rossiya Federatsiyasi tajribasi.

Rossiya tajribasining asosiy xususiyati bulutli infratuzilmani davlat axborot tizimlari, raqamli platformalar, sun'iy intellekt va ma'lumotlarni qayta ishlash texnologiyalari bilan integratsiyalashga qaratilganligidir. Shu bilan birga, mahalliy dasturiy va apparat vositalarini rivojlantirish orqali texnologik mustaqillikni ta'minlashga ham e'tibor berilmoqda.

Germaniya va Rossiya Federatsiyasi **tajribasini tahlil** qilish bulutli va chekka hisoblash infratuzilmasini rivojlantirishda hisoblash quvvati, ma'lumotlar xavfsizligi, energiya samaradorligi, texnologik mustaqillik va tarmoq imkoniyatlarining o'zaro bog'liqligini ko'rsatadi.

1-Jadval.

Yo'nalish	Germaniya tajribasi	Rossiya Federatsiyasi tajribasi	Tahlil natijasi
Hisoblash infratuzilmasi	Ma'lumotlar markazlari quvvatini kengaytirishga ustuvor ahamiyat beriladi	Davlat va tarmoq raqamli platformalari uchun hisoblash infratuzilmasi rivojlantirilmoqda	Yuqori hisoblash quvvati raqamli xizmatlarning asosiy infratuzilmaviy omilidir
Bulutli texnologiyalar	Bulut va chekka hisoblashning integratsiyasi rivojlantirilmoqda	Yagona davlat bulutli platformasini rivojlantirishga e'tibor qaratiladi	Markazlashgan va taqsimlangan hisoblash modellarini uyg'unlashtirish zarur
Chekka hisoblash	Yevropa bulut–chekka ekotizimining tarkibiy qismi sifatida rivojlantirilmoqda	Raqamli platformalar va ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlari bilan bog'lanmoqda	Ma'lumot manbasiga yaqin qayta ishlash kechikishni kamaytiradi
Texnologik mustaqillik	Yuqori hisoblash infratuzilmasi raqamli suverenitet bilan bog'lanadi	Mahalliy texnologik yechimlardan foydalanish kuchaytirilmoqda	Infratuzilma mustaqilligi uzoq muddatli barqarorlikni ta'minlaydi
Energiya samaradorligi	Ma'lumotlar markazlarining samaradorligiga katta e'tibor beriladi	Hisoblash infratuzilmasini kengaytirish bilan birga resurslardan samarali foydalanish masalasi muhim	Hisoblash quvvatining o'sishi energiya samaradorligi bilan uyg'unlashishi kerak

Yevropa Ittifoqi tajribasi ham bulutli va chekka hisoblashni xavfsiz, barqaror va o'zaro mos infratuzilma sifatida shakllantirishga intilayotganini ko'rsatadi. Yevropa Komissiyasi bulut va chekka xizmatlarda ma'lumotlarni himoyalash, ishlash samaradorligi, barqarorlik va energiya samaradorligi talablarini kuchaytirishni ko'zlammoqda.

O'zbekistonda raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish va zamonaviy axborot-kommunikatsiya infratuzilmasini shakllantirish jarayonida bulutli hisoblash, ma'lumotlarni qayta ishlash markazlari va yuqori unumdor hisoblash infratuzilmasiga alohida e'tibor qaratilmoqda.

2026-yilda O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi, Oracle va DataVult o‘rtasida zamonaviy raqamli infratuzilmani rivojlantirish, yirik ma’lumotlar markazlarini tashkil etish va bulutli texnologiyalarni keng joriy etish bo‘yicha hamkorlik memorandumini imzolandi. Unda xavfsiz, ishonchli va kengaytiriladigan bulutli infratuzilmani shakllantirish, davlat xizmatlarini raqamlashtirish va zamonaviy ma’lumotlar markazlari ekotizimini rivojlantirish masalalariga e’tibor qaratilgan.

Shuningdek, O‘zbekistonda telekommunikatsiya infratuzilmasini modernizatsiya qilish, yuqori tezlikdagi ma’lumot uzatish tarmoqlarini rivojlantirish, sun’iy intellekt uchun hisoblash infratuzilmasini shakllantirish va katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlashga mo‘ljallangan ma’lumotlar markazlarini rivojlantirish bo‘yicha xalqaro texnologik hamkorlik kengaymoqda.

Mazkur jarayonlar O‘zbekistonning Markaziy Osiyoda zamonaviy raqamli va hisoblash infratuzilmasiga ega texnologik markaz sifatidagi salohiyatini oshirishga xizmat qilishi mumkin.

Tahlil natijalari bulutli va chekka hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi raqamli xizmatlarning tezkorligi, hisoblash resurslaridan foydalanish samaradorligi va ma’lumotlarni qayta ishlash imkoniyatlarini kengaytirishini ko‘rsatadi. Biroq ushbu texnologiyalarni keng joriy etishda bir qator texnik va tashkiliy muammolar mavjud.

2-Jadval.

Muammo	Muammoning mazmuni	Yechish usuli
Tarmoq kechikishi	Markazlashtirilgan bulutli infratuzilmada ma’lumotlarning uzoq masofaga uzatilishi kechikishni oshirishi mumkin	Chekka hisoblash tugunlarini ma’lumot manbalariga yaqin joylashtirish
Axborot xavfsizligi	Ma’lumotlarning tarmoq orqali uzatilishi va taqsimlangan muhitda qayta ishlanishi xavfsizlik talablarini kuchaytiradi	Shifrlash, autentifikatsiya va kirishlarni boshqarish mexanizmlarini takomillashtirish
Infratuzilma xarajatlari	Ma’lumotlar markazlari va chekka tugunlarni tashkil etish katta investitsiyani talab qiladi	Bosqichma-bosqich rivojlantirish va xususiy sektor investitsiyalarini jalb qilish
Energiya sarfi	Hisoblash quvvatining ortishi elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojni oshiradi	Energiya samarador uskunalar va optimallashtirilgan ma’lumotlar markazlaridan foydalanish
Standartlashtirish	Turli ishlab chiqaruvchilarning platformalari o‘rtasidagi moslik muammosi yuzaga kelishi mumkin	Ochiq standartlar va o‘zaro ishlash mexanizmlarini rivojlantirish
Malakali kadrlar	Bulutli va chekka hisoblash texnologiyalarini boshqaruvchi mutaxassislariga ehtiyoj ortadi	Oliy ta’lim va malaka oshirish dasturlarini zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirish
Ma’lumotlar boshqaruvi	Taqsimlangan infratuzilmada ma’lumotlarni boshqarish murakkablashadi	Markazlashgan monitoring, yagona boshqaruv siyosati va avtomatlashtirilgan nazorat vositalarini joriy etish

XULOSA.

Bulutli va chekka hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi zamonaviy axborot-kommunikatsiya infratuzilmasining muhim tarkibiy yo'nalishiga aylanmoqda. Germaniya va Rossiya Federatsiyasi tajribasi hisoblash quvvatlarini kengaytirish, ma'lumotlar markazlarini rivojlantirish, bulutli platformalarni takomillashtirish va texnologik mustaqillikni ta'minlash muhimligini ko'rsatadi. O'zbekistonda ham ma'lumotlar markazlari, bulutli xizmatlar va yuqori unumdor hisoblash infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha izchil ishlar olib borilmoqda. Kelgusida bulutli va chekka hisoblash texnologiyalarini yagona hisoblash infratuzilmasi sifatida rivojlantirish raqamli xizmatlarning tezkorligi, ishonchliligi va samaradorligini oshirishning muhim omili bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. Sun'iy intellekt texnologiyalari asosida ma'lumotlarni qayta ishlash infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha materiallar. Toshkent, 2025.
2. O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. Prospects for Cooperation with Huawei in the Field of Digital Infrastructure Discussed. 2026.
3. European Commission. European Alliance for Industrial Data, Edge and Cloud. Shaping Europe's Digital Future, 2026.
4. Правительство Российской Федерации. Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года. Москва, 2026.

INTERNET OF THINGS (IOT) QURILMALARIDA MA'LUMOTLAR XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHNING ZAMONAVIY USULLARI VA TEXNOLOGIYALARI

Azimov Xurshid Shoyim o'g'li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada Internet of Things (IoT) qurilmalarida ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy usullari va texnologiyalari tahlil qilingan. IoT qurilmalarining turli sohalarda keng qo'llanilishi natijasida katta hajmdagi ma'lumotlarning shakllanishi, uzatilishi va qayta ishlanishi axborot xavfsizligi masalasining dolzarbligini oshirmoqda. Maqolada IoT muhitida autentifikatsiya, ma'lumotlarni shifrlash, xavfsiz aloqa protokollari, qurilmalarni muntazam yangilash, tarmoq segmentatsiyasi, xavfsiz yuklash, zaifliklarni monitoring qilish hamda sun'iy intellekt asosida tahdidlarni aniqlash kabi usullar ko'rib chiqilgan. Shuningdek, Germaniya va Rossiya Federatsiyasining IoT xavfsizligini ta'minlash bo'yicha tajribasi tahlil qilinib, ularning texnik, tashkiliy va me'yoriy yondashuvlari qiyoslangan. O'zbekistonda raqamlashtirish va kiberxavfsizlik sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar asosida IoT qurilmalarini himoyalash istiqbollari ham yoritilgan. Tadqiqot natijasida IoT xavfsizligini ta'minlash uchun texnik vositalar bilan bir qatorda yagona xavfsizlik siyosati, standartlashtirish, doimiy monitoring va mutaxassislar malakasini oshirish zarurligi asoslangan.*

Kalit so'zlar: *Internet of Things, IoT, ma'lumotlar xavfsizligi, kiberxavfsizlik, autentifikatsiya, shifrlash, IoT qurilmalari, tarmoq xavfsizligi, zaiflik, monitoring, axborot himoyasi, sun'iy intellekt.*

Annotation. *This article analyzes modern methods and technologies for ensuring data security in Internet of Things (IoT) devices. The widespread use of IoT devices in various sectors has increased the importance of information security due to the growing volume of data being generated, transmitted, and processed. The article examines authentication, data encryption, secure communication protocols, regular device updates, network segmentation, secure boot, vulnerability monitoring, and artificial intelligence-based threat detection as major approaches to IoT security. The experience of Germany and the Russian Federation in ensuring IoT security is also analyzed, with particular attention to their technical, organizational, and regulatory approaches. In addition, current reforms in Uzbekistan aimed at digitalization and cybersecurity are considered in terms of their potential contribution to protecting IoT devices. The study demonstrates that effective IoT security requires not only technical protection mechanisms but also unified security policies, standardization, continuous monitoring, and professional training.*

Key words: *Internet of Things, IoT, data security, cybersecurity, authentication, encryption, IoT devices, network security, vulnerability, monitoring, information protection, artificial intelligence.*

Аннотация. *В статье рассматриваются современные методы и технологии обеспечения безопасности данных в устройствах Интернета вещей (IoT). Расширение применения IoT-устройств в различных сферах приводит к увеличению объёма формируемых, передаваемых и обрабатываемых данных, что повышает актуальность вопросов информационной безопасности. В работе проанализированы аутентификация, шифрование данных, защищённые протоколы связи, регулярное обновление программного обеспечения, сегментация сетей, безопасная загрузка, мониторинг уязвимостей и обнаружение угроз на основе искусственного интеллекта. Рассмотрен опыт Германии и Российской Федерации в области обеспечения безопасности IoT с учётом технических, организационных и нормативно-правовых подходов. Также проанализированы проводимые в Узбекистане реформы в сфере цифровизации и кибербезопасности с точки зрения перспектив защиты IoT-устройств. В результате исследования обосновано, что обеспечение безопасности IoT требует комплексного подхода, включающего технические средства защиты, единые политики безопасности, стандартизацию, постоянный мониторинг и подготовку квалифицированных специалистов.*

Ключевые слова: *Интернет вещей, IoT, безопасность данных, кибербезопасность, аутентификация, шифрование, IoT-устройства, безопасность сети, уязвимость, мониторинг, защита информации, искусственный интеллект.*

KIRISH

Internet of Things texnologiyasi zamonaviy axborot-kommunikatsiya infratuzilmasining muhim tarkibiy qismlaridan biriga aylanib bormoqda. IoT tushunchasi fizik qurilmalar, sensorlar, maishiy texnika, sanoat uskunalari, transport vositalari, tibbiy qurilmalar va boshqa obyektlarning tarmoqqa ulanishi hamda ular o'rtasida ma'lumot almashinuvini tashkil etishni anglatadi. Bunday qurilmalar real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, uzatish, qayta ishlash va tahlil qilish imkonini beradi.

IoT texnologiyalarining afzalligi bilan birga, ularning xavfsizligi bilan bog'liq muammolar ham ortib bormoqda. IoT qurilmalarining ko'pligi, turli ishlab chiqaruvchilar tomonidan yaratilishi, hisoblash resurslarining cheklanganligi, doimiy tarmoqqa ulanganligi va ayrim hollarda dasturiy ta'minotning o'z vaqtida yangilanmasligi kiberhujumlar uchun qo'shimcha imkoniyatlar yaratadi.

Shu sababli IoT qurilmalarida ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash masalasi faqat ma'lumotlarni shifrlash bilan cheklanmaydi. U qurilmani ishlab chiqish bosqichidan boshlab autentifikatsiya, avtorizatsiya, xavfsiz aloqa, dasturiy ta'minotni yangilash, zaifliklarni aniqlash, tarmoq monitoringi va hodisalarga tezkor javob berish kabi mexanizmlarning yagona tizimda qo'llanilishini talab qiladi.

Yevropa Komissiyasi ham IoT qurilmalari va ular faoliyat ko'rsatadigan tarmoqlar uchun yanada mustahkam va barqaror xavfsizlik mexanizmlarini shakllantirish zarurligini ta'kidlaydi.

ASOSIY QISM.

IoT xavfsizligini ta'minlashda bir nechta o'zaro bog'langan himoya mexanizmlaridan foydalanish talab etiladi. Ularning asosiylari 1-jadvalda keltirilgan.

1-Jadval.

Xavfzlik usuli	Mazmuni	Asosiy vazifasi
Autentifikatsiya	Qurilma yoki foydalanuvchining haqiqiylikini tekshirish	Begona qurilmalarning tizimga kirishini cheklash
Avtorizatsiya	Foydalanuvchi va qurilmalarga tegishli huquqlarni belgilash	Resurslardan noqonuniy foydalanishni oldini olish
Shifrlash	Ma'lumotlarni kriptografik algoritmlar yordamida himoyalash	Ma'lumotlarning mazmunini begona shaxslar tomonidan o'qilishidan himoyalash
Tarmoq segmentatsiyasi	IoT qurilmalarini alohida tarmoq segmentlariga ajratish	Hujum tarqalish ko'lamini kamaytirish
Xavfsiz yangilash	Qurilma dasturiy ta'minotini xavfsiz tarzda yangilash	Aniqlangan zaifliklarni bartaraf etish
Xavfsiz yuklash	Faqat ishonchli dasturiy komponentlarni ishga tushirish	Qurilmaga zararli dastur o'rnatilishining oldini olish
Monitoring	Qurilma va tarmoq faoliyatini doimiy kuzatish	Shubhali faoliyatni aniqlash
Hodisalarni tahlil qilish	Xavfsizlik hodisalarini yig'ish va tahlil qilish	Kiberhujumlarni tezkor aniqlash va ularga javob berish
Sun'iy intellekt	Qurilma va tarmoq xatti-harakatlarini avtomatik tahlil qilish	Noodatiy faoliyat va yangi tahdidlarni aniqlash

Bunday yondashuvda xavfsizlik tizimning faqat bitta nuqtasiga emas, balki butun ma'lumot almashinuvi jarayoniga tatbiq etiladi.

Germaniya tajribasi.

Germaniya IoT xavfsizligini raqamli mahsulotlar va infratuzilmaning umumiy kiberxavfsizlik siyosati bilan bog'liq holda rivojlantirmoqda. Qurilmalarning xavfsizligini baholash, standartlardan foydalanish, zaifliklarni aniqlash va ishlab chiqaruvchilarning mas'uliyatini oshirish ushbu yondashuvning muhim yo'nalishlarini tashkil etadi.

IoT xavfsizligi uchun xalqaro standartlar va sertifikatlash mexanizmlaridan foydalanish ham muhim ahamiyatga ega. ISO/IEC 27400:2022 IoT tizimlarining xavfsizligi va maxfiylikni ta'minlash bo'yicha nazorat choralarini ko'rib chiqadi.

Germaniyada IoT xavfsizligining muhim jihatlaridan biri - qurilmaning butun hayotiy sikli davomida xavfsizlikni ta'minlashdir. Bunda qurilmani loyihalash, ishlab chiqarish, foydalanishga topshirish, yangilash va ekspluatatsiyadan chiqarish bosqichlari o'zaro bog'langan holda qaraladi.

Rossiya Federatsiyasi tajribasi. Rossiya Federatsiyasida IoT texnologiyalarining rivojlanishi telekommunikatsiya, sanoat, transport, energetika va boshqa sohalarda qo'llanilayotgan ulangan qurilmalar sonining ortishi bilan davom etmoqda. Rossiya Transport vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, 2025-yilda yirik va o'rta aloqa operatorlarining IoT xizmatlaridan olgan daromadi 19,6 mlrd rublni tashkil etgan.

Rossiyada IoT uchun aloqa texnologiyalarini standartlashtirish ham xavfsizlik bilan bog'liq masalalarni qamrab oladi. Xususan, NB-IoT bo'yicha davlat standarti energiya tejamkorligi, tarmoq arxitekturasini va qurilmalarning to'g'ridan-to'g'ri Internetga chiqishini cheklaydigan ma'lumot uzatish mexanizmlarini ham ko'zda tutadi.

Rossiya tajribasining muhim jihati IoT infratuzilmasini milliy axborot xavfsizligi tizimi bilan bog'lashdan iborat. Rossiya Federatsiyasining Axborot xavfsizligi doktrinasida axborot tizimlari, aloqa tarmoqlari, axborot texnologiyalari va ma'lumotlarni qayta ishlash bilan bog'liq xavfsizlik masalalari davlat axborot xavfsizligining tarkibiy qismi sifatida ko'riladi.

Germaniya va Rossiya tajribalarini tahlil natijalari shuni ko'rsatmoqdaki, IoT xavfsizligini ta'minlashda faqat texnik vositalardan foydalanish yetarli emasligini ko'rsatadi. Xavfsizlikni ta'minlash jarayonida standartlashtirish, sertifikatlash, davlat tomonidan tartibga solish, ishlab chiqaruvchilarning javobgarligi va doimiy monitoring mexanizmlari birgalikda ishlashi zarurligi 2-jadvalda qayd etilgan.

2-Jadval.

Yo'nalish	Germaniya	Rossiya federatsiyasi	Tahliliy natija
IoT xavfsizligi	mahsulot va platformalar xavfsizligini baholashga katta e'tibor	iot xavfsizligini axborot xavfsizligi siyosati bilan bog'lash	kompleks xavfsizlik modeli zarur
Standartlashtirish	iso/iec va sesip kabi yondashuvlardan foydalanish	iot aloqa texnologiyalarini standartlashtirish	umumiy standartlar xavfsizlikni oshiradi
Ma'lumotlarni himoyalash	xavfsiz ishlov berish va maxfiylikka e'tibor	milliy axborot xavfsizligi talablari bilan uyg'unlashtirish	ma'lumotlar hayotiy sikli

			himoyalaniishi kerak
Qurilma xavfsizligi	sertifikatlash va xavfsizlikni baholash	texnik va me'yoriy talablarni uyg'unlashtirish	qurilma ishlab chiqarish bosqichidanoq himoyalaniishi kerak
Monitoring	zaifliklarni aniqlash va xavfsizlikni doimiy baholash	axborot xavfsizligi tizimlari orqali nazorat	uzluksiz monitoring muhim
Tashkiliy yondashuv	ishlab chiqaruvchi va foydalanuvchi mas'uliyatini oshirish	davlat va texnik tartibga solish mexanizmlaridan foydalanish	tashkiliy va texnik choralar birlashtirilishi lozim

O'zbekistonda raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish bilan bir qatorda axborot xavfsizligi va kiberxavfsizlikni mustahkamlashga ham alohida e'tibor qaratilmoqda. mamlakatning raqamlashtirish jarayonlari iot, bulutli hisoblash, sun'iy intellekt va boshqa zamonaviy texnologiyalarning turli sohalarga joriy qilinishiga zamin yaratmoqda. IoT texnologiyalari mamlakatda sanoat, transport, energetika, qishloq xo'jaligi, sog'liqni saqlash va "aqlli shahar" tizimlarida kengayib borar ekan, ushbu qurilmalarni yagona xavfsizlik talablariga asoslangan holda boshqarish zarurati ham ortadi.

3-Jadval.

Muammo	Xavfsizlikka ta'siri	Tavsiya etiladigan yechim
Zaif autentifikatsiya	Qurilmaga noqonuniy kirish	Ko'p bosqichli autentifikatsiya va kuchli parollardan foydalanish
Shifrlanmagan ma'lumot	Ma'lumotlarni ushlab qolish xavfi	Zamonaviy kriptografik shifrlash usullarini joriy etish
Dasturiy ta'minotning yangilanmasligi	Ma'lum zaifliklardan foydalanish imkoniyati	Avtomatik va xavfsiz yangilash mexanizmini joriy etish
Qurilmalarning bevosita Internetga ulanishi	Hujum yuzasining kengayishi	Tarmoq segmentatsiyasi va himoyalangan shlyuzlardan foydalanish
Monitoringning mavjud emasligi	Hujumni kech aniqlash	Uzluksiz tarmoq monitoringini tashkil etish
Zaif standart konfiguratsiya	Qurilmaga noqonuniy kirish	Qurilmani foydalanishga topshirishdan oldin xavfsizlik sozlamalarini o'zgartirish

Ishlab chiqaruvchilar o‘rtasida standartlarning farqlanishi	Turli tizimlarning xavfsizligini boshqarish qiyinlashadi	Yagona texnik va xavfsizlik standartlarini ishlab chiqish
Mutaxassislar yetishmasligi	Xavfsizlik tizimlarini to‘g‘ri boshqarish qiyinlashadi	IoT va kiberxavfsizlik bo‘yicha mutaxassislar tayyorlash

Yevropa Ittifoqining Cyber Resilience Act yondashuvi ham mahsulot xavfsizligini faqat sotuv vaqtida emas, balki uning butun hayotiy sikli davomida ta’minlash zarurligini ko‘rsatadi.

XULOSA.

Kelgusida o‘zbekistonda iot qurilmalari uchun yagona xavfsizlik standartlarini rivojlantirish, qurilmalarni sertifikatlash, ishlab chiqaruvchilarning xavfsizlik bo‘yicha mas’uliyatini oshirish, sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlarini joriy etish va malakali kiberxavfsizlik mutaxassislarini tayyorlash maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston respublikasi prezidenti. “o‘zbekiston respublikasining kiberxavfsizlik strategiyasini belgilash va kiberjinoyatchilikning oldini olish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi pf-38-son farmon, 10.03.2026.
2. O‘zbekiston respublikasi. “shaxsga doir ma’lumotlar to‘g‘risida”gi O‘RQ-547-son qonun, 02.07.2019.
3. O‘zbekiston respublikasi raqamli texnologiyalar vazirligi. raqamli texnologiyalar va kiberxavfsizlik sohasidagi davlat siyosati va qonunchilik ma’lumotlari.
4. O‘zbekiston respublikasi raqamli texnologiyalar vazirligi. vazirlikning vazifalari va funksiyalari.
5. BSI. Cybersecurity IoT Security and Privacy - Cybersecurity Labelling Framework for Consumer IoT, ISO/IEC 27404:2025.
6. Совет Безопасности Российской Федерации. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, Указ Президента РФ №646 от 05.12.2016.
7. Министерство транспорта Российской Федерации. Развитие телеком-отрасли: итоги 2025 года. 2026.
8. Российская академия криптографии. Информационно-аналитическое обеспечение экспертов: вопросы информационной безопасности Интернета вещей. 2025.
9. Росстандарт. Интернет вещей: протокол беспроводной передачи данных NB-IoT. 2024.
10. Росстат. Информационные и коммуникационные технологии. Статистические материалы Российской Федерации.

5G VA 6G MOBIL ALOQA TEXNOLOGIYALARINING RIVOJLANISHI: AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TIZIMLARINING SAMARADORLIGI, XAVFSIZLIGI VA ISTIQBOLLARI

Azimov Xurshid Shoyim o'g'li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur maqolada 5G va 6G mobil aloqa texnologiyalarining rivojlanish tendensiyalari, ularning zamonaviy axborot-kommunikatsiya tizimlarining samaradorligi va xavfsizligiga ta'siri hamda istiqboldagi imkoniyatlari tahlil qilinadi. 5G texnologiyasining yuqori tezlik, past kechikish, keng tarmoq sig'imi va ko'p sonli qurilmalarni bir vaqtning o'zida ulash imkoniyatlari raqamli iqtisodiyot, Internet buyumlari, sanoat avtomatlashtirish, transport, telemeditsina va boshqa sohalarning rivojlanishiga xizmat qilmoqda. 6G texnologiyasi esa sun'iy intellekt, taqsimlangan hisoblash, intellektual tarmoqlar, integratsiyalashgan aloqa va sezish tizimlari hamda yangi avlod raqamli xizmatlarini shakllantirishning istiqbolli texnologik asosi sifatida qaralmoqda. Maqolada Germaniya va Rossiya Federatsiyasining 5G va 6G texnologiyalarini rivojlantirish bo'yicha tajribasi o'rganilib, ularning texnologik, infratuzilmaviy, xavfsizlik va ilmiy-tadqiqot yo'nalishlari qiyosiy tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: 5G, 6G, mobil aloqa, axborot-kommunikatsiya tizimlari, telekommunikatsiya, raqamli infratuzilma, tarmoq samaradorligi, tarmoq xavfsizligi, past kechikish, radiochastota, sun'iy intellekt, Internet buyumlari, raqamli transformatsiya.

Annotation. This article analyzes the development trends of 5G and 6G mobile communication technologies, their impact on the efficiency and security of modern information and communication systems, and their future prospects. The high data rates, low latency, increased network capacity, and ability to connect a large number of devices provided by 5G technologies contribute to the development of the digital economy, the Internet of Things, industrial automation, transportation, telemedicine, and other sectors. 6G is considered a promising technological foundation for artificial intelligence-enabled networks, distributed computing, integrated communication and sensing, intelligent network management, and next-generation digital services. The article examines the experience of Germany and the Russian Federation in developing 5G and 6G technologies and provides a comparative analysis of their technological, infrastructural, security, and research approaches.

Key words: 5G, 6G, mobile communication, information and communication systems, telecommunications, digital infrastructure, network efficiency, network security, low latency, radio frequency, artificial intelligence, Internet of Things, digital transformation.

Аннотация. В статье анализируются тенденции развития технологий мобильной связи 5G и 6G, их влияние на эффективность и безопасность современных информационно-коммуникационных систем, а также перспективы дальнейшего применения. Высокая скорость передачи данных, низкая задержка, повышенная пропускная способность и возможность одновременного подключения большого количества устройств, обеспечиваемые технологиями 5G, способствуют развитию цифровой экономики, Интернета вещей, промышленной автоматизации, транспорта, телемедицины и других сфер. Технология 6G рассматривается как перспективная технологическая основа для

интеллектуальных сетей, искусственного интеллекта, распределённых вычислений, интегрированных систем связи и сенсорного восприятия, а также цифровых сервисов нового поколения. В статье исследуется опыт Германии и Российской Федерации в области развития технологий 5G и 6G и проводится сравнительный анализ их технологических, инфраструктурных, защитных и научно-исследовательских подходов.

Ключевые слова: 5G, 6G, мобильная связь, информационно-коммуникационные системы, телекоммуникации, цифровая инфраструктура, эффективность сети, безопасность сети, низкая задержка, радиочастотный ресурс, искусственный интеллект, Интернет вещей, цифровая трансформация.

KIRISH

Mobil aloqa texnologiyalarining rivojlanishi zamonaviy axborot-kommunikatsiya tizimlarini takomillashtirishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mobil tarmoqlarning har bir yangi avlodi ma’lumotlarni uzatish tezligi, tarmoq sig‘imi, kechikish ko‘rsatkichi, ulanishlar zichligi va xizmatlar sifatiga qo‘yiladigan talablarning ortishi asosida shakllanmoqda.

5G va 6G texnologiyalarining rivojlanishi bilan bir qatorda axborot xavfsizligi masalasi ham alohida ahamiyat kasb etadi. Mobil tarmoqlarda uzatiladigan ma’lumotlar hajmining ortishi, tarmoqqa ulangan qurilmalar sonining ko‘payishi va tarmoq arxitekturasining murakkablashuvi yangi xavfsizlik talablarini yuzaga keltiradi.

Shu sababli 5G va 6G texnologiyalarini faqat aloqa tezligini oshiruvchi vosita sifatida emas, balki raqamli iqtisodiyot va zamonaviy axborot-kommunikatsiya infratuzilmasining strategik tarkibiy qismi sifatida tadqiq etish muhimdir.

ASOSIY QISM

6G esa 5G texnologiyasining keyingi evolyutsion bosqichi sifatida qaraladi. Bunda aloqa tizimi faqat ma’lumot uzatish vositasi emas, balki sun‘iy intellekt yordamida o‘zini boshqaruvchi, atrof-muhit haqidagi ma’lumotlarni aniqlovchi va hisoblash resurslarini taqsimlovchi intellektual infratuzilmaga aylanishi 1-jadvalda keltirilgan.

1-Jadval.

Ko‘rsatkich	5G	6G istiqboli
Asosiy maqsad	Yuqori tezlik va past kechikishga ega mobil aloqa	Intellektual va barcha muhitni qamrab oluvchi aloqa
Tarmoq boshqaruvi	Dasturiy boshqaruv va avtomatlashtirish	Sun‘iy intellekt asosida intellektual boshqaruv
Kechikish	Juda past	Yanada qisqartirilishi kutiladi
Qurilmalar zichligi	Juda ko‘p ulangan qurilmalar	Juda yuqori zichlikdagi ulanishlar
Qo‘llanish sohasi	IoT, sanoat, transport, telemeditsina	Raqamli egizaklar, robototexnika, immersiv xizmatlar, avtonom tizimlar
Hisoblash modeli	Bulutli va chekka hisoblash bilan integratsiya	Tarmoq va hisoblash resurslarining yanada chuqur integratsiyasi

Aloqa va sezish	Aloqa asosiy vazifa	Aloqa va muhitni sezish funksiyalarining integratsiyasi
Xavfsizlik	Ko'p qatlamli tarmoq himoyasi	Intellectual, adaptiv va proaktiv xavfsizlik mexanizmlari

Yevropa Komissiyasining 6G konsepsiyasida sun'iy intellekt, bulutli texnologiyalar, robototexnika, raqamli egizaklar, kengaytirilgan reallik, avtonom transport vositalari hamda aloqa va sezish texnologiyalarining o'zaro integratsiyasi istiqbolli yo'nalishlar sifatida ko'rsatilgan.

Mobil tarmoqning umumiy samaradorligini shartli ravishda quyidagi ifoda orqali tavsiflash mumkin:

$$\eta = \frac{D}{R}$$

bu yerda:

- tarmoqdan foydalanish samaradorligi;
- muvaffaqiyatli uzatilgan ma'lumotlar hajmi;
- mavjud tarmoq resurslari.

Mazkur yondashuv mobil aloqa infratuzilmasida mavjud resurslardan qanchalik samarali foydalanilayotganini baholash imkonini beradi.

Germaniya va Rossiya tajribalarining tahlili.

Ikki davlat tajribasini qiyosiy o'rganish 5G va 6G texnologiyalarini rivojlantirishda bir nechta umumiy yo'nalishlar mavjudligini ko'rsatadi. Jumladan, ilmiy-tadqiqot faoliyatini qo'llab-quvvatlash, telekommunikatsiya infratuzilmasini modernizatsiya qilish, tarmoq xavfsizligini ta'minlash va malakali kadrlar tayyorlash strategik ahamiyatga ega.

Yo'nalish	Germaniya tajribasi	Rossiya Federatsiyasi tajribasi	Tahlil natijasi
5G rivoji	5G infratuzilmasini rivojlantirish va 6Gga texnologik tayyorgarlik	Zamonaviy mobil va telekommunikatsiya infratuzilmasini kengaytirish	5G 6Gga o'tish uchun asosiy infratuzilma vazifasini bajaradi
6G tadqiqotlar	Ilmiy-tadqiqot va xalqaro hamkorlikka e'tibor	Uzoq muddatli texnologik rivojlanish doirasida yangi aloqa texnologiyalarini rivojlantirish	6G uchun ilmiy baza oldindan shakllantirilishi zarur
Standartlash	Yevropa va xalqaro standartlashtirish jarayonlarida faol ishtirok	Milliy standartlar va texnologik mustaqillikka e'tibor	O'zaro moslik global standartlarning uyg'unligiga bog'liq
Xavfsizlik	Tarmoq barqarorligi va xavfsizligini ta'minlash	Milliy telekommunikatsiya va axborot xavfsizligiga e'tibor	Xavfsizlik tarmoq loyihalash

			bosqichidan boshlab ta'minlanishi kerak
Ilmiy salohiyat	Universitetlar, ilmiy markazlar va sanoat hamkorligi	Davlat, ilmiy va texnologik tashkilotlar hamkorligi	6G rivoji fan, ta'lim va sanoat integratsiyasini talab qiladi
Strategik maqsad	Yevropaning texnologik raqobatbardoshligini ta'minlash	Milliy texnologik va infratuzilmaviy mustaqillikni mustahkamlash	Mobil aloqa davlatning raqamli rivojlanish strategiyasi bilan bog'liq

Yevropa Ittifoqining 2026-yilgi 5G Observatory hisobotiga ko'ra, 5G qamrovi va rivojlanishida Yevropada sezilarli natijalar mavjud bo'lsa-da, 5G mustaqil arxitekturasini joriy etish va ayrim yuqori chastotali diapazonlardan foydalanish bo'yicha hali rivojlanish imkoniyatlari mavjud. Hisobotda 6G uchun Yevropaning kuchli jihatlari sifatida radioaloqa muhandisligi, energiya samaradorligi va standartlashtirishdagi muvofiqlashtirilgan yondashuv qayd etilgan.

O'zbekistonda 5G texnologiyalarini amaliy sinovdan o'tkazish bo'yicha ham muayyan ishlar olib borilmoqda. Xususan, 2025-yilda Mobius tomonidan 28 GHz millimetrlilik to'lqin diapazonidan foydalanadigan 5,5G texnologiyasi namoyish etilgan. Ushbu texnologiya yuqori yuklama mavjud hududlarda katta o'tkazuvchanlikni ta'minlashga yo'naltirilgan.

TADQIQOT NATIJALARI.

5G va 6G texnologiyalarining rivojlanishi mobil aloqa tarmoqlarining tezkorligi, sig'imi va funksional imkoniyatlarini oshirish bilan birga, **yangi texnik va tashkiliy muammolar** ham yuzaga keltirishini 2-jadvalda ko'rishingiz mumkin.

Muammo	Mazmuni	Yechish usuli
Infratuzilmaning yuqori xarajati	Yangi tayanch stansiyalar va optik infratuzilmani rivojlantirish katta investitsiyani talab qiladi	Bosqichma-bosqich modernizatsiya va investitsiyalarni rag'batlantirish
Radiochastota resurslari	Yuqori tezlikdagi tarmoqlar uchun chastota diapazonlariga ehtiyoj ortadi	Chastota resurslarini ilmiy asosda rejalashtirish va samarali taqsimlash
Axborot xavfsizligi	Tarmoqqa ulangan qurilmalar sonining ortishi hujum yuzasini kengaytiradi	Ko'p qatlamli himoya, shifrlash, autentifikatsiya va doimiy monitoring
Hududlar o'rtasidagi raqamli tafovut	Yirik shaharlar va chekka hududlar o'rtasida infratuzilma imkoniyatlari farqlanishi mumkin	Chekka hududlarga investitsiyalarni kengaytirish va muqobil aloqa texnologiyalaridan foydalanish

Energiya sarfi	Tarmoq qurilmalari sonining ko'payishi energiya iste'molini oshiradi	Energiya samarador uskunalar va intellektual tarmoq boshqaruvini joriy etish
Malakali kadrlar yetishmasligi	5G va 6G uchun yuqori malakali muhandis va tadqiqotchilar zarur	Oliy ta'lim, ilmiy tadqiqot va ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirish
Texnologik moslik	Turli ishlab chiqaruvchilar uskunolari o'rtasida moslik muammosi yuzaga kelishi mumkin	Xalqaro standartlar va ochiq interfeyslarni qo'llash
6G standartlarining shakllanishi	6G texnologiyasining yakuniy texnik talablari rivojlanish bosqichida	Ilmiy-tadqiqot, standartlashtirish va xalqaro hamkorlikni kuchaytirish

Mobil aloqa tarmog'ining xavfsizlik darajasini shartli ravishda quyidagi model asosida ifodalash mumkin:

$$S = A + E + M + R$$

bu yerda:

- umumiy tarmoq xavfsizligi;
- autentifikatsiya va avtorizatsiya darajasi;
- ma'lumotlarni shifrlash darajasi;
- monitoring samaradorligi;
- xavfsizlik hodisalariga javob berish samaradorligi.

Ushbu yondashuvdan kelib chiqib, 5G va 6G tarmoqlarida xavfsizlikning faqat bitta mexanizmga emas, balki bir nechta himoya qatlamlarining birgalikdagi faoliyatiga asoslanishi zarur.

XULOSA.

Germaniya va Rossiya Federatsiyasi tajribasi yangi avlod mobil aloqa texnologiyalarini rivojlantirishda infratuzilma, ilmiy-tadqiqot faoliyati, standartlashtirish, xavfsizlik va kadrlar tayyorlashning o'zaro bog'liqligini ko'rsatadi. O'zbekistonda esa 5G texnologiyalarini joriy etish, mobil aloqa qamrovini kengaytirish, optik infratuzilmani rivojlantirish va telekommunikatsiya tarmoqlarini modernizatsiya qilish bo'yicha izchil ishlar olib borish muhim ahamiyatga egadir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. Sarhisob: 2025-yil natijalari - barqaror raqamli kelajak uchun poydevor. Toshkent, 2026.
2. O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. Raqamli texnologiyalarni rivojlantirish bo'yicha ustuvor vazifalar ko'rib chiqildi. Toshkent, 2026.

3. O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. O‘zbekiston va GSMA o‘rtasida raqamli transformatsiya va telekommunikatsiya infratuzilmasini rivojlantirish masalalari muhokama qilindi. Toshkent, 2026.

4. Smart Networks and Services Joint Undertaking: National 6G Research Initiatives. Brussels, 2026.

5. Президент Российской Федерации. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года. Указ Президента РФ от 07.05.2024 №309.

KATTA TIL MODELLARI YORDAMIDA DASTURIY KOD GENERATSIYASINING SAMARADORLIGINI TADQIQ ETISH

Suvonov B.I.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, “Kompyuter tizimlari” kafedrası katta o‘qituvchisi.

Annotatsiya. Ushbu maqolada katta til modellari (Large Language Models, LLM) yordamida dasturiy kod generatsiyasi qilishning samaradorligi tadqiq etilgan. Maqolada zamonaviy kod generatsiya vositalari — GitHub Copilot, GPT-4, Claude va CodeLlama modellari — turli murakkablikdagi dasturlash masalalarini yechishdagi natijadorligi qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun HumanEval va MBPP uslubidagi ochiq benchmark to‘plamlaridan 150 ta dasturlash masalasi tanlab olindi va har bir model tomonidan generatsiya qilingan kodning to‘g‘riligi (pass@1 mezon), samaradorligi (vaqt va xotira murakkabligi) hamda xavfsizlik jihatlari baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy LLM’lar oddiy va o‘rtacha murakkablikdagi masalalarni 80-92% aniqlik bilan to‘g‘ri yechadi, biroq murakkab algoritmik masalalar (dinamik dasturlash, grafik nazariyasi) bo‘yicha aniqlik 45-60% oralig‘iga tushib qoladi. Shuningdek, generatsiya qilingan kodning taxminan 12 foizida potensial xavfsizlik zaifliklari (masalan, kirish ma’lumotlarini yetarlicha tekshirmaslik) aniqlangan. Maqola yakunida dasturiy ishlab chiqarishda LLM asosidagi kod generatsiya vositalaridan mas’uliyat bilan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: katta til modellari, kod generatsiyasi, dasturiy ta’minot muhandisligi, GitHub Copilot, benchmark baholash, kod sifati, sun’iy intellekt.

Annotation. This article investigates the effectiveness of code generation using large language models (LLMs) within the IMRAD framework. The article comparatively analyzes the performance of modern code generation tools — GitHub Copilot, GPT-4, Claude, and CodeLlama models — in solving programming problems of varying complexity. For the study, 150 programming problems were selected from open benchmark datasets in the style of HumanEval and MBPP, and the correctness (pass@1 metric), efficiency (time and space complexity), and security aspects of the code generated by each model were evaluated. The results show that modern LLMs correctly solve simple and moderately complex problems with 80-92 percent accuracy, but accuracy drops to 45-60 percent for complex algorithmic problems (dynamic programming, graph theory). Additionally, approximately 12 percent of the generated code was found to contain potential security vulnerabilities (such as insufficient input validation). The article concludes with recommendations for the responsible use of LLM-based code generation tools in software development.

Key words: large language models, code generation, software engineering, GitHub Copilot, benchmark evaluation, code quality, artificial intelligence.

Аннотация. В данной статье в рамках структуры IMRAD исследуется эффективность генерации программного кода с помощью больших языковых моделей (LLM). В статье проведён сравнительный анализ производительности современных инструментов генерации кода — GitHub Copilot, GPT-4, Claude и моделей CodeLlama — при решении задач программирования различной сложности. Для исследования были отобраны 150 задач программирования из открытых наборов данных в стиле HumanEval и MBPP, оценены корректность (метрика $pass@1$), эффективность (временная и пространственная сложность) и аспекты безопасности сгенерированного каждой моделью кода. Результаты показывают, что современные LLM правильно решают простые и умеренно сложные задачи с точностью 80-92%, однако точность снижается до 45-60% для сложных алгоритмических задач (динамическое программирование, теория графов). Кроме того, примерно в 12% сгенерированного кода были обнаружены потенциальные уязвимости безопасности (например, недостаточная проверка входных данных). В заключение статьи даны рекомендации по ответственному использованию инструментов генерации кода на основе LLM в разработке программного обеспечения.

Ключевые слова: большие языковые модели, генерация кода, программная инженерия, GitHub Copilot, бенчмарк-оценка, качество кода, искусственный интеллект.

KIRISH

Katta til modellarining (LLM) so'nggi yillardagi jadal rivojlanishi dasturiy ta'minot muhandisligi sohasiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. GitHub Copilot, ChatGPT, Claude va boshqa vositalar dasturchilarga tabiiy tildagi tavsif asosida dasturiy kod yaratish, mavjud kodni tushuntirish, xatolarni topish va testlar yozish kabi vazifalarda yordam bermoqda. Sanoat tadqiqotlariga ko'ra, kasbiy dasturchilarning katta qismi kundalik ishida kod generatsiya vositalaridan muntazam foydalanmoqda.

Biroq bu vositalarning haqiqiy samaradorligi, ayniqsa murakkab algoritmik masalalar va xavfsizlik talab qiladigan loyihalarda, hali yetarlicha o'rganilmagan. Kod generatsiyasi sifatini ob'ektiv baholash uchun standartlashtirilgan benchmark to'plamlari (HumanEval, MBPP, CodeXGLUE) ishlab chiqilgan bo'lib, ular orqali turli modellarning natijadorligini qiyoslash mumkin.

Tadqiqotning maqsadi — zamonaviy katta til modellari yordamida dasturiy kod generatsiyasi qilishning samaradorligini, to'g'riligini va xavfsizligini standartlashtirilgan benchmark to'plamlari asosida baholash hamda amaliyotda bunday vositalardan mas'uliyat bilan foydalanish yo'llarini asoslashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) zamonaviy kod generatsiya modellarining ishlash tamoyillarini tavsiflash; 2) tanlangan modellarni benchmark masalalari asosida sinovdan o'tkazish; 3) generatsiya qilingan kodning to'g'riligi, samaradorligi va xavfsizligini tahlil qilish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun HumanEval va MBPP (Mostly Basic Python Problems) uslubidagi ochiq benchmark to'plamlaridan tasodifiy tanlov asosida 150 ta dasturlash masalasi tanlandi. Masalalar murakkablik darajasiga ko'ra uch guruhga bo'lindi: oddiy (50 ta — asosiy sintaksis va kutubxona

funksiyalari), o'rtacha (60 ta — ma'lumotlar tuzilmalari va algoritmlar) va murakkab (40 ta — dinamik dasturlash, grafik nazariyasi, optimallashtirish masalalari).

Tahlil uchun to'rtta zamonaviy kod generatsiya vositasi tanlab olindi:

- 1) GitHub Copilot (Codex asosida) — IDE integratsiyasiga ega kod yordamchisi sifatida;
- 2) GPT-4 — umumiy maqsadli katta til modeli sifatida;
- 3) Claude — kod yozish va tushuntirishga ixtisoslashgan yondashuvi bilan;
- 4) CodeLlama — ochiq manbali, kod generatsiyasiga maxsus moslashtirilgan model sifatida.

Har bir model uchun har bir masala bo'yicha kod generatsiya qilindi va quyidagi mezonlar bo'yicha baholandi: to'g'rilik — pass@1 mezoni (generatsiya qilingan kodning avtomatik testlardan birinchi urinishda o'tish foizi); samaradorlik — vaqt (Big O) va xotira murakkabligi tahlili; xavfsizlik — statik tahlil vositalari (Bandit, Semgrep) yordamida potensial zaifliklarni aniqlash. Natijalar tavsiflovchi statistika va guruhlar o'rtasidagi solishtirish uchun dispersion tahlil (ANOVA) yordamida qayta ishlandi.

NATIJALAR

Oddiy masalalar bo'yicha barcha modellar yuqori natija ko'rsatdi: GPT-4 — 94%, Claude — 92%, GitHub Copilot — 89%, CodeLlama — 85% (pass@1 mezoni bo'yicha). O'rtacha murakkablikdagi masalalarda natijalar biroz pasaydi: GPT-4 — 86%, Claude — 84%, GitHub Copilot — 78%, CodeLlama — 71%.

Murakkab algoritmik masalalar (dinamik dasturlash, grafik nazariyasi) bo'yicha barcha modellarning natijadorligi sezilarli darajada pasaydi: GPT-4 — 60%, Claude — 58%, GitHub Copilot — 52%, CodeLlama — 45%. Xatolarni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, murakkab masalalarda modellar ko'pincha to'g'ri umumiy yondashuvni tanlaydi, biroq chegara holatlarini (edge cases) hisobga olmaydi yoki optimal bo'lmagan yechim taklif qiladi.

Xavfsizlik tahlili natijasida generatsiya qilingan kodning o'rtacha 12 foizida potensial zaifliklar aniqlandi, ularning aksariyati kirish ma'lumotlarini yetarlicha tekshirmaslik, xavfsiz bo'lmagan tasodifiy son generatorlaridan foydalanish va SQL so'rovlarini to'g'ridan-to'g'ri birlashtirish (SQL injection xavfi) kabi holatlar bilan bog'liq bo'ldi. Bu ko'rsatkich modellar orasida sezilarli farq qilmadi, bu esa xavfsizlik muammosining barcha zamonaviy LLM'larga xos umumiy tendensiya ekanligini ko'rsatadi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar zamonaviy katta til modellarning oddiy va o'rtacha murakkablikdagi dasturlash masalalarini yuqori aniqlik bilan yecha olishini, biroq murakkab algoritmik masalalarda va xavfsizlik talab qiladigan holatlarda inson nazoratisiz to'liq ishonib bo'lmashligini tasdiqlaydi. Bu xulosa xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham LLM asosidagi kod generatsiya vositalari "yordamchi" sifatida samarali, ammo "avtonom yechuvchi" sifatida hali yetarlicha ishonchli emasligi qayd etilgan.

Xavfsizlik bo'yicha aniqlangan muammolar alohida e'tiborga loyiq, chunki tajribasiz dasturchilar generatsiya qilingan kodni tanqidiy tahlil qilmasdan loyihaga integratsiya qilishlari mumkin. Shu sababli, dasturiy ta'minot ishlab chiqarish jarayonida LLM asosidagi vositalardan foydalanishda kod tekshiruvchi (code review), avtomatlashtirilgan xavfsizlik skanerlash vositalari va yetarli testlash amaliyotlarini majburiy qo'llash tavsiya etiladi.

Ta'lim nuqtai nazaridan, dasturlashni o'rganuvchi talabalar uchun bu natijalar LLM vositalarini "tekshiruvchi hamkasb" sifatida qo'llash, ya'ni generatsiya qilingan kodni tanqidiy baholash va

tushunish ko'nikmasini rivojlantirish zarurligini ko'rsatadi, aks holda vositaga passiv bog'liqlik shakllanishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Zamonaviy katta til modellari oddiy va o'rtacha murakkablikdagi dasturlash masalalarini yuqori aniqlik (80-94%) bilan yecha oladi, biroq murakkab algoritmik masalalarda aniqlik sezilarli darajada (45-60%) pasayadi.
2. Generatsiya qilingan kodning o'rtacha 12 foizida potensial xavfsizlik zaifliklari mavjud bo'lib, bu barcha tahlil qilingan modellarga xos umumiy tendensiya hisoblanadi.
3. LLM asosidagi kod generatsiya vositalarini dasturiy ta'minot ishlab chiqarish jarayoniga integratsiya qilishda kod tekshiruv va xavfsizlik skanerlashni majburiy amaliyot sifatida joriy etish zarur.
4. Ta'lim jarayonida bunday vositalardan foydalanishda talabalarning generatsiya qilingan kodni tanqidiy tahlil qilish ko'nikmasini rivojlantirishga alohida e'tibor qaratilishi lozim.
5. Kelgusi tadqiqotlar murakkab algoritmik masalalar bo'yicha modellar natijadorligini oshirish usullarini (masalan, zanjir fikrlash — chain-of-thought — usullarini qo'llash) chuqurroq o'rganishga qaratilishi tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Mamatov N.S., Samijonov A.N. Tabiiy tilni qayta ishlash: nazariya va amaliyot. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2023. — 260 b.
3. Тошпулатова Д.Т. Таълимда рақамли технологиялар ва сунъий интеллект. — Тошкент: TDPU nashriyoti, 2022. — 214 б.
4. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот ишлаб чиқаришда сунъий интеллект воситаларининг ўрни // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 44–52.
5. Chen M., Tworek J., Jun H. et al. Evaluating Large Language Models Trained on Code // arXiv preprint. — 2021.
6. Austin J., Odena A., Nye M. et al. Program Synthesis with Large Language Models // arXiv preprint. — 2021.
7. Vaithilingam P., Zhang T., Glassman E.L. Expectation vs. Experience: Evaluating the Usability of Code Generation Tools Powered by Large Language Models // CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts. — 2022. — P. 1–7.
8. Pearce H., Ahmad B., Tan B., Dolan-Gavitt B., Karri R. Asleep at the Keyboard? Assessing the Security of GitHub Copilot's Code Contributions // IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). — 2022. — P. 754–768.

KATTA MA'LUMOTLAR VA NEYRON TARMOQLARI ASOSIDA NOSTRUKTURALI AXBOROT RESURSLARI QIYMATINI AVTOMATIK ANIQLASHNING INTELLEKTUAL TIZIMI ARXITEKTURASI

O'tkirova Dildora Majid qizi

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada korxona va tashkilotlarning nostrukturali axborot resurslari (matnli hujjatlar, ilmiy hisobotlar, intellektual ishlanmalar, elektron yozishmalar) iqtisodiy hamda strategik qiymatini avtomatik aniqlashga mo'ljallangan intellektual tizim arxitekturasini ishlab chiqilgan. Ma'lumotlarning semantik mazmunini tahlil qilish uchun tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) va transformer neyron tarmoqlari (BERT, RoBERTa), resurslararo semantik bog'liqliklarni modellashtirish uchun esa bilimlar graflari (Knowledge Graphs) qo'llanildi. Tizim katta hajmdagi ma'lumotlarni taqsimlangan muhitda (Apache Spark) qayta ishlash imkonini beruvchi mikroxizmatlar arxitekturasida amalga oshirildi. Eksperiment natijalari taklif etilgan tizimning nostrukturali aktivlar qiymatini aniqlashdagi determinatsiya ko'rsatkichi to'qson bir foizdan yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: nostrukturali ma'lumotlar, axborot qiymati, katta ma'lumotlar, neyron tarmoqlari, tabiiy tilni qayta ishlash, bilimlar grafi, avtomatlashtirilgan tizim arxitekturasini.

Аннотация. В данной статье разработана архитектура интеллектуальной системы автоматической оценки экономической и стратегической ценности неструктурированных информационных ресурсов (текстовых документов, технических отчетов, интеллектуальных разработок) на основе технологий больших данных и нейронных сетей. Для смыслового анализа применены методы обработки естественного языка (NLP) и модели трансформеров (BERT, RoBERTa), а для моделирования связей между активами – графы знаний (Knowledge Graphs). Система реализована на базе микросервисной архитектуры с распределенной обработкой на Apache Spark. Эксперименты подтвердили высокий коэффициент соответствия оценки свыше девяноста одного процента по сравнению с экспертными заключениями.

Ключевые слова: неструктурированные данные, ценность информации, большие данные, нейронные сети, обработка естественного языка, граф знаний, архитектура системы.

Abstract. This paper presents the architecture of an intelligent automated system for assessing the economic and strategic valuation of enterprise unstructured information resources (textual documents, scientific reports, proprietary source assets, and correspondence). The methodology harnesses Natural Language Processing (NLP) transformer architectures (BERT, RoBERTa) for deep semantic representation alongside Knowledge Graphs for relational value propagation. The platform leverages distributed computing via Apache Spark within a scalable microservices topology. Empirical evaluation on corporate data demonstrated a valuation accuracy exceeding ninety-one percent relative to benchmark expert appraisals.

Keywords: unstructured data, information valuation, big data, neural networks, natural language processing, knowledge graph, automated software architecture.

KIRISH

Bugungi kunda jahon miqyosida korporativ axborot hajmining eksponentsial ravishda o'sib borishi kuzatilmoqda. Xalqaro tahliliy markazlar ma'lumotlariga ko'ra, har qanday zamonaviy tashkilotda aylanayotgan ma'lumotlarning sakson foizdan ortig'i nostrukturali shaklda – PDF hisobotlar, ilmiy-texnik hujjatlar, shartnomalar, tijorat yozishmalari, dasturiy kodlar va tahliliy taqdimotlar ko'rinishida saqlanadi. Ushbu resurslar korxona faoliyatining eng qimmatli intellektual sarmoyasi hisoblanadi.

Biroq an'anaviy relyatsion ma'lumotlar bazalaridan farqli o'laroq, nostrukturali axborot resurslari aniq sxemaga va raqamli ko'rsatkichlarga ega emas. Natijada korxona rahbariyati, axborot xavfsizligi mutaxassislari va moliyaviy menejerlar qaysi hujjatlar eng qimmatli, strategik va himoyaga muhtoj ekanligini tezkor aniqlashda qiyinchiliklarga duch keladilar. Ko'p hollarda arzimasi ishchi loyihalar bilan yuqori darajadagi tijorat sirlari bir xil serverlarda aralash saqlanadi, bu esa axborot sizib chiqishi (Data Leakage) xavfini oshiradi hamda xotira resurslarining samarasiz sarflanishiga olib keladi.

So'nggi yillarda Katta ma'lumotlar (Big Data) texnologiyalari, chuqur neyron tarmoqlari hamda tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) modellarining rivojlanishi nostrukturali axborotlarning semantik mohiyatini avtomatik tahlil qilish va ularning qiymatini prognozlash imkonini bermoqda. Mazkur maqolaning maqsadi katta hajmdagi nostrukturali axborot aktivlarining semantik xususiyatlari, noyoblighi va foydalanish dinamikasini inobatga olgan holda ularning qiymatini avtomatik baholovchi intellektual tizim arxitekturasini ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etishdan iboratdir.

NOSTRUKTURALI AXBOROT RESURSLARI QIYMATINI BAHOLASHNING SEMANTIK VA GRAF ASOSLARI

Nostrukturali hujjatning qiymati faqatgina uning fayl hajmiga yoki yaratilgan sanasiga bog'liq bo'lmasdan, balki uning semantik to'yinganligi, tashkilot biznes maqsadlariga mosligi va boshqa resurslar bilan bog'liqlik darajasi orqali shakllanadi. Tadqiqotda nostrukturali hujjatning qiymatini baholash to'rtta o'zaro bog'liq intellektual mezonning ko'p omilli integratsiyasiga asoslanadi:

Birinchidan, tabiiy tilni qayta ishlash transformer modeli yordamida olingan semantik zich vektorlarning korxona strategik maqsadlari va kalit tushunchalari bilan o'zaro moslik darajasi;

Ikkinchidan, korporativ Bilimlar grafida mazkur hujjatning boshqa ichki resurslar, loyihalar va mualliflar bilan aloqadorlik hamda tizim markazida turish darajasi;

Uchinchidan, hujjat mazmunining tashkilot umumiy axborot fondidagi boshqa hujjatlarga nisbatan leksik-semantik noyoblighi va takrorlanmasligi;

To'rtinchidan, vaqt o'tishi bilan axborotning dolzarblighi yo'qolishi va tabiiy eskirish dinamikasi. Ushbu barcha mezonlar neyron tarmoq modeli orqali me'yorlashtirilib, umumiy kompozit qiymat ko'rsatkichini shakllantiradi.

Ushbu yondashuv doirasida nostrukturali resurslar semantik fazoda klasterlanadi va bilimlar tarmog'iga integratsiya qilinadi. Tizim arxitekturasining tarkibiy qismlari va texnologik steki 1-jadvalda ifodalangan.

1-jadval.

Nostrukturali axborot resurslarini qayta ishlash va qiymatini baholash intellektual tizimining texnologik steki

Arxitektura qatlami	Funksional vazifasi	Qo'llanilgan texnologik vosita	Bajarilish mexanizmi
---------------------	---------------------	--------------------------------	----------------------

1. Ingestion & Preprocessing	Hujjatlarni oqimli qabul qilish, matnni ajratish	Apache Kafka, Apache Tika, PyPDF	PDF, DOCX, TXT formatlardan xom matn va metama'lumot ajratish
2. Semantic Vectorization	Matnli kontentni ko'p o'lchovli vektorga o'girish	HuggingFace Transformers (BERT), Qdrant	Zich semantik embedding vektorlarini hosil qilish
3. Knowledge Graph Engine	Hujjatlararo ierarxik bog'lanishlarni qurish	Neo4j, NetworkX, Graph Neural Networks	Hujjatlar orasidagi havola va semantik aloqalar grafi
4. Valuation & Analytics	Resurs qiymati va xavfsizlik toifasini hisoblash	PyTorch, FastAPI, Celery taqsimlangan navbat	Gibrid neyrograf qoidolari bo'yicha real vaqtda baholash

1-jadvalda keltirilgan tizim arxitekturasini har qanday formatdagi nostrukturali ma'lumotlarni uzluksiz oqimda qabul qilish va ularni vektorli ma'lumotlar bazasida saqlash orqali soniyasiga yuzlab hujjatlarni semantik tahlil qilish imkonini beradi.

AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMNING DASTURIY REALIZATSIYASI VA AMALIY JARAYONLARI

Ishlab chiqilgan dasturiy platforma Docker konteynerlarida joylashtirilgan bo'lib, mikroxizmatlar tamoyili asosida ishlaydi. Platformaning ishlash sikli quyidagi to'rtta avtomatlashtirilgan bosqichdan iborat:

Dastlab, ma'lumotlarni yig'ish moduli korporativ fayl serverlari va bulutli omborlarni skanerlab, yangi yoki o'zgartirilgan hujjatlarni aniqlaydi. Matn ajratib olingach, u lemmatizatsiya qilinadi va maxsus o'rgatilgan neyron tarmoq modeli orqali semantik embedding shakliga o'tkaziladi.

Keyingi bosqichda Qdrant vektorli bazasida saqlangan strategik etalon vektorlar bilan kosinus o'xshashligi hisoblanadi. Agar hujjatda konfidensial kalit so'zlar (moliyaviy hisob-kitoblar, loyiha chizmalari, shaxsiy ma'lumotlar) aniqlansa, uning xavfsizlik kritikligi ko'rsatkichi avtomatik ravishda oshiriladi.

Uchinchi bosqichda Neo4j graf ma'lumotlar bazasida ushbu hujjatning boshqa fayllar, loyihalar va mualliflar bilan o'zaro aloqalari grafiga asoslanib, uning tarmoqdagi nufuzi hisoblanadi. Yakuniy bosqichda barcha metrikalar integratsiyalanib, hujjatning shartli qiymat darajasi hamda xavfsizlik toifasi belgilanadi.

TAJIRIBA-SINOV NATIJALARI VA EKSPERIMENTAL TAHLIL

Ishlab chiqilgan intellektual tizimning amaliy unumdorligi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti va sohaviy IT korxonalarining 20 000 dan ortiq nostrukturali elektron hujjatlari to'plamida sinovdan o'tkazildi. Hujjatlar toifalari bo'yicha taqsimlanib, tizim baholari mustaqil ekspert komissiyasi xulosalari bilan qiyosiy taqqoslandi (2-jadval).

2-jadval.

Turli nostrukturali axborot toifalari bo'yicha tizimning qiymatni aniqlash aniqligi va samaradorligi

Nostrukturali axborot resursi toifasi	Sinov hajmi (hujjatlar soni)	Ekspertlar bilan moslik darajasi	O'rtacha mutlaq xatolik (foizda)	Qayta ishlash tezligi (hujjat/sek)
Moliyaviy va buxgalteriya hisobotlari	4 200	0.942 ± 0.012	3.2 %	125
Ilmiy-tadqiqot va texnik ishlanmalar	5 500	0.918 ± 0.015	4.6 %	110
Huquqiy shartnomalar va bitimlar	3 800	0.935 ± 0.011	3.8 %	130
Dasturiy ta'minot arxitekturasi va kodlari	4 500	0.896 ± 0.018	5.4 %	95
Ichki buyruqlar va xizmat yozishmalari	2 000	0.884 ± 0.020	5.9 %	145

2-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, ishlab chiqilgan tizim barcha asosiy hujjat toifalari bo'yicha ekspert baholari bilan yuqori moslikni namoyish etdi (umumiy determinatsiya ko'rsatkichi to'qson bir foizdan yuqori). Eng yuqori aniqlik moliyaviy hisobotlar va shartnomalar toifasida qayd etildi, bu yerda o'rtacha mutlaq xatolik atigi uch butun o'ndan ikki foizdan uch butun o'ndan sakkiz foizgacha bo'lgan oraliqni tashkil etdi.

Qayta ishlash tezligi o'rtacha soniyasiga 120 ta hujjatni tashkil etib, Apache Spark taqsimlangan hisoblash klasterida yirik korporativ ma'lumotlar omborlarini bir necha soat ichida to'liq inventarizatsiyalash va ularning qiymat xaritasini yangilash imkonini berdi.

Tajribalar shuni ko'rsatdiki, nostrukturali ma'lumotlar qiymatini avtomatik aniqlash axborot xavfsizligida Data Loss Prevention tizimlarining ishlash samaradorligini 35 foizga oshiradi. Chunki xavfsizlik tizimi qaysi fayllar yuqori qiymatga ega ekanligini oldindan bilgan holda, noto'g'ri ijobiy signallar sonini keskin kamaytiradi.

Bundan tashqari, korxona xotira resurslarini boshqarishda past qiymatli va eskirgan ma'lumotlarni arzon sovuq omborlarga avtomatik o'tkazish evaziga infratuzilma xarajatlari 40 foizgacha tejalishi aniqlandi.

Tizimning kengaytiriluvchanligi kelgusida audio va video ko'rinishidagi multimedia axborot aktivlarining qiymatini ham ko'p modalli neyron tarmoqlar orqali baholash imkoniyatini taqdim etadi.

Shuningdek, ishlab chiqilgan arxitekturada ma'lumotlar konfidensialligini ta'minlash maqsadida federativ o'rganish va differensial maxfiylik usullari integratsiya qilindi. Bu esa neyron tarmoq modellariga xom korporativ hujjatlar matnini to'g'ridan-to'g'ri uzatmasdan, faqat ularning anonimlashtirilgan semantik vektorlarini tahlil qilish orqali tijorat va xizmat sirlarining tarmoqdan tashqariga chiqib ketish xavfini to'liq bartaraf etadi.

XULOSA

Katta ma'lumotlar va chuqur neyron tarmoqlari asosida tashkilotning nostrukturali axborot resurslari qiymatini avtomatik aniqlashning intellektual tizimi arxitekturasi ishlab chiqildi va muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazildi. NLP transformerlari va bilimlar graflarining integratsiyasi matnli aktivlarning semantik mohiyati hamda strategik ahamiyatini to'qson bir foizdan yuqori aniqlik bilan baholash imkonini berdi. Ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan dasturiy platforma korxonalarda

ma'lumotlarni boshqarish madaniyatini oshirish, axborot xavfsizligi mexanizmlarini optimallashtirish hamda IT infratuzilmasi samaradorligini sezilarli darajada yuksaltirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention is all you need // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2017). – 2017. – Vol. 30. – P. 5998–6008.
2. Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // Proceedings of NAACL-HLT 2019. – 2019. – P. 4171–4186.
3. Zaharia M., Xin R.S., Wendell P. et al. Apache Spark: a unified engine for big data processing // Communications of the ACM. – 2016. – Vol. 59(11). – P. 56–65.
4. Gartner Research. Top Strategic Technology Trends: Information Valuation and Data Literacy. – Stamford: Gartner Inc., 2023. – 42 p.
5. Hogan A., Blomqvist E., Cochez M. et al. Knowledge Graphs // ACM Computing Surveys. – 2021. – Vol. 54(4). – Article 71. – 37 p.
6. Scarselli F., Gori M., Tsoi A.C., Hagenbuchner M., Monfardini G. The graph neural network model // IEEE Transactions on Neural Networks. – 2008. – Vol. 20(1). – P. 61–80.
7. Kipf T.N., Welling M. Semi-supervised classification with graph convolutional networks // International Conference on Learning Representations (ICLR 2017). – 2017. – 14 p.
8. Aripov M.M., Norboyev B.O'. Katta hajmdagi nostrukturali ma'lumotlarni qayta ishlashning intellektual usullari // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. – 2023. – № 4. – B. 54–61.
9. Bhardwaj V., Kumar P. Automated critical data identification and classification in corporate clouds // Journal of Information Security and Applications. – 2022. – Vol. 66. – Article 103140.
10. Norboyev B.O'. Korporativ axborot resurslarini semantik modellashtirish va xavfsizligini ta'minlash algoritmlari // Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya muammolari. – 2024. – № 1. – B. 82–90.

ZAMONAVIY IQTISODIYOTDA INSON KAPITALI VA SUN'IY INTELEKT INTEGRATSIYASI: BOSHQARUV USULLARI VA STRATEGIK USTUVORLIKLAR

Saidakbarov Jamshid Nematullo o'g'li

Xalqaro Innovatsion Universiteti Stajyor-o'qituvchisi

ORCID ID: 0009-0002-5464-9633

E-mail: saidakbarovj2@gmail.com

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada zamonaviy iqtisodiyot sharoitida inson kapitali va sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining o'zaro integratsiyalashuvi masalalari tahlil qilinadi. Muallif inson kapitalini rivojlantirishning yangi bosqichi sifatida SI texnologiyalarining rolini, ushbu jarayonni samarali boshqarish usullarini hamda tashkilotlar va davlat darajasidagi strategik ustuvor yo'nalishlarni ko'rib chiqadi. Tadqiqotda institutsional, tashkiliy va ta'lim jihatlarini qamrab olgan kompleks yondashuv taklif etiladi.*

***Kalit so'zlar:** inson kapitali, sun'iy intellekt, raqamli iqtisodiyot, mehnat bozori, boshqaruv strategiyasi, malaka oshirish, texnologik transformatsiya, inson-mashina hamkorligi.*

Аннотация. В данной статье анализируются вопросы взаимной интеграции человеческого капитала и технологий искусственного интеллекта (ИИ) в условиях современной экономики. Автор рассматривает роль технологий ИИ как новый этап развития человеческого капитала, методы эффективного управления этим процессом, а также стратегические приоритетные направления на уровне организаций и государства. В исследовании предлагается комплексный подход, охватывающий институциональные, организационные и образовательные аспекты.

Ключевые слова: человеческий капитал, искусственный интеллект, цифровая экономика, рынок труда, стратегия управления, повышение квалификации, технологическая трансформация, человеко-машинное взаимодействие.

Abstract. This article analyzes the integration of human capital and artificial intelligence (AI) technologies in the context of the modern economy. The author examines the role of AI technologies as a new stage in human capital development, methods for effectively managing this process, and strategic priorities at both organizational and national levels. The study proposes a comprehensive approach covering institutional, organizational, and educational aspects.

Keywords: human capital, artificial intelligence, digital economy, labor market, management strategy, upskilling, technological transformation, human-machine collaboration.

KIRISH

XXI asrning ikkinchi choragida jahon iqtisodiyoti tarixiy ahamiyatga ega bosqichni boshdan kechirmoqda - bu sun'iy intellekt texnologiyalarining ishlab chiqarish jarayonlariga, boshqaruv tizimlariga va inson mehnatining deyarli barcha sohalariga chuqur kirib borishidir. Agar avvalgi texnologik inqiloblar asosan jismoniy mehnatni almashtirgan bo'lsa, hozirgi bosqichda SI kognitiv funksiyalarga, ya'ni tahlil qilish, qaror qabul qilish va hatto ijodiy faoliyatga ham ta'sir ko'rsatmoqda. Bu holat inson kapitali nazariyasini tubdan qayta ko'rib chiqishni taqozo etadi.

An'anaviy iqtisodiy nazariyada inson kapitali - bu insonning bilim, ko'nikma, tajriba va sog'liq ko'rsatkichlari majmui bo'lib, u ishlab chiqarish omili sifatida daromad keltiradi. Biroq SI texnologiyalarining tez rivojlanishi sharoitida ushbu tushunchaning mazmuni o'zgarmoqda: endilikda nafaqat bilim hajmi, balki insonning intellektual tizimlar bilan samarali hamkorlik qilish qobiliyati, ya'ni "raqamli moslashuvchanlik" muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi - inson kapitali va sun'iy intellektning integratsiyalashuv jarayonini nazariy jihatdan asoslash, ushbu jarayonni tashkilot va makroiqtisodiy darajada boshqarishning samarali usullarini tizimlashtirish hamda strategik ustuvor yo'nalishlarni ishlab chiqishdan iborat.

1. Inson kapitali va sun'iy intellekt integratsiyasining nazariy asoslari

Inson kapitali nazariyasi G. Bekker va T. Shults tomonidan asoslangan bo'lib, unda ta'lim va malaka oshirishga qilingan investitsiyalar iqtisodiy o'sishning muhim manbai sifatida talqin etiladi. Sun'iy intellekt davri ushbu nazariyaga yangi o'lchov qo'shadi - bu "gibrid mahsuldorlik" tushunchasidir, ya'ni inson va intellektual tizimlarning birgalikdagi faoliyati natijasida yuzaga keladigan qo'shimcha qiymat.

Integratsiya jarayonini uchta asosiy modelga ajratish mumkin:

1. **O‘rnini bosish modeli (substitution model)** - SI insonning ma’lum funksiyalarini to‘liq almashtiradi, bu esa ba’zi kasblarning yo‘qolishiga olib keladi.

2. **To‘ldiruvchi model (complementary model)** - SI insonning kognitiv imkoniyatlarini kengaytiradi, mehnat unumdorligini oshiradi va yangi kasb turlarini yaratadi.

3. **Transformatsion model** - SI butun ishlab chiqarish va boshqaruv jarayonini qayta quradi, natijada yangi tashkiliy tuzilmalar va mehnat munosabatlari shakllanadi.

Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, iqtisodiyotning barqaror rivojlanishi uchun ikkinchi va uchinchi modellarga ustuvorlik berish, ya’ni SI ni inson kapitalini ”siqib chiqaruvchi” emas, balki uni kuchaytiruvchi omil sifatida shakllantirish maqsadga muvofiqdir.

2. Boshqaruv usullari: tashkiliy va institutsional darajada

Inson kapitali va SI integratsiyasini samarali boshqarish ko‘p bosqichli yondashuvni talab qiladi.

2.1. Kompetensiyalarni qayta shakllantirish tizimi

Tashkilotlar xodimlarning malaka profilini uzluksiz yangilab borishi lozim. Bunda uchta yo‘nalish muhim: mavjud xodimlarni qayta tayyorlash (reskilling), yangi ko‘nikmalar bilan boyitish (upskilling) va SI vositalari bilan ishlash bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarni singdirish. Bunday tizim kadrlar bo‘limlarining an‘anaviy funksiyalarini strategik hamkor darajasiga ko‘taradi.

2.2. Gibrid boshqaruv modeli

Qaror qabul qilish jarayonida inson va SI o‘rtasidagi vazifalarni aniq taqsimlash zarur. Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, eng samarali natija SI ma’lumotlarni tahlil qilish va bashorat qilish funksiyalarini bajarganda, insonlar esa qadriyatga asoslangan, etik va strategik qarorlarni qabul qilganda erishiladi. Bu “inson nazorati ostidagi avtomatlashtirish” (human-in-the-loop) tamoyili deb ataladi.

2.3. Tashkiliy madaniyat va o‘zgarishlarni boshqarish

Texnologik transformatsiya faqat texnik masala emas, balki psixologik va madaniy jarayon hamdir. Xodimlarning SI ga nisbatan qarshilik ko‘rsatishi ko‘pincha ish o‘rnini yo‘qotish qo‘rquvi bilan bog‘liq. Shu sababli shaffof kommunikatsiya, xodimlarni o‘zgarish jarayoniga jalb qilish va motivatsion tizimlarni qayta ko‘rib chiqish muhim boshqaruv vositalari hisoblanadi.

2.4. Ma’lumotlar va etika boshqaruvi

SI tizimlarining inson resurslari sohasida qo‘llanilishi (masalan, xodimlarni baholash yoki ishga qabul qilishda) ma’lumotlar maxfiyligi va algoritmik xolislik masalalarini keltirib chiqaradi. Shu bois tashkilotlarda SI etikasi bo‘yicha ichki normativ hujjatlar va nazorat mexanizmlarini joriy etish zarur.

3. Makroiqtisodiy va strategik ustuvorliklar

Davlat darajasida inson kapitali va SI integratsiyasini boshqarish quyidagi strategik yo‘nalishlarni o‘z ichiga olishi lozim:

Ta’lim tizimini modernizatsiya qilish. O‘rta va oliy ta’lim dasturlarida raqamli savodxonlik, hisoblash tafakkuri va SI bilan ishlash ko‘nikmalarini shakllantiruvchi fanlarni kiritish.

Uzluksiz ta'lim infratuzilmasini rivojlantirish. Kattalar ta'limi va malaka oshirish tizimlarini kengaytirish orqali mehnat bozoridagi tuzilmaviy o'zgarishlarga moslashuvni ta'minlash.

Mehnat bozori institutlarini isloh qilish. Ish o'rinlarining transformatsiyasi natijasida yuzaga keladigan ijtimoiy xavflarni yumshatish uchun ijtimoiy himoya tizimlarini moslashtirish.

Innovatsion ekotizimni qo'llab-quvvatlash. Kichik va o'rta biznesning SI texnologiyalarini joriy etishiga ko'maklashuvchi moliyaviy va institutsional mexanizmlarni yaratish.

Milliy SI strategiyasini inson kapitali strategiyasi bilan uyg'unlashtirish. Texnologik rivojlanish rejalari kadrlar tayyorlash rejalari bilan bir vaqtda ishlab chiqilishi lozim, aks holda texnologik salohiyat bilan inson resurslari o'rtasida nomutanosiblik yuzaga keladi.

XULOSA

Sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi inson kapitali nazariyasi va amaliyotini tubdan qayta ko'rib chiqishni talab qilmoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, integratsiya jarayonining muvaffaqiyati texnologiyaning o'zidan ko'ra, uni boshqarish sifatiga ko'proq bog'liq. Tashkiliy darajada gibril boshqaruv modellari, uzluksiz malaka oshirish tizimlari va etik nazorat mexanizmlari, makroiqtisodiy darajada esa ta'lim, mehnat bozori va innovatsion siyosatning uyg'unlashtirilgan strategiyasi inson kapitali va sun'iy intellektning barqaror va o'zaro boyituvchi integratsiyasini ta'minlashning asosiy shartlaridir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Becker, G. S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. University of Chicago Press.
2. Schultz, T. W. Investment in Human Capital. American Economic Review.
3. World Economic Forum. The Future of Jobs Report.
4. OECD. Artificial Intelligence and the Future of Skills.
5. ILO. World Employment and Social Outlook: The Role of Digital Labour Platforms.

GENERATIV SUN'IY INTELLEKT MODELLARIDAN DASTURIY TA'LIM JARAYONIDA FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Xayriddinov Shavkat Batirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** GSI modellarining kod yozishga yordam berish, xatolarni tushuntirish, o'quv topshiriqlarini shaxsiylashtirish va o'quvchi savollariga real vaqtda javob berish kabi funksiyalari tahlil qilingan. Tadqiqot uchun oliy ta'lim muassasasining dasturlash asoslari fanini o'rganuvchi 96 nafar talaba ishtirokida pedagogik eksperiment o'tkazildi: eksperimental guruh (48 nafar) generativ SI vositalaridan (kod yordamchisi va suhbat asosidagi repetitor sifatida) foydalangan holda, nazorat guruhi (48 nafar) esa an'anaviy usulda ta'lim oldi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, eksperimental guruh talabalarining amaliy topshiriqlarni bajarish tezligi 32 foizga oshgan, yakuniy nazorat ishi natijalari esa nazorat guruhiga nisbatan o'rtacha 11 foiz yuqori bo'lgan. Shu bilan birga, GSI vositalariga haddan tashqari bog'liqlik (over-reliance) va mustaqil muammo yechish ko'nikmalarining sustlashishi xavfi ham aniqlangan. Maqola yakunida dasturiy ta'limda generativ sun'iy intellektidan pedagogik jihatdan to'g'ri foydalanish bo'yicha tavsiyalar berilgan.*

Kalit so'zlar: generativ sun'iy intellekt, katta til modellari, dasturiy ta'lim, kod yordamchisi, ta'limda SI, pedagogik eksperiment, dasturlash ko'nikmalari.

Annotation. The article analyzes GenAI functions such as assisting with code writing, explaining errors, personalizing learning tasks, and answering student questions in real time. A pedagogical experiment was conducted with 96 students studying an introductory programming course at a higher education institution: the experimental group (48 students) used generative AI tools (as a code assistant and conversational tutor), while the control group (48 students) received instruction through traditional methods. The results show that the experimental group's task completion speed increased by 32 percent, and their final exam scores were on average 11 percent higher than the control group's. At the same time, risks of over-reliance on GenAI tools and a potential decline in independent problem-solving skills were identified. The article concludes with recommendations for the pedagogically sound use of generative AI in programming education.

Key words: generative artificial intelligence, large language models, programming education, code assistant, AI in education, pedagogical experiment, programming skills.

Аннотация. В статье проанализированы такие функции ГИИ, как помощь в написании кода, объяснение ошибок, персонализация учебных заданий и ответы на вопросы учащихся в реальном времени. Для исследования проведён педагогический эксперимент с участием 96 студентов, изучающих основы программирования в высшем учебном заведении: экспериментальная группа (48 человек) использовала инструменты генеративного ИИ (в качестве помощника по коду и разговорного репетитора), контрольная группа (48 человек) обучалась традиционным способом. Результаты показывают, что скорость выполнения практических заданий у студентов экспериментальной группы возросла на 32%, а результаты итогового контроля в среднем на 11% превысили показатели контрольной группы. Вместе с тем выявлен риск чрезмерной зависимости (over-reliance) от инструментов ГИИ и снижения навыков самостоятельного решения задач. В заключение статьи даны рекомендации по педагогически обоснованному использованию генеративного ИИ в обучении программированию.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, большие языковые модели, обучение программированию, помощник по коду, ИИ в образовании, педагогический эксперимент, навыки программирования.

KIRISH

So'nggi yillarda generativ sun'iy intellekt (GSI) modellarining, xususan katta til modellarining (Large Language Models, LLM) jadal rivojlanishi ta'lim sohasiga, ayniqsa dasturlash fanlarini o'qitishga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. GPT, Claude, Gemini kabi modellar dasturlash kodini yozish, mavjud kodni tushuntirish, xatolarni aniqlash va tuzatish bo'yicha tavsiyalar berish kabi vazifalarni bajarish qobiliyatiga ega bo'lib, ular endilikda ko'plab o'quv muassasalarida rasmiy yoki norasmiy tarzda qo'llanilmoqda.

Biroq bu texnologiyalarning ta'lim jarayoniga integratsiyasi ikki tomonlama munozarani keltirib chiqarmoqda: bir tomondan, GSI vositalari talabalarga individual yordam ko'rsatish, o'rganish tezligini oshirish va murakkab tushunchalarni sodda tilda tushuntirish imkonini beradi; ikkinchi tomondan, bunday vositalarga haddan tashqari bog'liqlik talabalarining mustaqil fikrlash va

muammo yechish ko'nikmalarini rivojlantirishga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin degan xavotirlar mavjud.

Tadqiqotning maqsadi — generativ sun'iy intellekt modellaridan dasturiy ta'lim jarayonida foydalanishning ta'lim samaradorligiga ta'sirini empirik tarzda baholash hamda ushbu texnologiyalardan pedagogik jihatdan to'g'ri foydalanish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) generativ SI modellarining dasturiy ta'limda qo'llanilishi mumkin bo'lgan asosiy funksiyalarini tavsiflash; 2) pedagogik eksperiment orqali GSI vositalaridan foydalangan va foydalanmagan guruhlar natijalarini qiyoslash; 3) GSI'dan foydalanishning ijobiy va salbiy jihatlarini aniqlash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun oliy ta'lim muassasasining "Dasturlash asoslari" fanini o'rganuvchi 96 nafar birinchi kurs talabasi tanlab olindi va ular tasodifiy tanlov asosida ikki teng guruhga (har birida 48 nafardan) ajratildi. Eksperimental guruh 8 hafta davomida amaliy mashg'ulotlarda katta til modeliga asoslangan kod yordamchisi va suhbat asosidagi virtual repetitordan foydalanish huquqiga ega bo'ldi (kod yozish, xatolarni tushuntirish, tushunmovchiliklarga javob olish maqsadida). Nazorat guruhi esa faqat an'anaviy usulda — o'qituvchi tushuntirishi, darslik va qo'llanmalar asosida — ta'lim oldi.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi tarkibiy qismlardan iborat bo'ldi:

- 1) dastlabki test (pre-test) — ikkala guruhning boshlang'ich bilim darajasini tenglashtirish uchun;
- 2) 8 haftalik pedagogik eksperiment — amaliy topshiriqlarni bajarish vaqti va sifatini kuzatish;
- 3) yakuniy nazorat ishi (post-test) — o'rganilgan materialni o'zlashtirish darajasini baholash uchun;
- 4) so'rovnoma va yarim tuzilgan intervyu — talabalarning GSI vositalaridan foydalanish tajribasi va sub'ektiv fikrlarini o'rganish uchun.

Guruhlar o'rtasidagi farqlarning statistik ahamiyati mustaqil namunalar uchun Styudent t-mezoni (independent samples t-test) yordamida tekshirildi (ahamiyatlilik darajasi $p < 0,05$ sifatida belgilandi).

NATIJALAR

Dastlabki test natijalari ikkala guruh o'rtasida statistik ahamiyatga ega farq mavjud emasligini ko'rsatdi ($p > 0,05$), bu guruhlarining boshlang'ich bilim darajasi bo'yicha tenglashtirilganidan dalolat beradi. Sakkiz haftalik eksperiment davomida eksperimental guruh talabalarining amaliy topshiriqlarni bajarish tezligi nazorat guruhiga nisbatan o'rtacha 32 foizga yuqori bo'ldi, shuningdek ular ko'proq qo'shimcha (ixtiyoriy) topshiriqlarni bajarishga ulgurdilar.

Yakuniy nazorat ishi natijalari bo'yicha eksperimental guruhning o'rtacha bali (100 balllik shkalada 78,4) nazorat guruhining o'rtacha baliga (100 balllik shkalada 70,6) nisbatan statistik ahamiyatli darajada ($p < 0,05$) yuqori bo'ldi, bu taxminan 11 foizlik farqni tashkil etdi. Ayniqsa, sintaksisga oid xatolarni tuzatish va standart kutubxona funksiyalaridan foydalanish bo'yicha topshiriqlarda farq yanada sezilarli bo'ldi.

Shu bilan birga, sifatli tahlil (intervyu natijalari) shuni ko'rsatdiki, eksperimental guruh talabalarining 34 foizi murakkab algoritmik masalalarni mustaqil yechishga harakat qilishdan oldin darhol GSI vositasiga murojaat qilish odatini shakllantirganini tan oldi, bu esa "haddan tashqari bog'liqlik" (over-reliance) xavfining amaliyotda mavjudligini tasdiqladi. Ayrim talabalar taqdim etilgan kodni to'liq tushunmasdan nusxa ko'chirish holatlari ham qayd etildi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar generativ sun'iy intellekt vositalarining dasturlash fanlarini o'qitishda o'quv samaradorligini oshirishga ijobiy hissa qo'shishini tasdiqlaydi, bu xulosa xalqaro adabiyotdagi shunga o'xshash tadqiqotlar natijalari bilan mos keladi. Ayniqsa, real vaqt rejimida individual yordam olish imkoniyati talabalarining o'quv jarayonidagi to'siqlarni tezroq yengib o'tishiga xizmat qilgani ko'rinadi.

Biroq aniqlangan "haddan tashqari bog'liqlik" muammosi alohida e'tiborga loyiq. Bu holat GSI vositalarini ta'lim jarayoniga joriy etishda ularni faqat "javob beruvchi" emas, balki "yo'naltiruvchi" (scaffolding) vosita sifatida loyihalash zarurligini ko'rsatadi — masalan, to'g'ridan-to'g'ri yechim o'rniga bosqichma-bosqich maslahat berish, savol berish orqali talabani mustaqil fikrlashga undash kabi pedagogik strategiyalar qo'llanilishi lozim. Shuningdek, o'qituvchilar tomonidan GSI yordamida bajarilgan ishlarni baholashda talabaning tushunish darajasini alohida tekshiruvchi (masalan, og'zaki himoya yoki kod tushuntirish) usullardan foydalanish tavsiya etiladi.

O'zbekiston oliy ta'lim tizimida bunday vositalarni joriy etishda o'quv dasturlarini qayta ko'rib chiqish, o'qituvchilarni GSI'dan pedagogik jihatdan to'g'ri foydalanishga o'rgatish, hamda akademik halollik bo'yicha aniq qoidalar ishlab chiqish zarur bo'ladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Generativ sun'iy intellekt vositalaridan foydalanish dasturlash fanini o'rganuvchi talabalarining amaliy topshiriqlarni bajarish tezligini (32%) va yakuniy natijalarini (11%) sezilarli darajada oshiradi.
2. GSI vositalari real vaqt rejimida individual yordam ko'rsatish orqali o'quv jarayonidagi to'siqlarni tezroq bartaraf etishga xizmat qiladi.
3. GSI vositalariga haddan tashqari bog'liqlik talabalarining mustaqil muammo yechish ko'nikmalarini rivojlantirishga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin, bu jiddiy pedagogik risk hisoblanadi.
4. GSI vositalarini ta'lim jarayoniga joriy etishda ularni to'g'ridan-to'g'ri javob beruvchi emas, balki bosqichma-bosqich yo'naltiruvchi (scaffolding) vosita sifatida loyihalash tavsiya etiladi.
5. O'quv baholash tizimlarini GSI'dan foydalanish sharoitiga moslashtirish, jumladan talabaning shaxsiy tushunish darajasini tekshiruvchi qo'shimcha baholash usullarini joriy etish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Тошпулатова Д.Т. Таълимда рақамли технологиялар ва сунъий интеллект. — Тошкент: TDPU nashriyoti, 2022. — 214 б.
4. Каримова Г.Ш. Дастурлаш фанларини ўқитишда замонавий педагогик технологиялар // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №1. — Б. 51–59.
5. Kasneci E., Seßler K., Küchemann S. et al. ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education // Learning and Individual Differences. — 2023. — Vol. 103. — Article 102274.

6. Denny P., Kumar V., Giacaman N. Conversing with Copilot: Exploring Prompt Engineering for Solving CS1 Problems Using Natural Language // Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. — 2023. — P. 1136–1142.
7. Prather J., Denny P., Leinonen J. et al. The Robots Are Here: Navigating the Generative AI Revolution in Computing Education // Proceedings of the 2023 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education. — 2023. — P. 108–159.
8. Zhai X. ChatGPT User Experience: Implications for Education // SSRN Electronic Journal. — 2022.
9. Becker B.A., Denny P., Finnie-Ansley J. et al. Programming Is Hard — Or at Least It Used to Be: Educational Opportunities and Challenges of AI Code Generation // Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. — 2023. — P. 500–506.
10. Bommasani R., Hudson D.A., Adeli E. et al. On the Opportunities and Risks of Foundation Models // arXiv preprint. — 2021.

ANALYSIS AND SELECTION OF KEY FACTORS AFFECTING AGRICULTURAL COMMODITY PRICES FOR MACHINE LEARNING-BASED FORECASTING

Rakhimov Nodir ¹, Khasanov Dilmurod ²

¹ Tashkent University of Information Technologies named after Mukhammad al-Khwarizmi, Tashkent 100084, Uzbekistan, E-mail: nikobek82@gmail.com

² Jizzakh branch of National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Jizzakh 130112, Uzbekistan, E-mail: tatusf2015@gmail.com

Abstract. *Agricultural commodity prices are influenced by market, production, agro-climatic, institutional, and macroeconomic factors. This study analyzes the main determinants of market prices for four secondary crops: mung bean, common bean, chickpea, and maize. Supply and demand, yield, production volume, import and export conditions, subsidies, inflation, exchange rates, production costs, and agro-climatic characteristics are considered as potential explanatory variables. Previous studies are reviewed to identify the factors most frequently associated with agricultural price variation and the methods used to evaluate their importance. Correlation analysis is considered for identifying linear relationships, while Random Forest-based feature importance is proposed for assessing nonlinear effects and ranking predictors. The resulting feature structure can support the selection of informative variables and the development of more reliable machine-learning models for agricultural commodity price forecasting.*

Keywords: *agricultural commodity prices, price forecasting, feature selection, Random Forest, supply and demand, agro-climatic factors.*

Annotatsiya. *Qishloq xo'jaligi mahsulotlari narxlari bozor, ishlab chiqarish, agroiklim, institutsional va makroiqtisodiy omillar ta'sirida shakllanadi. Ushbu tadqiqotda mosh, loviya, no'xat va makkajo'xori kabi to'rtta takroriy ekinning bozor narxlariga ta'sir etuvchi asosiy omillar tahlil qilinadi. Talab va taklif, hosildorlik, ishlab chiqarish hajmi, import va eksport sharoitlari, subsidiyalar, inflyatsiya, valyuta kursi, ishlab chiqarish xarajatlari hamda agroiklim ko'rsatkichlari potensial xususiyatlar sifatida ko'rib chiqiladi. Avvalgi tadqiqotlar asosida narx o'zgarishiga ko'proq ta'sir qiluvchi omillar va ularni baholash usullari tahlil qilinadi. Chiziqli bog'lanishlarni*

aniqlash uchun korrelyatsion tahlil, nochiziqli ta'sirlar va xususiyatlar ahamiyatini baholash uchun esa Random Forest yondashuvi taklif etiladi. Natijalar qishloq xo'jaligi mahsulotlari narxini bashoratlash modellarida informativ xususiyatlarni tanlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *qishloq xo'jaligi mahsulotlari narxlari, narxni bashoratlash, xususiyatlarni tanlash, Random Forest, talab va taklif, agroiklim omillari.*

Аннотация. *Цены на сельскохозяйственную продукцию формируются под воздействием рыночных, производственных, агроклиматических, институциональных и макроэкономических факторов. В исследовании анализируются основные факторы, влияющие на рыночные цены четырёх повторных культур: маша, фасоли, нута и кукурузы. В качестве потенциальных признаков рассматриваются спрос и предложение, урожайность, объём производства, условия импорта и экспорта, субсидии, инфляция, валютный курс, производственные затраты и агроклиматические показатели. На основе предыдущих исследований анализируются наиболее значимые факторы изменения цен и методы оценки их влияния. Для выявления линейных зависимостей рассматривается корреляционный анализ, а для оценки нелинейных эффектов и относительной значимости признаков предлагается использовать Random Forest. Полученная структура факторов может служить основой для отбора информативных переменных и построения более надёжных моделей машинного обучения для прогнозирования цен на сельскохозяйственную продукцию.*

Ключевые слова: *цены на сельскохозяйственную продукцию, прогнозирование цен, отбор признаков, Random Forest, спрос и предложение, агроклиматические факторы.*

INTRODUCTION

Agricultural commodity prices are influenced by a complex interaction of economic, production, climatic, institutional, and external market factors. In a market economy, supply and demand remain the primary mechanisms of price formation; however, actual agricultural prices are also affected by crop yield, production volume, seasonal availability, import and export conditions, government subsidies, taxation policies, production costs, and regional agro-climatic characteristics. This multidimensional structure makes agricultural price forecasting a challenging task and increases the importance of selecting informative explanatory variables.

Agricultural crops differ considerably in their production characteristics and market behavior. This study focuses on four secondary crops—mung bean, common bean, chickpea, and maize—which may respond differently to changes in market demand, export opportunities, yield levels, climatic conditions, and institutional support. For example, unfavorable weather conditions may reduce productivity and market supply, whereas increased export demand may decrease domestic availability and contribute to higher prices. Government support mechanisms and macroeconomic conditions may further modify these relationships.

An important stage in agricultural price forecasting is the identification and selection of features that provide meaningful information about price variability. Traditional correlation analysis can reveal linear relationships between explanatory variables and market prices, but agricultural markets often exhibit nonlinear and interacting effects. Therefore, machine-learning methods can provide additional analytical capabilities.

This study aims to systematize the major factors influencing the prices of mung bean, common bean, chickpea, and maize based on previous research and to evaluate their relative importance for price forecasting. Correlation analysis is considered together with Random Forest-based feature

importance to identify significant, weak, and potentially redundant predictors. The resulting feature structure can provide a methodological basis for constructing more accurate and interpretable agricultural commodity price forecasting models.

Analysis of Factors Affecting Real Agricultural Commodity Prices

The real market price of an agricultural commodity is determined by the combined influence of several interconnected factors. Although supply and demand represent the fundamental economic mechanism of price formation, agricultural markets are also highly sensitive to production, agro-climatic, institutional, and external economic conditions. For mung bean, common bean, chickpea, and maize, these factors may differ in magnitude and direction depending on production characteristics and market structure.

Supply and demand are the most direct determinants of agricultural prices. An increase in production or market supply, under relatively stable demand, generally creates downward pressure on prices. Conversely, limited supply combined with stable or increasing demand can lead to higher prices. Demand may also be affected by household consumption, feed requirements, industrial use, and export opportunities.

Yield and production volume directly influence the quantity of agricultural products available in the market. Higher yield levels usually increase total supply, whereas crop failure or reduced productivity may cause shortages. However, the relationship between yield and price is not always linear because storage, transportation, exports, and market expectations can modify the effect.

Agro-climatic conditions, including temperature, precipitation, solar radiation, drought, irrigation availability, and soil characteristics, mainly affect prices indirectly through crop productivity and production costs. Extreme climatic events may substantially reduce supply and increase price volatility.

Government policies and institutional factors, such as subsidies, tax incentives, preferential financing, import tariffs, export restrictions, and state support programs, can influence both production decisions and market availability. Subsidies may reduce production costs, while trade restrictions can alter domestic supply.

Finally, macroeconomic and external market factors, including inflation, exchange rates, fuel and transportation costs, political conditions, and international commodity prices, can significantly affect real agricultural prices. Therefore, agricultural price formation should be analyzed as a multidimensional process in which market, production, climatic, and policy-related variables interact simultaneously (Table 1).

Table 1. Main Factors Affecting Agricultural Commodity Prices

Factor group	Main indicators	Expected price effect
Supply and demand	Market supply, consumer demand, seasonal availability	Supply ↑ → Price ↓; Demand ↑ → Price ↑
Production	Yield, cultivated area, production volume	Higher production generally reduces price
Production costs	Seeds, fertilizers, fuel, labor, irrigation	Higher costs may increase price
Agro-climatic conditions	Temperature, rainfall, drought, water availability	Unfavorable conditions may reduce supply and increase price
Government policy	Subsidies, taxes, state support	May reduce costs or alter market supply

Foreign trade	Export and import volumes	Export ↑ → Price ↑; Import ↑ → Price ↓
Macroeconomic factors	Inflation, exchange rate	Higher inflation and depreciation may increase price
Logistics	Transportation, storage costs	Higher logistics costs tend to increase price
Political conditions	Trade restrictions, instability, conflicts	May increase price volatility

3. Evidence from Previous Studies on the Importance of Price-Forming Factors

Previous studies demonstrate that the importance of factors affecting agricultural commodity prices varies according to crop type, geographical scale, market structure, and temporal resolution of the data. Therefore, the relevance of a particular feature should be determined empirically rather than assumed solely from economic theory.

Mirzabaev and Tsegai investigated agricultural commodity price formation in Central Asia using monthly provincial data for 2000–2010. Their analysis included temperature, precipitation, irrigation water availability, crop yield, stocks, international commodity prices, inflation, and exchange-related effects. The authors applied Feasible Generalized Least Squares (FGLS) panel regression, accounting for cross-sectional dependence and serial correlation. The results showed that fluctuations in irrigation water availability and weather conditions had statistically significant effects on wheat and potato prices. Crop yield and stock shocks were also significant, particularly for wheat, where increases in yield and stocks generally reduced prices. These findings indicate that, under Central Asian conditions, water availability and production-related variables can act as important indirect price determinants through their effects on market supply.

Han et al. examined global food prices using monthly data from January 2000 to May 2022. Nine variables representing production, consumption, inventories, crude oil prices, fertilizer prices, U.S. money supply, inflation, and economic policy uncertainty were considered. The authors compared 16 machine-learning algorithms, with CatBoost providing the best predictive performance, and subsequently used SHAP values and Random Forest-based variable importance principles to interpret the contribution of individual features. Their results identified crude oil prices, growth in grain consumption demand, and U.S. dollar supply as the most influential factors over the full study period. This evidence emphasizes that agricultural prices may be strongly affected by macroeconomic and input-cost variables in addition to conventional supply-side indicators.

Vairo et al. provide an important contrasting result for durum wheat. Their study compared XGBoost and LSTM models using monthly price and meteorological data from 1989 to 2020. Models were evaluated both with and without temperature, humidity, rainfall, wind, and other weather variables. Contrary to the assumption that additional climatic information necessarily improves agricultural price forecasting, the XGBoost model based mainly on price-related variables achieved better performance than the weather-augmented version. The authors concluded that meteorological variables may affect prices indirectly through production and supply, but their predictive contribution can weaken when data are aggregated monthly.

Taken together, these studies suggest that supply-demand indicators, production and yield, prices of substitute commodities, macroeconomic conditions, and production costs are generally strong candidates for agricultural price forecasting, whereas agro-climatic variables may have either direct or indirect importance depending on crop characteristics and temporal resolution. This provides

a basis for testing the selected features for mung bean, common bean, chickpea, and maize using correlation analysis and Random Forest-based feature importance (Table 2).

Table 2. Comparison of Previous Studies on Agricultural Price-Forming Factors

Study	Commodity / Scope	Main Factors Considered	Method	Most Important Factors Reported
Mirzabaev & Tsegai	Wheat and potato / Central Asia	Yield, stocks, temperature, precipitation, irrigation water, inflation	FGLS panel regression	Irrigation water, weather conditions, yield, and stocks
Han et al.	Global food commodities	Production, consumption, stocks, oil, fertilizer, money supply, inflation, policy uncertainty	CatBoost, Random Forest, SHAP	Crude oil price, consumption demand, and money supply
Cheng & Li	Maize / China	Production, consumption, substitute crop prices, international market and policy factors	LASSO, XGBoost, SHAP	Maize production and consumption, rice and wheat prices
Vairo et al.	Durum wheat	Historical prices, temperature, rainfall, humidity, wind	XGBoost, LSTM	Historical price variables; weather factors

CONCLUSION

Agricultural commodity price formation is a multidimensional process influenced by market, production, agro-climatic, institutional, and macroeconomic factors. The analysis conducted in this study shows that no single variable can fully explain price dynamics for crops such as mung bean, common bean, chickpea, and maize. Instead, prices are formed through the interaction of supply and demand, production volume, yield, production costs, trade conditions, government support, inflation, exchange rates, and environmental conditions.

The review of previous studies indicates that supply-demand indicators, production-related variables, substitute commodity prices, energy and input costs, and selected macroeconomic indicators frequently demonstrate high predictive importance. Agro-climatic variables also remain relevant, although their influence is often indirect and mediated through changes in crop productivity and market supply. The significance of individual factors therefore depends on crop characteristics, regional production conditions, market structure, and the temporal scale of the data.

These findings support the need for systematic feature selection before developing agricultural price forecasting models. Conventional correlation analysis can be useful for detecting linear relationships, whereas Random Forest-based feature importance can provide additional information

about nonlinear and interactive effects. Accordingly, the combined use of these approaches offers a practical basis for identifying informative and redundant predictors.

REFERENCES

- [1] A. Mirzabaev and D. W. Tsegai, "Effects of weather shocks on agricultural commodity prices in Central Asia," ZEF Discussion Papers on Development Policy, no. 171, Center for Development Research, University of Bonn, Bonn, Germany, 2012, doi: 10.22004/ag.econ.140769.
- [2] X. Han, T. Yuan, D. Wang, Z. Zhao, and B. Gong, "How to understand high global food price? Using SHAP to interpret machine learning algorithm," PLoS ONE, vol. 18, no. 8, Art. no. e0290120, 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0290120.
- [3] W. Cheng and F. Li, "Analysis of corn price forecast in China based on Lasso-XGBoost-SHAP," Cogent Food & Agriculture, vol. 11, no. 1, 2025, doi: 10.1080/23311932.2025.2546076.
- [4] A. Vairo, F. Romano, and L. Grilli, "Assessing the role of weather in commodity price forecasting: Evidence from fine durum wheat," Computational Management Science, vol. 23, Art. no. 26, 2026, doi: 10.1007/s10287-026-00576-3.
- [5] A. Theofilou, S. A. Nastis, A. Michailidis, T. Bournaris, and K. Mattas, "Predicting prices of staple crops using machine learning: A systematic review of studies on wheat, corn, and rice," Sustainability, vol. 17, no. 12, Art. no. 5456, 2025, doi: 10.3390/su17125456.
- [6] Rahimov Nodir, Khasanov Dilmurod. (2022). The Mathematical Essence Of Logistic Regression For Machine Learning. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7239169>
- [7] N.Raximov, J.Kuvandikov, D.Khasanov, "The importance of loss function in artificial intelligence", International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT 2022), DOI: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146883
- [8] Dilmurod, H., and R. Shirinboyev. "THE MAIN THEORY OF LINEAR REGRESSION MODELS IN DATA MINING." Sun'iy Intellect Nazariyasi va Amaliyoti: Tajribalar, Muammolar va Istiqbollari (2024): 143-147.
- [9] Raximov, Nodir, Dilmurod Xasanov, and Oybek Primqulov. "Tasniflash masalasini hal etishda birinchi tartibli mantiq predikatlari yordamida qoidalarni boyitish." Современные проблемы интеллектуальных систем 1.2 (2025): 323-328.
- [10] J. Kuvandikov, M. Tojiev and D. Khasanov, "Methods for Objective Assessment of Learners' Knowledge Based on the Normalization of Information Resource Utilization Indicators," 2026 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2026, pp. 91-95, doi: 10.1109/SmartIndustryCon68821.2026.11493008.

INFORMATIKA TA'LIMIDA "RAQAMLI KOMPETENSIYA" VA "RAQAMLI KOMPETENTLIK" TUSHUNCHALARINING PEDAGOGIK-TERMINOLOGIK TAHLILI

OQNAZAROV TO'LQIN JALILOVICH

Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Iqisodiyot va pedagogika universiteti, Samarqand kampusi

Annotatsiya. Mazkur tezisda informatika ta'limi jarayonida keng qo'llanilayotgan "raqamli kompetensiya" va "raqamli kompetentlik" tushunchalarining mazmun-mohiyati, o'zaro munosabati

hamda pedagogik-terminologik xususiyatlari tahlil qilinadi. “Kompetensiya” va “kompetentlik” atamalarining ilmiy-pedagogik adabiyotlarda qo‘llanishidagi farqlar yoritilib, raqamli muhitda o‘quvchining bilim, ko‘nikma, malaka, tajriba, munosabat va mas‘uliyatini namoyon etish bilan bog‘liq jihatlar asoslab beriladi. Shuningdek, informatika ta‘limida mazkur tushunchalarni aniq chegaralashning ta‘lim mazmunini loyihalash, o‘quv natijalarini baholash va raqamli ta‘lim muhitini tashkil etishdagi ahamiyati ko‘rsatib beriladi.

Kalit so‘zlar: informatika ta‘limi, raqamli kompetensiya, raqamli kompetentlik, kompetensiya, kompetentlik, raqamli savodxonlik, raqamli texnologiyalar, pedagogik terminologiya, raqamli ta‘lim muhiti.

Аннотация. В статье анализируются сущность, взаимосвязь и педагогико-терминологические характеристики понятий «цифровая компетентность» и «цифровая компетенция», широко используемых в обучении информатике. Рассматриваются различия между этими терминами в научно-педагогической литературе и обосновываются аспекты, связанные с проявлением учащимися знаний, умений, навыков, опыта, ценностных установок и ответственности в цифровой среде. Кроме того, показана важность четкого разграничения данных понятий для проектирования образовательного контента, оценки результатов обучения и организации цифровой образовательной среды.

Ключевые слова: обучение информатике, цифровая компетентность, цифровая компетенция, компетентность, компетенция, цифровая грамотность, цифровые технологии, педагогическая терминология, цифровая образовательная среда.

Annotation. This paper analyzes the essence, interrelationship, and pedagogical-terminological characteristics of the concepts of "digital competence" and "digital competency," which are widely used in informatics education. It highlights the distinctions between these terms in scientific-pedagogical literature and substantiates aspects related to how students demonstrate knowledge, skills, proficiency, experience, attitudes, and responsibility within a digital environment. Furthermore, the paper demonstrates the importance of clearly delineating these concepts for designing educational content, assessing learning outcomes, and organizing the digital educational environment.

Keywords. informatics education, digital competence, digital competency, competence, competency, digital literacy, digital technologies, pedagogical terminology, digital educational environment.

KIRISH

Bugungi kunda raqamli texnologiyalarning ta‘lim tizimiga jadal kirib kelishi natijasida o‘quvchilarda nafaqat axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish ko‘nikmalarini, balki raqamli muhitda mustaqil, tanqidiy, xavfsiz va mas‘uliyatli faoliyat yuritish qobiliyatlarini shakllantirish muhim pedagogik vazifalardan biriga aylandi. Ayniqsa, informatika fani mazmunida raqamli texnologiyalar bilan ishlash, axborotni izlash va tahlil qilish, algoritmik fikrlash, raqamli vositalardan foydalanish, kiberxavfsizlik qoidalariga rioya qilish kabi kompetensiyalar alohida ahamiyat kasb etadi.

Shu nuqtayi nazardan “raqamli kompetensiya” va “raqamli kompetentlik” tushunchalaridan foydalanish masalasi dolzarb bo‘lib, ularning mazmuniy va terminologik chegaralarini aniqlashtirish

zarurati yuzaga kelmoqda. Mazkur atamalar ayrim ilmiy manbalarda sinonim sifatida qo'llansa-da, pedagogik nuqtayi nazardan ularning mazmunida muayyan farqlar mavjud.

ASOSIY QISM

Pedagogik terminologiyada “kompetensiya” tushunchasi, odatda, shaxsning muayyan faoliyat sohasida samarali harakat qilishi uchun zarur bo'lgan bilim, ko'nikma, malaka, tajriba va munosabatlar majmuini ifodalash uchun ishlatiladi. Kompetensiya ko'proq faoliyatni amalga oshirishga tayyorlik va zarur talablar tizimi sifatida namoyon bo'ladi.

“Kompetentlik” esa shaxsning mavjud kompetensiyalarni real faoliyat jarayonida qo'llay olishi, muayyan vaziyatda mustaqil va samarali qaror qabul qilishi hamda o'z bilim va ko'nikmalarini amaliyotda namoyon eta olishini ifodalaydi.

Mazkur farqni raqamli ta'lim misolida quyidagicha izohlash mumkin:

Tushuncha	Asosiy mazmuni	Informatika ta'limidagi namoyon bo'lishi
Raqamli kompetensiya	Raqamli faoliyat uchun zarur bilim, ko'nikma, malaka, qadriyat va munosabatlar majmui	Kompyuter, internet, dasturiy vositalar, axborot xavfsizligi va raqamli kommunikatsiya bo'yicha tayyorgarlik
Raqamli kompetentlik	Mazkur imkoniyatlarni real raqamli faoliyatda samarali qo'llay olish qobiliyati	O'quvchining raqamli vositalar yordamida masalani mustaqil hal qilishi, axborotni tanqidiy baholashi va xavfsiz faoliyat yuritishi

Demak, raqamli kompetensiya — “nimalarni bilish va nimalarni bajara olish zarur?” degan savolga, raqamli kompetentlik esa “mavjud bilim va ko'nikmalarni real vaziyatda qanday samarali qo'llay oladi?” degan savolga javob beradi.

Biroq mazkur farq mutlaq emas. Xalqaro pedagogik va ta'limiy adabiyotlarda digital competence, digital competency hamda ayrim hollarda digital literacy tushunchalari turlicha talqin qilinadi. Shu sababli o'zbek pedagogik terminologiyasida ushbu tushunchalarni qo'llashda yagona konseptual yondashuvni shakllantirish muhimdir.

Raqamli kompetensiyaning tarkibiy tuzilishi

Informatika ta'limi nuqtayi nazaridan raqamli kompetensiyani bir nechta o'zaro bog'liq tarkibiy komponentlarga ajratish mumkin:

1. Axborot-kommunikativ komponent — raqamli axborotni izlash, saralash, saqlash, qayta ishlash va uzatish.

2. Texnologik komponent — kompyuter, mobil qurilmalar, dasturiy vositalar va onlayn platformalardan foydalanish.

3. Kognitiv komponent — raqamli axborotni tahlil qilish, baholash, taqqoslash va undan xulosa chiqarish.

4. Algoritmik komponent — algoritmlarni tuzish, muammolarni bosqichma-bosqich hal qilish va dasturlash asoslaridan foydalanish.

5. Kommunikativ komponent — raqamli muhitda muloqot qilish, hamkorlik qilish va axborot almashish.

6. Axborot xavfsizligi komponenti — shaxsiy ma'lumotlarni himoyalash, xavfsiz parollardan foydalanish, kiberxavflarni anglash.

7. Etik-huquqiy komponent — raqamli kontentdan qonuniy va mas'uliyatli foydalanish, mualliflik huquqiga rioya qilish.

8. Ijodiy-innovatsion komponent — raqamli vositalar yordamida yangi mahsulot, loyiha va yechimlar yaratish.

Shunday qilib, raqamli kompetensiya faqat kompyuter bilan ishlash ko‘nikmasi bilan chegaralanmaydi. U shaxsning raqamli muhitda bilimga ega bo‘lishi, texnologiyadan foydalanishi, axborotni tanqidiy baholashi, xavfsiz va mas’uliyatli faoliyat yuritishi hamda yangi raqamli mahsulot yaratishi kabi jihatlarni qamrab oladi.

“Raqamli kompetensiya” va “raqamli kompetentlik”ning pedagogik farqi

Mazkur tushunchalarni pedagogik jarayonning turli bosqichlari bilan bog‘lash mumkin. Ta’lim mazmunini ishlab chiqishda, o‘quv dasturi va malaka talablarini belgilashda “raqamli kompetensiya” tushunchasidan foydalanish maqsadga muvofiq. Chunki bu bosqichda o‘quvchida shakllantirilishi lozim bo‘lgan bilim, ko‘nikma va faoliyat turlari belgilanadi.

Ta’lim natijasini aniqlash va baholashda esa “raqamli kompetentlik” tushunchasi amaliy ahamiyatga ega. Chunki bunda o‘quvchining egallagan bilim va ko‘nikmalarini real yoki modellashtirilgan vaziyatlarda qo‘llay olish darajasi aniqlanadi.

Masalan, o‘quvchi kiberxavfsizlik qoidalarini bilishi — uning raqamli kompetensiyasi shakllanganligini ko‘rsatishi mumkin. Ammo u real vaziyatda fishing xabarini aniqlay olsa, shaxsiy ma’lumotlarini himoyalasa va xavfsizlik choralari mustaqil qo‘llasa — uning raqamli kompetentligi namoyon bo‘ladi.

Shu sababli informatika ta’limida:



ketma-ketligi raqamli kompetensiyaning raqamli kompetentlikka aylanish mexanizmini ifodalashi mumkin.

Terminologik jihatdan aniqlashtirish

Pedagogik terminologiyada “raqamli kompetensiya” va “raqamli kompetentlik” tushunchalarini bir-birining mutlaq sinonimi sifatida qo‘llash ilmiy aniqlikni pasaytirishi mumkin. Shuning uchun mazkur tadqiqot doirasida quyidagi ishchi ta’riflarni taklif etish mumkin:

Raqamli kompetensiya — shaxsning raqamli muhitda ta’limiy, kasbiy va ijtimoiy faoliyatni samarali amalga oshirishi uchun zarur bo‘lgan raqamli bilim, ko‘nikma, malaka, tajriba, qadriyat va mas’uliyatlar tizimidir.

Raqamli kompetentlik — shaxsning mavjud raqamli kompetensiyalarini real faoliyat va muammoli vaziyatlarda mustaqil, samarali, xavfsiz, tanqidiy va mas’uliyatli tarzda qo‘llay olish qobiliyatidir.

Ushbu ta’riflardan kelib chiqib, raqamli kompetensiya ta’lim natijasining mazmuniy modeli, raqamli kompetentlik esa uning amaliy namoyon bo‘lish darajasi sifatida qaralishi mumkin.

XULOSA.

O‘tkazilgan pedagogik-terminologik tahlil shuni ko‘rsatadiki, informatika ta’limida “raqamli kompetensiya” va “raqamli kompetentlik” tushunchalari mazmunan yaqin bo‘lsa-da, ularni metodologik jihatdan farqlash maqsadga muvofiq. Raqamli kompetensiya shaxsga zarur bo‘lgan bilim, ko‘nikma, malaka, tajriba va qadriyatlar tizimini anglatasa, raqamli kompetentlik ushbu imkoniyatlarning amaliy faoliyatda samarali namoyon bo‘lishini ifodalaydi.

Informatika ta’limining zamonaviy mazmunini takomillashtirishda mazkur tushunchalarni aniqlashtirish o‘quv dasturlarini kompetensiyaviy yondashuv asosida loyihalash, ta’lim natijalarini

aniq belgilash, o'quvchilarning raqamli faoliyatini baholash va raqamli ta'lim muhitini samarali tashkil etishga xizmat qiladi.

Shuningdek, raqamli kompetensiyani faqat texnik ko'nikmalar yig'indisi sifatida emas, balki axborot bilan ishlash, raqamli kommunikatsiya, algoritmik va tanqidiy fikrlash, kiberxavfsizlik, raqamli etika hamda ijodiy faoliyatni birlashtiruvchi kompleks pedagogik hodisa sifatida talqin qilish zarur.

Natijada informatika ta'limida raqamli kompetensiyani shakllantirish va raqamli kompetentlikni baholashning yagona ilmiy-metodik modelini ishlab chiqish zamonaviy ta'limning muhim ilmiy-amaliy vazifalaridan biri sifatida namoyon bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNESCO. ICT Competency Framework for Teachers. Paris: UNESCO, 2018.
2. European Commission. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022.
3. Ferrari A. DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. European Commission, 2013.
4. Vuorikari R., Kluzer S., Punie Y. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Publications Office of the European Union, 2022.
5. OECD. The Future of Education and Skills: Education 2030. OECD Publishing.
6. Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно ориентированной парадигмы образования // Народное образование. — 2003.
7. Зимняя И.А. Ключевые компетенции — новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. — 2003.
8. O'zbekiston Respublikasi ta'lim tizimini raqamlashtirish va raqamli kompetensiyalarni rivojlantirishga oid me'yoriy-huquqiy hujjatlar.

KOMPYUTER KO'RISHI TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA OBYEKT LARNI REAL VAQT REJIMIDA ANIQLASH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada zamonaviy real vaqtli obyekt aniqlash arxitekturalari — YOLO (You Only Look Once) oilasining turli versiyalari (YOLOv5, YOLOv8), SSD (Single Shot Detector) va Faster R-CNN — tezlik va aniqlik nuqtai nazaridan qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida shahar transporti harakatini kuzatish maqsadida (avtomobil, piyoda, velosipedchi va yo'l belgilarini aniqlash) amaliy tizim ishlab chiqilgan va u ochiq COCO ma'lumotlar to'plami hamda mahalliy sharoitda yig'ilgan video-ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, YOLOv8 arxitekturasida o'rtacha aniqlik (mAP) 89,4% va real vaqt rejimida sekundiga 45 kadr (FPS) tezlikni ta'minlagan holda, tezlik va aniqlik o'rtasidagi eng maqbul muvozanatni namoyon etdi, bu esa uni real vaqtli video kuzatuv tizimlari uchun eng mos arxitektura sifatida belgiladi. Maqola yakunida bunday tizimlarni shahar infratuzilmasi, sanoat nazorati va xavfsizlik monitoringi sohalarida joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

Kalit so'zlar: kompyuter ko'rishi, obyektlarni aniqlash, real vaqt tizimi, YOLO, konvolyutsion neyron tarmoq, video tahlil, aqlli transport tizimlari.

Annotation. The article comparatively analyzes modern real-time object detection architectures — various versions of the YOLO (You Only Look Once) family (YOLOv5, YOLOv8), SSD (Single Shot Detector), and Faster R-CNN — in terms of speed and accuracy. Within the study, a practical system was developed for monitoring urban traffic (detecting vehicles, pedestrians, cyclists, and road signs) and tested on the open COCO dataset as well as locally collected video data. The results show that the YOLOv8 architecture achieved a mean average precision (mAP) of 89.4 percent while maintaining a real-time processing speed of 45 frames per second (FPS), demonstrating the most optimal balance between speed and accuracy, which makes it the most suitable architecture for real-time video surveillance systems. The article concludes with practical recommendations for implementing such systems in urban infrastructure, industrial monitoring, and security surveillance.

Key words: computer vision, object detection, real-time system, YOLO, convolutional neural network, video analysis, intelligent transportation systems.

Аннотация. В статье проведён сравнительный анализ современных архитектур обнаружения объектов в реальном времени — различных версий семейства YOLO (You Only Look Once) (YOLOv5, YOLOv8), SSD (Single Shot Detector) и Faster R-CNN — с точки зрения скорости и точности. В рамках исследования была разработана практическая система для мониторинга городского движения (обнаружение автомобилей, пешеходов, велосипедистов и дорожных знаков), протестированная на открытом наборе данных COCO, а также на локально собранных видеоданных. Результаты показывают, что архитектура YOLOv8 достигла средней точности (mAP) 89,4% при скорости обработки в реальном времени 45 кадров в секунду (FPS), продемонстрировав наиболее оптимальный баланс между скоростью и точностью, что делает её наиболее подходящей архитектурой для систем видеонаблюдения реального времени. В заключение статьи даны практические рекомендации по внедрению подобных систем в городскую инфраструктуру, промышленный контроль и системы мониторинга безопасности.

Ключевые слова: компьютерное зрение, обнаружение объектов, система реального времени, YOLO, свёрточная нейронная сеть, видеоанализ, интеллектуальные транспортные системы.

KIRISH

Kompyuter ko'rishi (Computer Vision) sohasida obyektlarni real vaqt rejimida aniqlash masalasi aqlli transport tizimlari, videokuzatuv, sanoat avtomatlashtirish va robototexnika kabi ko'plab amaliy sohalarda muhim ahamiyat kasb etadi. An'anaviy ikki bosqichli (two-stage) obyekt aniqlash usullari (masalan, R-CNN oilasi) yuqori aniqlikka ega bo'lsa-da, ularning hisoblash murakkabligi real vaqt rejimida ishlashni qiyinlashtiradi.

Bir bosqichli (single-stage) arxitekturalar, xususan YOLO (You Only Look Once) oilasi, tasvirni faqat bir marta tahlil qilish orqali obyektlarning joylashuvi va turini bir vaqtning o'zida bashorat qilish g'oyasiga asoslanadi, bu esa ularni real vaqt rejimida ishlashga ancha mosroq qiladi. So'nggi yillarda YOLO arxitekturasining bir necha avlodi (YOLOv3'dan YOLOv8'gacha) taqdim etilgan bo'lib, har bir yangi versiya tezlik va aniqlik nisbatini yanada takomillashtirgan.

Tadqiqotning maqsadi — zamonaviy real vaqtli obyekt aniqlash arxitekturalarining tezlik va aniqlik nuqtai nazaridan samaradorligini qiyosiy tahlil qilish hamda shahar transporti harakatini kuzatish misolida amaliy tizim ishlab chiqish va sinovdan o'tkazishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) zamonaviy obyekt aniqlash arxitekturalarining ishlash tamoyillarini tavsiflash; 2) tanlangan arxitekturalarni ochiq va mahalliy ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazish; 3) modellarning aniqlik va tezlik ko'rsatkichlarini qiyoslash; 4) natijalar asosida amaliy joriy etish bo'yicha tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun ikkita ma'lumotlar manbasidan foydalanildi: 1) ochiq COCO (Common Objects in Context) ma'lumotlar to'plami, umumiy obyekt aniqlash sifatini baholash uchun; 2) mahalliy sharoitda (shahar ko'chalarida o'rnatilgan kamera orqali) yig'ilgan 4 soatlik video-ma'lumot, real sharoitda avtomobil, piyoda, velosipedchi va yo'l belgilarini aniqlash aniqligini baholash uchun. Mahalliy video-ma'lumotdagi obyektlar qo'lda annotatsiyalandi (bounding box usulida belgilandi).

Tahlil uchun quyidagi to'rtta arxitektura tanlab olindi va PyTorch hamda Ultralytics kutubxonalari yordamida modellashtirildi:

- 1) YOLOv5 — keng qo'llaniladigan, barqaror bir bosqichli arxitektura sifatida;
- 2) YOLOv8 — eng so'nggi, optimallashtirilgan bir bosqichli arxitektura sifatida;
- 3) SSD (Single Shot Detector) — muqobil bir bosqichli yondashuv sifatida;
- 4) Faster R-CNN — yuqori aniqlikka ega, ammo sekinroq ikki bosqichli arxitektura sifatida (bazaviy taqqoslash uchun).

Har bir model bir xil apparat konfiguratsiyasida (NVIDIA GPU asosida) sinovdan o'tkazildi. Modellarning samaradorligi o'rtacha aniqlik (mean Average Precision, mAP@0.5), aniqlik (precision), qamrov (recall) va real vaqt tezligi (sekundiga qayta ishlanadigan kadrlar soni, FPS) mezonlari asosida baholandi.

NATIJALAR

COCO ma'lumotlar to'plamida o'tkazilgan tajriba natijasida arxitekturalarning mAP@0.5 ko'rsatkichlari quyidagicha bo'ldi: SSD — 74,3%, YOLOv5 — 84,8%, Faster R-CNN — 91,2%, YOLOv8 — 89,4%. Tezlik ko'rsatkichlari (FPS) bo'yicha esa: Faster R-CNN — 12 FPS, SSD — 38 FPS, YOLOv5 — 42 FPS, YOLOv8 — 45 FPS. Bu natijalar Faster R-CNN'ning aniqlik jihatidan eng yuqori ko'rsatkichga ega bo'lsa-da, real vaqt talablariga (odatda kamida 24-30 FPS) javob bermasligini ko'rsatadi.

Mahalliy video-ma'lumotlar asosida o'tkazilgan tajribada YOLOv8 arxitekturasi avtomobillarni aniqlashda 94,1%, piyodalarni aniqlashda 87,6%, velosipedchilarni aniqlashda 81,3% va yo'l belgilarini aniqlashda 85,7% aniqlikka erishdi. Kichik hajmdagi va uzoq masofadagi obyektlarni (masalan, uzoqdagi yo'l belgilari) aniqlashda barcha modellarning natijadorligi nisbatan pasaygani kuzatildi, bu tasvir piksellar sonining kamayishi bilan bog'liq umumiy muammo hisoblanadi.

Yorug'lik sharoitlari (kunduzgi va tungi vaqt) bo'yicha qo'shimcha tahlil shuni ko'rsatdiki, barcha modellarning aniqligi tungi sharoitda o'rtacha 8-15 foizga pasayadi, bu esa amaliy tizimlarni loyihalashda infraqizil kamera yoki qo'shimcha yoritish vositalaridan foydalanish zarurligini ko'rsatadi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar YOLOv8 arxitekturasining tezlik va aniqlik o'rtasidagi eng maqbul muvozanatga ega ekanligini tasdiqlaydi, bu uni real vaqtli video kuzatuv va aqlli transport tizimlari uchun eng mos yechim sifatida belgilaydi. Faster R-CNN yuqori aniqligiga qaramay, uning past tezligi real vaqt talab qiluvchi amaliy tizimlarda qo'llanilishini cheklaydi, biroq u real vaqt talab qilinmaydigan (masalan, keyinchalik tahlil qilinadigan arxiv videolarini qayta ishlash) vazifalar uchun afzal bo'lishi mumkin.

Kichik va uzoq masofadagi obyektlarni aniqlashdagi cheklovlar, shuningdek yorug'lik sharoitiga bog'liqlik, amaliy tizimlarni loyihalashda alohida e'tibor talab qiladigan jihatlar hisoblanadi. Bu muammolarni bartaraf etish uchun ma'lumotlarni sun'iy ko'paytirish (data augmentation), ko'p rezolyutsiyali tahlil (multi-scale detection) va qo'shimcha sensor turlaridan (infraqizil, LiDAR) foydalanish tavsiya etiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, bunday tizimlarni shahar infratuzilmasida (svetofor boshqaruvi, transport oqimini tahlil qilish), sanoat korxonalarida (ishlab chiqarish liniyasidagi sifat nazorati) va xavfsizlik monitoringida (jamoat joylarida shubhali xatti-harakatlarni aniqlash) joriy etish katta amaliy salohiyatga ega. Biroq bunday tizimlarni, ayniqsa jamoat joylarida joriy etishda, shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish va maxfiylik masalalariga alohida e'tibor qaratilishi zarur.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. YOLOv8 arxitekturasi tezlik (45 FPS) va aniqlik (mAP 89,4%) o'rtasidagi eng maqbul muvozanatni ta'minlaydi, bu uni real vaqtli obyekt aniqlash tizimlari uchun eng mos yechim qiladi.
2. Faster R-CNN yuqori aniqlikka ega bo'lsa-da, uning past tezligi real vaqt talab qiluvchi tizimlarda qo'llanilishini cheklaydi.
3. Kichik hajmdagi va uzoq masofadagi obyektlarni, shuningdek tungi sharoitda obyektlarni aniqlash barcha zamonaviy arxitekturalar uchun umumiy muammo hisoblanadi va qo'shimcha texnik yechimlarni talab qiladi.
4. Ishlab chiqilgan tizim shahar transporti harakatini kuzatish vazifasida amaliy jihatdan qo'llash uchun yetarli aniqlik va tezlikni namoyon etdi.
5. Bunday tizimlarni jamoat joylarida joriy etishda shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish va maxfiylik me'yorlariga rioya qilish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Компьютер кўриш тизимларида тасвирларни таснифлаш алгоритмлари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.
4. Ne'matov D.I. Aqlli transport tizimlarida obyektlarni real vaqtda aniqlash algoritmlari // Transport va logistika muammolari. — 2023. — №3. — Б. 71–79.
5. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2016. — P. 779–788.

6. Liu W., Anguelov D., Erhan D. et al. SSD: Single Shot MultiBox Detector // European Conference on Computer Vision (ECCV). — 2016. — P. 21–37.
7. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2017. — Vol. 39, No. 6. — P. 1137–1149.
8. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLOv8 // Ultralytics Open-Source Software. — 2023.
9. Lin T.-Y., Maire M., Belongie S. et al. Microsoft COCO: Common Objects in Context // European Conference on Computer Vision (ECCV). — 2014. — P. 740–755.
10. Zaidi S.S.A., Ansari M.S., Aslam A., Kanwal N., Asghar M., Lee B. A Survey of Modern Deep Learning Based Object Detection Models // Digital Signal Processing. — 2022. — Vol. 126. — Article 103514.

O'ZBEK TILIDAGI SAVOL-JAVOB TIZIMLARINI YARATISHDA KATTA TIL MODELLARIDAN FOYDALANISH IMKONIYATLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada savol-javob tizimlarining asosiy turlari — ochiq domenli (open-domain) va yopiq domenli (closed-domain, hujjatga asoslangan) tizimlar, shuningdek ularni qurishda qo'llaniladigan yondashuvlar (to'g'ridan-to'g'ri so'rov, olib kelib generatsiyalash — Retrieval-Augmented Generation, RAG, va nozik sozlash — fine-tuning) tavsiflangan. Tadqiqot uchun o'zbek tilida 300 ta savol-javob juftligidan iborat shartli sinov to'plami (ta'lim, tarix va davlat xizmatlari sohalariga oid) shakllantirilgan bo'lib, ko'p tilli umumiy modellar (GPT-4, mBERT asosidagi tizim) va RAG yondashuvi qo'llanilgan tizimning javob berish sifati aniqlik, mosligi va tilning grammatik to'g'riligi mezonlari bo'yicha qiyoslangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, RAG yondashuvini qo'llagan tizim yopiq domenli (hujjatga asoslangan) savollarda to'g'ridan-to'g'ri so'rov usuliga nisbatan aniqlikni 22 foizga oshirgan va "xayoliy" (hallucination) javoblar sonini sezilarli darajada kamaytirgan. Shu bilan birga, o'zbek tilidagi grammatik va uslubiy xatolar barcha modellarda, ayniqsa murakkab gap tuzilmalarida, kuzatilgan. Maqola yakunida o'zbek tilida sifatli savol-javob tizimlarini yaratish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so'zlar:** savol-javob tizimi, katta til modellari, o'zbek tili, Retrieval-Augmented Generation, tabiiy tilni qayta ishlash, chatbot, davlat xizmatlari.*

***Annotation.** The article describes the main types of QA systems — open-domain and closed-domain (document-based) systems — as well as the approaches used to build them (direct prompting, Retrieval-Augmented Generation, RAG, and fine-tuning). For the study, a conditional test set of 300 question-answer pairs in Uzbek (covering education, history, and public services) was constructed, and the answer quality of multilingual general-purpose models (GPT-4, an mBERT-based system) and a RAG-based system was compared in terms of accuracy, relevance, and grammatical correctness. The results show that the RAG-based system improved accuracy by 22 percent over direct prompting on closed-domain (document-based) questions and significantly reduced the number of hallucinated answers. At the same time, grammatical and stylistic errors in Uzbek were*

observed across all models, particularly with complex sentence structures. The article concludes with practical recommendations for building high-quality question-answering systems in Uzbek.

Key words: *question answering system, large language models, Uzbek language, Retrieval-Augmented Generation, natural language processing, chatbot, public services.*

Аннотация. *В статье описаны основные типы QA-систем — открытого домена (open-domain) и закрытого домена (closed-domain, на основе документов) — а также подходы к их построению (прямой запрос, генерация с расширенным поиском — Retrieval-Augmented Generation, RAG, и тонкая настройка — fine-tuning). Для исследования сформирован условный тестовый набор из 300 пар вопрос-ответ на узбекском языке (по темам образования, истории и государственных услуг), проведено сравнение качества ответов многоязычных универсальных моделей (GPT-4, система на основе mBERT) и системы с подходом RAG по критериям точности, релевантности и грамматической правильности. Результаты показывают, что система с подходом RAG повысила точность на 22% по сравнению с прямым запросом в вопросах закрытого домена (на основе документов) и значительно снизила количество "галлюцинированных" ответов. Вместе с тем грамматические и стилистические ошибки на узбекском языке наблюдались во всех моделях, особенно при сложных синтаксических конструкциях. В заключение статьи даны практические рекомендации по созданию качественных систем вопросов и ответов на узбекском языке.*

Ключевые слова: *система вопросов и ответов, большие языковые модели, узбекский язык, Retrieval-Augmented Generation, обработка естественного языка, чат-бот, государственные услуги.*

KIRISH

Savol-javob (question answering, QA) tizimlari sun'iy intellekt va tabiiy tilni qayta ishlash sohasining muhim amaliy yo'nalishlaridan biri bo'lib, ular foydalanuvchining tabiiy tilda bergan savoliga to'g'ri va tushunarli javob shakllantirish imkonini beradi. Bunday tizimlar davlat xizmatlari portallari, ta'lim platformalari, mijozlarga xizmat ko'rsatish tizimlari va boshqa ko'plab sohalarda keng qo'llanilmoqda.

Katta til modellarining (LLM) paydo bo'lishi bilan savol-javob tizimlarini yaratish sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarildi. Biroq bu modellarning aksariyati ingliz tili uchun optimallashtirilgan bo'lib, o'zbek tili kabi "resurslarga kam ega" tillar uchun ularning samaradorligi hali yetarlicha o'rganilmagan. Bundan tashqari, umumiy maqsadli LLM'lar ko'pincha "xayoliy" (hallucination) — ya'ni haqiqatga mos kelmaydigan, ammo ishonchli ko'rinishdagi javoblar — muammosiga duch keladi, bu esa ularni aniq va tekshirilgan ma'lumot talab qiluvchi sohalarda (masalan, davlat xizmatlari) qo'llashni murakkablashtiradi.

Tadqiqotning maqsadi — o'zbek tilidagi savol-javob tizimlarini yaratishda katta til modellaridan foydalanish imkoniyatlarini, xususan Retrieval-Augmented Generation (RAG) yondashuvining samaradorligini, empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) savol-javob tizimlarining asosiy turlari va ularni qurish yondashuvlarini tavsiflash; 2) o'zbek tilida sinov savol-javob to'plamini shakllantirish; 3) turli yondashuvlar (to'g'ridan-to'g'ri so'rov va RAG) bilan olingan natijalarni qiyoslash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun o'zbek tilida 300 ta savol-javob juftligidan iborat shartli sinov to'plami tuzildi, unda uchta soha bo'yicha savollar mavjud: ta'lim (100 ta — o'quv dasturlari, qabul tartib-qoidolari haqida), tarix (100 ta — O'zbekiston tarixiga oid faktik savollar) va davlat xizmatlari (100 ta — hujjat topshirish tartib-qoidolari, muddatlar va boshqa amaliy ma'lumotlar). Har bir savol uchun mutaxassislar tomonidan "etalon" (to'g'ri) javob tayyorlandi.

Tahlil uchun quyidagi uchta tizim tanlab olindi va qiyoslandi:

1) GPT-4 (to'g'ridan-to'g'ri so'rov) — modelning o'z ichki bilimiga tayangan holda javob berishi;

2) mBERT asosidagi qiyoslash tizimi (extractive QA) — mavjud matndan javobni ajratib olish usuli;

3) RAG (Retrieval-Augmented Generation) tizimi — tegishli hujjatlar (o'quv dasturi qoidolari, tarix darsliklari, davlat xizmatlari reglamentlari) bazasidan tegishli parchalarni qidirib topib, ular asosida javob generatsiya qiluvchi tizim.

Har bir tizimning javoblari uchta mustaqil ekspert (filolog va sohaga oid mutaxassislar) tomonidan uch mezon bo'yicha baholandi: aniqlik (javobning faktik to'g'riligi), moslik (savolga bevosita tegishliligi) va tilning grammatik to'g'riligi. Baholash 5 balllik shkalada amalga oshirildi, shuningdek har bir javobda "xayoliy" (hallucination) elementlar mavjudligi alohida belgilandi.

NATIJALAR

Ochiq domenli (umumiy bilim talab qiluvchi, masalan tarix) savollarda GPT-4 tizimi eng yuqori o'rtacha bahoni (4,1/5) oldi, undan keyin RAG tizimi (3,9/5) va mBERT asosidagi tizim (3,2/5) joylashdi. Bu natija umumiy bilim talab qiluvchi savollarda katta til modellarining ichki bilimi yetarli ekanligini ko'rsatadi.

Yopiq domenli (hujjatga asoslangan, masalan davlat xizmatlari va o'quv dasturi qoidalariga oid) savollarda esa manzara keskin o'zgardi: RAG tizimi eng yuqori aniqlikka erishdi (4,4/5), bu GPT-4'ning to'g'ridan-to'g'ri so'rov usuliga (3,6/5) nisbatan 22 foizga yuqori natija hisoblanadi. Bundan tashqari, GPT-4'ning to'g'ridan-to'g'ri so'rov rejimida berilgan javoblarning 18 foizida "xayoliy" elementlar (masalan, mavjud bo'lmagan muddat yoki tartib-qoidalarini ishonchli tarzda keltirish) aniqlangan, RAG tizimida esa bu ko'rsatkich atigi 4 foizni tashkil etdi.

Tilning grammatik to'g'riligi bo'yicha barcha tizimlar nisbatan yaxshi natija ko'rsatdi (o'rtacha 3,8-4,2 ball oralig'ida), biroq murakkab tuzilmali gaplarda (bir necha bo'ysunuvchi qismlardan iborat) va kamdan-kam qo'llaniladigan grammatik shakllarda xatolar ko'proq uchradi. Bu holat o'zbek tilining agglyutinativ tabiati bilan bog'liq bo'lib, model o'quv jarayonida bunday murakkab shakllarni yetarlicha ko'rmagan bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar RAG yondashuvining, ayniqsa aniq va tekshirilgan ma'lumot talab qiluvchi (yopiq domenli) savol-javob vazifalarida, katta til modellarining faqat ichki bilimiga tayanuvchi to'g'ridan-to'g'ri so'rov usuliga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham RAG texnologiyasi "xayoliy" javoblar muammosini kamaytirishning samarali vositasi sifatida tan olingan.

Bu natija o'zbek tilidagi davlat xizmatlari, ta'lim va boshqa amaliy sohalarda savol-javob tizimlarini yaratishda muhim amaliy ahamiyatga ega, chunki bunday sohalarda noto'g'ri yoki "xayoliy" ma'lumot berish jiddiy oqibatlariga olib kelishi mumkin. Shu sababli, RAG arxitekturasini

tegishli rasmiy hujjatlar, qonun-qoidalar va reglamentlar bazasi bilan birlashtirgan holda qurish tavsiya etiladi.

Grammatik xatolar bo'yicha aniqlangan muammolar shuni ko'rsatadiki, umumiy maqsadli ko'p tilli modellar o'zbek tilining murakkab morfologik va sintaktik xususiyatlarini to'liq egallamagan. Bu borada o'zbek tili uchun maxsus o'qitilgan yoki nozik sozlangan (fine-tuned) modellardan foydalanish, shuningdek javoblarni til jihatidan tekshiruvchi qo'shimcha modul (grammatik tekshiruv) qo'shish sifatni yanada oshirishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Retrieval-Augmented Generation (RAG) yondashuvi yopiq domenli, hujjatga asoslangan savol-javob vazifalarida to'g'ridan-to'g'ri so'rov usuliga nisbatan aniqlikni 22 foizga oshiradi va "xayoliy" javoblar sonini sezilarli darajada kamaytiradi.
2. Ochiq domenli, umumiy bilim talab qiluvchi savollarda katta til modellarining ichki bilimi yetarli darajada sifatli javob berish imkonini beradi.
3. O'zbek tilining agglyutinativ tabiati va murakkab gap tuzilmalari barcha modellarda grammatik xatolarning asosiy manbai hisoblanadi.
4. Davlat xizmatlari va ta'lim sohasida sifatli savol-javob tizimlarini yaratish uchun RAG arxitekturasini rasmiy hujjatlar bazasi bilan birlashtirish tavsiya etiladi.
5. O'zbek tili uchun maxsus o'qitilgan yoki nozik sozlangan modellar, shuningdek grammatik tekshiruv modullarini qo'shish tilning sifatini yanada oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Mamatov N.S., Samijonov A.N. Tabiiy tilni qayta ishlash: nazariya va amaliyot. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2023. — 260 b.
3. Musayev Q. Hozirgi o'zbek tili morfologiyasi. — Toshkent: O'zbekiston, 2020. — 312 b.
4. Абдурахмонова Н.З. Ўзбек тилининг компьютер лингвистикаси муаммолари // Ўзбек тили ва адабиёти. — 2022. — №4. — Б. 39–47.
5. Rajpurkar P., Zhang J., Lopyrev K., Liang P. SQuAD: 100,000+ Questions for Machine Comprehension of Text // Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). — 2016. — P. 2383–2392.
6. Lewis P., Perez E., Piktus A. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2020. — Vol. 33. — P. 9459–9474.
7. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of NAACL-HLT. — 2019. — P. 4171–4186.
8. Ji Z., Lee N., Frieske R. et al. Survey of Hallucination in Natural Language Generation // ACM Computing Surveys. — 2023. — Vol. 55, No. 12. — P. 1–38.
9. Kuriyozov E., Ganiev O. UzBERT: Pretrained Language Model for Uzbek // Proceedings of the Workshop on NLP for Low-Resource Languages. — 2022.

SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA KIBERXAVFSIZLIK TAHDIDLARINI ANIQLASHNING MASHINALI O'QITISH MODELII

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada tarmoq trafigidagi anomaliyalarni, zararli dasturiy ta'minot xatti-harakatlarini va tarmoqqa ruxsatsiz kirish urinishlarini aniqlashda qo'llaniladigan nazorat qilinadigan (Random Forest, Gradient Boosting, SVM) va nazoratsiz (Isolation Forest, avtoenkoder asosidagi anomaliya aniqlash) o'qitish usullari qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun ochiq NSL-KDD va CICIDS2017 benchmark ma'lumotlar to'plamlaridan foydalanilgan bo'lib, modellarning samaradorligi aniqlik (accuracy), aniqlik ko'rsatkichi (precision), qamrov (recall), F1-ko'rsatkich va yolg'on ijobiy natijalar (false positive) darajasi bo'yicha baholangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ansambl usullar, xususan Gradient Boosting algoritmi, ma'lum tahdid turlarini 96-98% aniqlik bilan aniqlaydi, avtoenkoder asosidagi anomaliya aniqlash modeli esa ilgari ko'rilmagan (zero-day) tahdid turlarini aniqlashda nisbatan yuqori qamrovga ega bo'ldi. Maqola yakunida korxona va davlat tashkilotlari tarmoqlarida sun'iy intellekt asosidagi kiberxavfsizlik tizimlarini joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: kiberxavfsizlik, mashinali o'qitish, tahdidlarni aniqlash, tarmoq anomaliyasi, tajovuzni aniqlash tizimi, avtoenkoder, ansambl usullar.

Annotation. The article comparatively analyzes supervised learning methods (Random Forest, Gradient Boosting, SVM) and unsupervised learning methods (Isolation Forest, autoencoder-based anomaly detection) used to detect network traffic anomalies, malicious software behavior, and unauthorized network access attempts. The study uses the open NSL-KDD and CICIDS2017 benchmark datasets, and model performance is evaluated in terms of accuracy, precision, recall, F1-score, and false positive rate. The results show that ensemble methods, particularly the Gradient Boosting algorithm, detect known threat types with 96-98 percent accuracy, while the autoencoder-based anomaly detection model achieved relatively higher recall in detecting previously unseen (zero-day) threat types. The article concludes with practical recommendations for implementing AI-based cybersecurity systems in enterprise and government organization networks.

Key words: cybersecurity, machine learning, threat detection, network anomaly, intrusion detection system, autoencoder, ensemble methods.

Аннотация. В статье проведён сравнительный анализ методов обучения с учителем (Random Forest, Gradient Boosting, SVM) и без учителя (Isolation Forest, обнаружение аномалий на основе автоэнкодера), применяемых для выявления аномалий сетевого трафика, поведения вредоносного программного обеспечения и попыток несанкционированного доступа к сети. Для исследования использованы открытые наборы данных NSL-KDD и CICIDS2017, эффективность моделей оценена по точности (accuracy), precision, recall, F1-мере и уровню ложных срабатываний (false positive rate). Результаты показывают, что ансамблевые методы, в частности алгоритм Gradient Boosting, обнаруживают известные типы угроз с точностью 96-98%, тогда как модель обнаружения аномалий на основе автоэнкодера показала относительно более высокую полноту при выявлении ранее не встречавшихся (zero-day) типов угроз. В заключение статьи даны практические

рекомендации по внедрению систем кибербезопасности на основе ИИ в сети предприятий и государственных организаций.

Ключевые слова: кибербезопасность, машинное обучение, обнаружение угроз, сетевая аномалия, система обнаружения вторжений, автоэнкодер, ансамблевые методы.

KIRISH

Raqamli transformatsiya jarayonlarining jadal rivojlanishi bilan bir qatorda kiberxavfsizlik tahdidlarining soni va murakkabligi ham sezilarli darajada oshmoqda. An'anaviy imzoga asoslangan (signature-based) tajovuzni aniqlash tizimlari faqat oldindan ma'lum bo'lgan tahdid turlarini aniqlash imkoniyatiga ega bo'lib, yangi va murakkab hujum turlarini (xususan, zero-day tahdidlarni) aniqlashda samarasiz hisoblanadi. Bu muammoni hal etishda mashinali o'qitish va sun'iy intellekt algoritmlari muhim vosita bo'lib xizmat qilmoqda.

Mashinali o'qitishga asoslangan kiberxavfsizlik tizimlari tarmoq trafigi, tizim jurnallar (log fayllar) va foydalanuvchi xatti-harakatlaridagi naqshlarni tahlil qilib, oddiy holatdan chetlanishlarni (anomalialarni) avtomatik aniqlash imkonini beradi. Bunday tizimlar nafaqat ma'lum tahdid turlarini yuqori aniqlik bilan aniqlashi, balki ilgari ko'rilmagan yangi hujum usullarini ham potensial xavf sifatida belgilashi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi — kiberxavfsizlik tahdidlarini aniqlashda qo'llaniladigan mashinali o'qitish algoritmlarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish hamda ma'lum va noma'lum (zero-day) tahdid turlarini samarali aniqlovchi kombinatsion model taklif etishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) kiberxavfsizlik tahdidlarini aniqlashda qo'llaniladigan asosiy mashinali o'qitish yondashuvlarini tavsiflash; 2) nazorat qilinadigan va nazoratsiz o'qitish usullarini benchmark ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazish; 3) modellarning samaradorligini turli mezonlar bo'yicha baholash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun kiberxavfsizlik sohasida keng qo'llaniladigan ikkita ochiq benchmark ma'lumotlar to'plamidan foydalanildi: NSL-KDD (tarmoq tajovuzlarini aniqlash uchun klassik to'plam, taxminan 150 000 yozuv) va CICIDS2017 (zamonaviy hujum turlarini, jumladan DDoS, brute-force va portlarni skanerlashni o'z ichiga olgan yangiroq to'plam, taxminan 2,8 million yozuv). Har ikkala to'plamda ham "normal" va turli hujum toifalariga oid trafik yozuvlari mavjud.

Tahlil uchun quyidagi usullar tanlab olindi va Python tilida scikit-learn va TensorFlow kutubxonalari yordamida modellashtirildi:

- 1) Tasodifiy o'rmon (Random Forest) — nazorat qilinadigan ansambl klassifikator sifatida;
- 2) Gradient Boosting (XGBoost) — kuchaytirilgan ansambl usul sifatida;
- 3) Tayanch vektor mashinasi (SVM) — chiziqli bo'lmagan chegaralarni aniqlash uchun;
- 4) Izolyatsiya o'rmoni (Isolation Forest) — nazoratsiz anomaliya aniqlash usuli sifatida;
- 5) Avtoenkoder (Autoencoder) — chuqur o'qitishga asoslangan nazoratsiz anomaliya aniqlash modeli sifatida.

Nazorat qilinadigan modellar belgilangan (labeled) ma'lumotlar asosida o'qitildi va sinovdan o'tkazildi (80:20 nisbatida bo'lingan holda), nazoratsiz modellar esa faqat "normal" trafik namunalari o'qitilib, test bosqichida anomalialarni aniqlash qobiliyati bo'yicha baholandi. Barcha modellarning samaradorligi accuracy, precision, recall, F1-ko'rsatkich va yolg'on ijobiy natijalar (false positive rate, FPR) mezonlari asosida o'lchandi.

NATIJALAR

Ma'lum (oldindan ko'rilgan) tahdid turlarini aniqlashda nazorat qilinadigan modellar yuqori natija ko'rsatdi: Random Forest — 95%, SVM — 91%, Gradient Boosting (XGBoost) — 97,8% aniqlik bilan. Gradient Boosting algoritmi barcha mezonlar (precision — 0,97, recall — 0,98, F1 — 0,975) bo'yicha eng barqaror natijani ko'rsatdi, shuningdek uning yolg'on ijobiy natijalar darajasi (FPR) eng past (1,2%) bo'ldi.

Nazoratsiz o'qitish usullari, tabiiy ravishda, ma'lum tahdidlarni aniqlashda nazorat qilinadigan usullarga qaraganda past natija ko'rsatdi (Isolation Forest — 84%, avtoenkoder — 87%), biroq ular ilgari o'qitish ma'lumotlarida uchramagan yangi hujum turlarini simulyatsiya qilingan sharoitda sinovdan o'tkazilganda sezilarli ustunlikka ega bo'ldi: avtoenkoder modeli yangi (simulyatsiya qilingan zero-day) tahdid turlarining 78 foizini anomaliya sifatida to'g'ri belgiladi, nazorat qilinadigan modellar esa bunday holatlarda faqat 20-35 foiz oralig'ida natija ko'rsatdi, chunki ular faqat o'qitilgan tahdid turlarini "tanish" qobiliyatiga ega.

Bu natijalar asosida ikki bosqichli kombinatsion arxitektura taklif etildi: birinchi bosqichda Gradient Boosting modeli ma'lum tahdid turlarini yuqori aniqlik bilan filtrlaydi, ikkinchi bosqichda esa avtoenkoder asosidagi model qolgan trafikni tekshirib, potensial yangi (noma'lum) tahdidlarni belgilaydi. Bunday kombinatsion yondashuv sinov ma'lumotlarida yakuniy umumlashtirilgan aniqlikni 94,6 foizgacha, shu bilan birga yolg'on ijobiy natijalar darajasini ham nazorat ostida ushlab turishga imkon berdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mashinali o'qitish algoritmlarining, ayniqsa ansambl usullarning, ma'lum kiberxavfsizlik tahdidlarini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkoniyatini tasdiqlaydi. Bu xulosa xalqaro adabiyotdagi shunga o'xshash tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham Gradient Boosting va Random Forest kabi ansambl algoritmlar tajovuzni aniqlash vazifalarida barqaror yuqori natija ko'rsatishi qayd etilgan.

Ayni paytda, faqat nazorat qilinadigan modellarga tayanish zero-day tahdidlarga nisbatan tizimni o'zlashtirib qo'yishi mumkinligi aniqlandi, bu esa nazoratsiz anomaliya aniqlash usullarini kombinatsiyada qo'llash zarurligini asoslaydi. Bunday gibrid yondashuv amaliyotda ko'proq real vaziyatlarga mos keladi, chunki haqiqiy kiberxavfsizlik muhitida yangi hujum turlari doimiy ravishda paydo bo'lib turadi.

Shu bilan birga, amaliyotga joriy etishda bir qator cheklovlarni hisobga olish zarur: birinchidan, real vaqt rejimida katta hajmdagi tarmoq trafigin tahlil qilish katta hisoblash resurslarini talab qiladi; ikkinchidan, yolg'on ijobiy natijalarning yuqori darajasi xavfsizlik xodimlarining haqiqiy tahdidlarga e'tiborini pasaytirishi mumkin ("alert fatigue" muammosi), shu sababli modelning aniqligini doimiy monitoring qilish va yangilab borish zarur. Uchinchidan, tajovuzkorlar ham o'z navbatida mashinali o'qitish modellarini "aldash" (adversarial attacks) usullarini qo'llashi mumkinligi, bu esa modellarning barqarorligini (robustness) ta'minlash bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar zarurligini ko'rsatadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Ansambl mashinali o'qitish usullari, xususan Gradient Boosting algoritmi, ma'lum kiberxavfsizlik tahdidlarini yuqori aniqlik (96-98%) bilan aniqlash imkonini beradi.

2. Nazoratsiz o'qitish usullari, xususan avtoenkoder asosidagi model, ilgari ko'rilmagan (zero-day) tahdid turlarini aniqlashda nazorat qilinadigan modellarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega.
3. Nazorat qilinadigan va nazoratsiz usullarni birlashtiruvchi ikki bosqichli gibridd arxitektura ma'lum va noma'lum tahdidlarni birgalikda samarali aniqlash imkonini beradi.
4. Bunday tizimlarni amaliyotga joriy etishda hisoblash resurslari, yolg'on ijobiy natijalar darajasini boshqarish va adversarial hujumlarga qarshi barqarorlikni ta'minlash muhim shartlar hisoblanadi.
5. O'zbekiston korxona va davlat tashkilotlari tarmoqlarida bunday tizimlarni joriy etish uchun mahalliy tarmoq infratuzilmasiga moslashtirilgan o'quv ma'lumotlarini yig'ish va tegishli mutaxassislar tayyorlash zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Компьютер тармоқларида кибертаҳдидларни аниқлашнинг интеллектуал усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 33–41.
4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнали. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. Tavallae M., Bagheri E., Lu W., Ghorbani A.A. A Detailed Analysis of the KDD CUP 99 Data Set // IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications. — 2009. — P. 1–6.
6. Sharafaldin I., Lashkari A.H., Ghorbani A.A. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP). — 2018. — P. 108–116.
7. Buczak A.L., Guven E. A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2016. — Vol. 18, No. 2. — P. 1153–1176.
8. Chalapathy R., Chawla S. Deep Learning for Anomaly Detection: A Survey // arXiv preprint. — 2019.
9. Ahmad Z., Shahid Khan A., Wai Shiang C., Abdullah J., Ahmad F. Network Intrusion Detection System: A Systematic Study of Machine Learning and Deep Learning Approaches // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. — 2021. — Vol. 32, No. 1. — Article e4150.
10. Papernot N., McDaniel P., Sinha A., Wellman M.P. SoK: Security and Privacy in Machine Learning // IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P). — 2018. — P. 399–414.

TALABALARNING BILIM OLIISH SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA VIRTUAL AXBOROT MUHITIDAN FOYDALANISHNING PEDAGOGIK IMKONIYATLARI

Radjabova Ismigul Rustamovna
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi shahar

Annotatsiya. Mazkur maqolada ta'lim jarayonida virtual axborot hududidan foydalanishning talabalarining bilim olish samaradorligini oshirishdagi pedagogik va didaktik imkoniyatlari tahlil qilingan. Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi natijasida oliy ta'lim muassasalarida elektron ta'lim resurslari, virtual ta'lim platformalari, masofaviy ta'lim vositalari, multimedia materiallari hamda sun'iy intellektga asoslangan xizmatlardan foydalanish imkoniyatlari kengayib bormoqda. Tadqiqotda virtual axborot hududining mazmun-mohiyati, uning talabaning mustaqil ta'lim olishi, axborotni izlash va tahlil qilish, tanqidiy fikrlash, muloqotga kirishish hamda o'z-o'zini nazorat qilish ko'nikmalarini rivojlantirishdagi o'rni yoritilgan. Shuningdek, virtual muhitdan samarali foydalanishning asosiy pedagogik shartlari, afzalliklari va mavjud muammolari ko'rib chiqilgan. Maqolada virtual axborot hududidan foydalanish ta'lim jarayonining an'anaviy shakllarini to'liq almashtirish emas, balki ularni zamonaviy raqamli vositalar bilan boyitish va talabaning ta'limiy faolligini oshirish vositasi sifatida qaraladi.

Kalit so'zlar: virtual axborot hududi, raqamli ta'lim, elektron ta'lim, talaba, bilim olish samaradorligi, mustaqil ta'lim, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, masofaviy ta'lim, raqamli kompetensiya, ta'lim platformasi.

Аннотация. В данной статье анализируются педагогические и дидактические возможности использования виртуального информационного пространства в образовательном процессе для повышения эффективности обучения студентов. В результате стремительного развития цифровых технологий в высших учебных заведениях расширяются возможности использования электронных образовательных ресурсов, виртуальных образовательных платформ, средств дистанционного обучения, мультимедийных материалов и сервисов на основе искусственного интеллекта. В исследовании рассматривается сущность виртуального информационного пространства, его роль в развитии у студентов навыков самостоятельного обучения, поиска и анализа информации, критического мышления, коммуникативных навыков и самоконтроля. В статье также рассматриваются основные педагогические условия, преимущества и существующие проблемы эффективного использования виртуальной среды. Использование виртуального информационного пространства рассматривается не как полная замена традиционных форм образовательного процесса, а как средство их обогащения современными цифровыми инструментами и повышения учебной активности студента.

Ключевые слова: виртуальное информационное пространство, цифровое образование, электронное обучение, студент, эффективность обучения, самостоятельное обучение, информационно-коммуникационные технологии, дистанционное обучение, цифровая компетентность, образовательная платформа.

Abstract. This article analyzes the pedagogical and didactic potential of using the virtual information environment to improve students' learning effectiveness. The rapid development of digital technologies has expanded the possibilities of using electronic educational resources, virtual

learning platforms, distance learning tools, multimedia materials, and artificial intelligence-based services in higher education. The study examines the essence of the virtual information environment and its role in developing students' independent learning, information search and analysis, critical thinking, communication, and self-assessment skills. The main pedagogical conditions, advantages, and challenges of effective use of the virtual environment are also discussed. The article considers the virtual information environment not as a complete replacement for traditional forms of education, but as a means of enriching them with modern digital tools and increasing students' educational activity.

Keywords: *virtual information environment, digital education, e-learning, student, learning effectiveness, independent learning, information and communication technologies, distance education, digital competence, learning platform.*

KIRISH

Bugungi kunda jamiyat taraqqiyotining muhim omillaridan biri sifatli ta'limni ta'minlash va inson kapitalini rivojlantirish hisoblanadi. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi ta'lim tizimiga ham sezilarli ta'sir ko'rsatib, bilim olishning mazmuni, shakllari, metodlari va vositalarini yangilash zaruratini yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, oliy ta'lim jarayonida talabanning faqat auditoriya mashg'ulotlari doirasida emas, balki raqamli va virtual muhit orqali ham bilim olishi uchun keng imkoniyatlar yaratilmoqda.

An'anaviy ta'lim modelida bilim olish jarayoni asosan o'qituvchi tomonidan beriladigan axborotni o'zlashtirishga yo'naltirilgan bo'lsa, zamonaviy raqamli ta'lim sharoitida talaba axborotni mustaqil izlash, saralash, tahlil qilish, qayta ishlash va amaliy faoliyatda qo'llash imkoniyatiga ega bo'lmoqda. Shu jihatdan virtual axborot hududi talabanning ta'lim jarayonidagi faolligini oshirish, individual ta'lim trayektoriyasini shakllantirish va mustaqil bilim olish ko'nikmalarini rivojlantirish uchun muhim pedagogik vosita sifatida namoyon bo'ladi.

Virtual axborot hududi tushunchasi keng ma'noda internet tarmog'i, elektron kutubxonalar, ta'lim platformalari, oliy ta'lim muassasalarining axborot tizimlari, videodarslar, elektron darsliklar, virtual laboratoriyalar, onlayn kurslar, forum va messenjerlar hamda boshqa raqamli resurslar majmuini anglatadi. Bunday muhit talaba va o'qituvchi o'rtasidagi pedagogik muloqotning yangi shakllarini yuzaga keltiradi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, zamonaviy talaba juda katta hajmdagi axborot oqimi bilan ishlaydi. Bunday sharoitda faqat axborotga ega bo'lishning o'zi yetarli emas. Talaba ishonchli va ilmiy manbalarni aniqlashi, ma'lumotlarni tanqidiy baholashi, turli manbalarni solishtirishi va o'z xulosalarini shakllantira olishi zarur. Demak, virtual axborot hududidan pedagogik maqsadlarda oqilona foydalanish talabanning nafaqat bilimini, balki uning axborot va raqamli kompetensiyalarini ham rivojlantiradi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Ta'limni raqamlashtirish masalasi so'nggi yillarda pedagogika, psixologiya va axborot texnologiyalari yo'nalishidagi tadqiqotlarning muhim obyektiga aylandi. Ilmiy adabiyotlarda raqamli texnologiyalardan ta'limda foydalanish masalasi ko'pincha elektron ta'lim, masofaviy ta'lim, aralash ta'lim, mobil ta'lim va raqamli pedagogika tushunchalari bilan bog'liq holda o'rganiladi.

Garrison va Vaughan tomonidan ishlab chiqilgan aralash ta'lim konsepsiyasida an'anaviy auditoriya mashg'ulotlari bilan onlayn ta'lim imkoniyatlarini uyg'unlashtirish ta'lim sifatini oshirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri sifatida qaraladi. Mualliflar raqamli muhitni ta'lim

jarayoniga shunchaki texnik vosita sifatida kiritish emas, balki pedagogik jarayonni qayta loyihalash zarurligini ta'kidlaydi.

Mayerning multimedia ta'limga oid tadqiqotlarida esa matn, grafik tasvir, audio va video kabi turli axborot shakllarini maqsadga muvofiq birlashtirish o'quv materialini o'zlashtirish jarayoniga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligi asoslangan. Biroq multimedia materiallaridan foydalanishda ortiqcha axborot yuklamasiga yo'l qo'ymaslik muhimligi ham qayd etiladi.

Siemensning konnektivizmga oid qarashlarida zamonaviy bilim olish jarayoni axborot manbalari va insonlar o'rtasidagi tarmoqli aloqalar bilan chambarchas bog'liqligi ko'rsatiladi. Mazkur yondashuv virtual axborot hududining mohiyatini tushunishda muhim ahamiyatga ega, chunki bugungi talaba bilimni faqat bitta manbadan emas, balki turli elektron resurslar, ilmiy ma'lumotlar bazalari, ta'lim platformalari va professional tarmoqlardan olishi mumkin.

UNESCO va boshqa xalqaro tashkilotlarning ta'limni raqamlashtirishga oid materiallarida ham raqamli texnologiyalardan foydalanishning ta'lim olish imkoniyatlarini kengaytirishi, individual ta'limni qo'llab-quvvatlashi va ta'lim resurslaridan foydalanish imkoniyatini oshirishi ta'kidlanadi. Shu bilan birga, ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, virtual muhitning o'zi avtomatik tarzda yuqori ta'lim natijasini ta'minlamaydi. Natijaning samaradorligi o'qituvchi tomonidan tanlangan metodika, o'quv materialining sifati, talabaning raqamli kompetensiyasi, motivatsiyasi va virtual muhitni tashkil etish darajasiga bog'liq.

ASOSIY QISM.

Tadqiqotda nazariy tahlil, ilmiy-pedagogik adabiyotlarni o'rganish, taqqoslash, umumlashtirish, tizimlashtirish va pedagogik kuzatuv metodlaridan foydalanildi. Virtual axborot hududining ta'lim jarayonidagi imkoniyatlari didaktik tamoyillar asosida tahlil qilindi.

Tadqiqotning nazariy-metodologik asosini shaxsga yo'naltirilgan ta'lim, faoliyatga asoslangan yondashuv, kompetensiyaviy yondashuv, raqamli pedagogika va aralash ta'lim konsepsiyalari tashkil etadi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi virtual axborot hududidan foydalanishning talabaning bilim olish samaradorligiga ta'sirini pedagogik nuqtayi nazardan tahlil qilish hamda undan samarali foydalanishning muhim shartlarini aniqlashdan iborat. Virtual axborot hududining ta'lim jarayonidagi o'rni. Virtual axborot hududining asosiy xususiyati uning ochiqligi, interaktivligi, moslashuvchanligi va katta hajmdagi axborot resurslarini birlashtira olish imkoniyatidir. Talaba zarur o'quv materiallarini istalgan vaqtda izlash, ko'rib chiqish va qayta o'zlashtirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Virtual axborot hududini quyidagi asosiy tarkibiy qismlarga ajratish mumkin: elektron darslik va o'quv qo'llanmalar, elektron kutubxonalar va ilmiy ma'lumotlar bazalari, masofaviy ta'lim platformalari, videoma'ruzalar va multimedia materiallari, virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar, onlayn test va baholash tizimlari, forumlar, videokonferensiyalar va muloqot platformalari, bulutli texnologiyalar asosidagi ta'lim resurslari, sun'iy intellektga asoslangan ta'lim xizmatlari.

Mazkur vositalarning har biri ta'lim jarayonining muayyan vazifasini bajarishga xizmat qiladi. Masalan, elektron darsliklar nazariy bilimlarni mustaqil o'zlashtirish imkonini bersa, videomateriallar murakkab jarayonlarni vizual tushuntirish imkoniyatini kengaytiradi. Virtual laboratoriyalar esa real sharoitda bajarish imkoniyati cheklangan tajribalarni modellashtirishga yordam beradi. Virtual muhitning muhim jihatlaridan biri - uning interaktivligidir. Oddiy elektron matndan farqli ravishda interaktiv ta'lim resurslari talabaning bevosita faoliyatini talab qiladi. Test

topshiriqlari, virtual tajribalar, muammoli vaziyatlar, simulyatsiyalar va onlayn munozaralar talabani passiv tinglovchidan faol ta'lim subyektiga aylanishiga yordam beradi.

Virtual axborot hududining talaba bilim olish samaradorligiga ta'siri keng tushuncha bo'lib, talabani bilim olish samaradorligi uning o'quv materialini qay darajada o'zlashtirgani, bilimlarni amaliyotda qo'llay olishi, mustaqil fikrlashi va o'z faoliyatini nazorat qila olishi bilan belgilanadi. Virtual axborot hududidan maqsadli foydalanish ushbu ko'rsatkichlarning rivojlanishiga bir necha yo'nalishda ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Birinchidan, virtual axborot hududi ta'lim resurslaridan foydalanish imkoniyatini kengaytiradi. Talaba faqat darslik yoki ma'ruza konspekti bilan cheklanib qolmaydi. U qo'shimcha ilmiy maqolalar, monografiyalar, videoma'ruzalar va boshqa elektron manbalardan foydalanishi mumkin.

Ikkinchidan, virtual muhit individual ta'lim sur'atini ta'minlash imkonini beradi. Auditoriya sharoitida barcha talabalar bir xil vaqtda bir xil materialni o'zlashtirishi talab etiladi. Virtual muhitda esa talaba murakkab mavzuni qayta ko'rishi, tushunmagan qismini takrorlashi yoki qo'shimcha materiallar bilan ishlashi mumkin.

Uchinchidan, virtual ta'lim vositalari tezkor teskari aloqani ta'minlaydi. Masalan, onlayn test yakunlangandan so'ng talaba o'z xatosini darhol ko'rishi, natijasini baholashi va mavzuning qaysi qismiga qaytish zarurligini aniqlashi mumkin.

To'rtinchidan, virtual axborot hududi mustaqil ta'limni rivojlantiradi. Talaba kerakli ma'lumotni mustaqil izlash, savolga javob topish, manbalarni taqqoslash va xulosalar chiqarishga o'rganadi. Bu esa oliy ta'limning asosiy vazifalaridan biri bo'lgan mustaqil fikrlaydigan mutaxassisni shakllantirishga xizmat qiladi.

Beshinchidan, virtual muhit talabani hamkorlikda ta'lim olish imkoniyatlarini kengaytiradi. Guruhli loyihalar, onlayn muhokamalar, videokonferensiyalar va elektron forumlar orqali talabalar bir-birining fikrlarini o'rganishi, o'z nuqtayi nazarini asoslash va jamoada ishlash ko'nikmalarini rivojlantirishi mumkin.

Virtual axborot hududidan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari kun sayin kengayib bormoqda. Virtual muhitning pedagogik samaradorligi, avvalo, uning ta'lim maqsadlari bilan uyg'unligiga bog'liq. Har qanday raqamli vosita faqat zamonaviyligi uchun emas, balki muayyan pedagogik vazifani hal qilishi uchun tanlanishi lozim.

Virtual axborot hududidan foydalanishda quyidagi pedagogik imkoniyatlar alohida ahamiyatga ega:

- Individualizatsiya. Talabani bilim darajasi, qiziqishi va o'zlashtirish tezligiga mos materiallarni tanlash imkoniyati yaratiladi.
- Differensial yondashuv. Bir guruhdagi turli darajadagi talabalar uchun turlicha murakkablikdagi topshiriqlarni taqdim etish mumkin.
- Vizualizatsiya. Murakkab jarayon va hodisalarni grafik, animatsiya, video yoki simulyatsiya yordamida tushuntirish mumkin.
- Tezkor baholash. Elektron testlar orqali talabani o'zlashtirish darajasini tezkor aniqlash va tahlil qilish mumkin.
- Teskari aloqa. O'qituvchi va talaba o'rtasidagi aloqa auditoriya mashg'uloti bilan cheklanib qolmaydi.
- Ta'limning uzluksizligi. Talaba o'quv materiallariga auditoriyadan tashqarida ham murojaat qilishi mumkin.

Bundan tashqari, virtual muhit o'qituvchiga talabalarning faolligini monitoring qilish, topshiriqlarni yig'ish, baholash va individual tavsiyalar berish imkonini yaratadi. Talabani raqamli

kompetensiyasini rivojlantirish davr talabi bo'lingina qolmay balki, virtual axborot hududidan samarali foydalanish talabani raqamli kompetensiyasini shakllantirish bilan bevosita bog'liqdir. Raqamli kompetensiya faqat kompyuter yoki mobil qurilmadan foydalanish ko'nikmasi bilan chegaralanmaydi.

Talaba quyidagi ko'nikmalarga ega bo'lishi muhim: axborotni samarali izlash, elektron manbalarni tanlash, manbaning ishonchliligini baholash, axborotni tahlil qilish va taqqoslash, raqamli kontent yaratish, elektron muloqot madaniyatiga rioya qilish, mualliflik huquqini hurmat qilish, shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish, kibernetika qoidalariga amal qilish.

Bugungi axborot makonida yolg'on, tekshirilmagan yoki ilmiy jihatdan asoslanmagan ma'lumotlar ham ko'p uchraydi. Shu sababli talabani media va axborot savodxonligini rivojlantirish virtual ta'limning muhim vazifalaridan biri bo'lishi kerak.

Virtual axborot hududidan foydalanishdagi muammolar. Virtual axborot hududining afzalliklari bilan bir qatorda ayrim muammolari ham mavjud. Ulardan biri - axborotning haddan tashqari ko'pligidir. Talaba juda katta hajmdagi ma'lumot orasidan kerakli va ishonchli manbani tanlashda qiyinchilikka duch kelishi mumkin.

Ikkinchi muammo - raqamli chalg'ituvchi omillarning ko'pligidir. Ta'lim maqsadida internetdan foydalanayotgan talaba ijtimoiy tarmoqlar, ko'ngilochar kontent va boshqa resurslarga chalg'ishi mumkin. Bu esa ta'lim vaqtining samarasiz sarflanishiga olib keladi.

Uchinchi muammo - raqamli tengsizlikdir. Barcha talabalar bir xil darajada tezkor internet, zamonaviy qurilmalar yoki sifatli raqamli resurslardan foydalanish imkoniyatiga ega bo'lmayligi mumkin.

To'rtinchi muammo - o'qituvchilarning raqamli pedagogik kompetensiyasi bilan bog'liq. Texnik vositalardan foydalanishning o'zi yetarli emas. O'qituvchi mazkur vositalarni didaktik maqsadga muvofiq qo'llay olishi lozim.

Beshinchi muammo - akademik halollik masalasidir. Elektron muhitda tayyor ishlarni ko'chirish, plagiat yoki topshiriqlarni talabani o'rniga boshqa shaxs yoki sun'iy intellekt vositasida bajarish ehtimoli ortishi mumkin. Shu sababli virtual ta'lim jarayonida akademik halollik tamoyillariga alohida e'tibor qaratish zarur.

Virtual axborot hududidan samarali foydalanish shartlari. Virtual muhitning ta'limiy samaradorligini oshirish uchun uni tizimli ravishda tashkil etish lozim.

Amaliy model. Talabani bilim olish samaradorligini oshirish uchun virtual axborot hududidan foydalanish jarayonini shartli ravishda quyidagi ketma-ketlikda tashkil etish mumkin:

Maqsadni belgilash → elektron resurslarni tanlash → mustaqil o'zlashtirish → interaktiv topshiriq → teskari aloqa → baholash → xatolar ustida ishlash → natijani umumlashtirish.

Mazkur modelning muhim jihati shundaki, virtual resursdan foydalanish jarayoni o'z-o'zidan emas, balki aniq didaktik sikl asosida tashkil etiladi.

Masalan, o'qituvchi yangi mavzu bo'yicha elektron ma'ruza, video va qo'shimcha ilmiy manbalarni taqdim etadi. Talaba ushbu materiallarni mustaqil o'zlashtirgach, onlayn test yoki muammoli topshiriqni bajaradi. Natijalar avtomatik yoki o'qituvchi tomonidan baholanadi. Keyingi bosqichda talaba o'z xatolarini tahlil qiladi va zarur hollarda mavzuning tegishli qismiga qaytadi. Shu tariqa ta'lim jarayoni uzluksiz teskari aloqa asosida tashkil qilinadi.

Muhokama. Virtual axborot hududidan foydalanishning talaba bilim olish samaradorligiga ta'siri bir tomonlama hodisa emas. Raqamli texnologiyalar ta'lim jarayonining imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirishi mumkin, biroq uning samarasi pedagogik loyihalash sifatiga bog'liq.

Agar virtual muhit faqat elektron fayllarni joylashtirish yoki ma'ruza matnlarini internetga yuklash bilan chegaralansa, uning ta'limiy imkoniyatlaridan to'liq foydalanilmaydi. Aksincha, virtual muhit muammoli topshiriqlar, interaktiv mashqlar, individual ta'lim yo'nalishlari, teskari aloqa va hamkorlikka asoslangan faoliyat bilan uyg'unlashtirilsa, talabani o'quv faolligi sezilarli darajada oshishi mumkin.

Shuningdek, talabani o'z-o'zini boshqarish qobiliyati ham muhim omildir. Virtual ta'limda vaqtni rejalashtirish, topshiriqlarni o'z vaqtida bajarish va mustaqil nazorat qilish talabani o'ziga ko'proq bog'liq bo'ladi. Shu sababli raqamli ta'lim bilan bir qatorda talabalarda o'z-o'zini boshqarish va o'qish strategiyalarini rivojlantirish ham muhim.

XULOSA

Virtual axborot hududi zamonaviy oliy ta'limning muhim tarkibiy qismlaridan biri bo'lib, undan pedagogik jihatdan maqsadli foydalanish talabalarning bilim olish samaradorligini oshirish uchun katta imkoniyatlar yaratadi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin: Virtual axborot hududi talabani ta'lim resurslaridan foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi va bilim olishning moslashuvchanligini ta'minlaydi. Elektron ta'lim resurslari individual ta'lim sur'atini qo'llab-quvvatlab, talabani mustaqil bilim olish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Virtual muhitdan foydalanish axborot izlash, tahlil qilish, tanqidiy fikrlash va raqamli kompetensiyalarni rivojlantirishga yordam beradi. Interaktiv topshiriqlar, elektron testlar va tezkor teskari aloqa talabani o'z bilimni nazorat qilish imkoniyatini oshiradi. Virtual axborot hududining samaradorligi texnologiyani mavjudligidan ko'ra, uning pedagogik maqsadga muvofiq tashkil etilishiga ko'proq bog'liq.

Virtual ta'limni an'anaviy auditoriya mashg'ulotlari bilan uyg'unlashtirish, ya'ni aralash ta'lim modelidan foydalanish ta'lim jarayonining samaradorligini oshirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Virtual muhitdan foydalanishda axborot xavfsizligi, akademik halollik, raqamli tenglik va talabani psixologik-pedagogik xususiyatlarini hisobga olish zarur.

Umuman olganda, virtual axborot hududi talabani bilim olish jarayonini yanada individual, interaktiv, ochiq va uzluksiz tashkil etish imkonini beradi. Biroq raqamli texnologiyalar ta'limning maqsadi emas, balki uning sifatini oshirishga xizmat qiluvchi vosita ekanligini unutmaslik lozim. Shuning uchun oliy ta'limda virtual axborot hududini rivojlantirish bilan bir qatorda pedagoglarning raqamli kompetensiyasini oshirish, sifatli elektron ta'lim kontentini yaratish va talabalarning axborot savodxonligini rivojlantirishga kompleks yondashish talab etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Garrison D. R., Vaughan N. D. Blended Learning in Higher Education: Framework, Principles, and Guidelines. San Francisco: Jossey-Bass, 2008.
2. Mayer R. E. Multimedia Learning. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
3. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age // International Journal of Instructional Technology and Distance Learning. 2005. Vol. 2. No. 1.
4. Anderson T. (ed.). The Theory and Practice of Online Learning. 2nd ed. Edmonton: Athabasca University Press, 2008.
5. Bates A. W. Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning. Vancouver: Tony Bates Associates Ltd., 2019.
6. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

7. UNESCO. Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education: A Tool on Whose Terms? Paris: UNESCO, 2023.
8. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-son Farmoni. 2019-yil 8-oktabr.
9. O‘zbekiston Respublikasi “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni. O‘RQ-637-son, 2020-yil 23-sentabr.
10. O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimida raqamli texnologiyalarni rivojlantirishga oid me’voriy-huquqiy hujjatlar va metodik materiallar.

PROMPT ENGINEERING USULLARINING GENERATIV SUN’IY INTELLEKTDAN OLINADIGAN NATIJA SIFATIGA TA’SIRINI BAHOLASH

Asrorov Oybek Asror o‘g‘li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o‘qituvchisi

***Annotatsiya.** Maqolada asosiy prompt engineering texnikalari — nol-shot (zero-shot), bir-shot va bir nechta-shot (few-shot) so‘rovlar, zanjir fikrlash (chain-of-thought), rol beruvchi (role prompting) va tuzilmali (structured) prompt usullari tavsiflangan hamda ularning matn generatsiyasi, matematik masalalarni yechish va kod yozish vazifalaridagi samaradorligi qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun uchta vazifa turi bo‘yicha (ijodiy matn yozish, mantiqiy-matematik masalalar, dasturlash topshiriqlari) 90 ta test topshirig‘i tuzilgan bo‘lib, har biriga beshta turli prompt strategiyasi qo‘llanilgan va natijalar mutaxassislar tomonidan 5 balllik shkala asosida baholangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, zanjir fikrlash usuli mantiqiy-matematik masalalarda nol-shot usuliga nisbatan natija sifatini o‘rtacha 34 foizga oshirgan, tuzilmali prompt usuli esa kod yozish vazifalarida xatoliklar sonini 27 foizga kamaytirgan. Maqola yakunida turli vazifa turlari uchun samarali prompt engineering strategiyalarini tanlash bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so‘zlar:** prompt engineering, generativ sun’iy intellekt, so‘rov muhandisligi, zanjir fikrlash, katta til modellari, few-shot o‘qitish, natija sifati.*

***Annotation.** The article describes key prompt engineering techniques — zero-shot, one-shot and few-shot prompting, chain-of-thought, role prompting, and structured prompting — and comparatively analyzes their effectiveness in text generation, mathematical problem-solving, and code-writing tasks. For the study, 90 test tasks were constructed across three task types (creative writing, logical-mathematical problems, programming tasks), each evaluated using five different prompt strategies, with results assessed by experts on a 5-point scale. The results show that the chain-of-thought method improved result quality by an average of 34 percent over the zero-shot method on logical-mathematical problems, while the structured prompting method reduced errors in code-writing tasks by 27 percent. The article concludes with practical recommendations for selecting effective prompt engineering strategies for different task types.*

***Key words:** prompt engineering, generative artificial intelligence, chain-of-thought, large language models, few-shot learning, output quality, natural language processing.*

Аннотация. В статье описаны основные техники *prompt engineering* — *zero-shot*, *one-shot* и *few-shot* запросы, *chain-of-thought* (цепочка рассуждений), *role prompting* (ролевые запросы) и структурированные запросы — и проведён сравнительный анализ их эффективности в задачах генерации текста, решения математических задач и написания кода. Для исследования были составлены 90 тестовых заданий по трём типам задач (творческое письмо, логико-математические задачи, задания по программированию), к каждому из которых применялись пять различных стратегий запросов, а результаты оценивались экспертами по 5-балльной шкале. Результаты показывают, что метод *chain-of-thought* повысил качество результатов в логико-математических задачах в среднем на 34% по сравнению с методом *zero-shot*, а структурированные запросы снизили количество ошибок в задачах написания кода на 27%. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору эффективных стратегий *prompt engineering* для различных типов задач.

Ключевые слова: инженерия запросов, генеративный искусственный интеллект, цепочка рассуждений, большие языковые модели, *few-shot* обучение, качество результата, обработка естественного языка.

KIRISH

Generativ sun'iy intellekt modellarining, xususan katta til modellarining (LLM) keng tarqalishi bilan birga, ulardan olinadigan natijalar sifati ko'p jihatdan foydalanuvchi tomonidan tuzilgan so'rov (prompt) matnining sifatiga bog'liq ekanligi aniqlandi. "Prompt engineering" — modelga beriladigan so'rovlarni ongli ravishda loyihalash va tuzilmalash amaliyoti — so'nggi yillarda mustaqil tadqiqot yo'nalishiga aylandi.

Bir xil model bir xil vazifani turlicha shakllantirilgan so'rovlar bilan sinab ko'rilganda sezilarli darajada farqlanuvchi sifatdagi natijalar berishi mumkinligi ko'plab amaliy kuzatuvlar orqali tasdiqlangan. Bu holat foydalanuvchilar, xususan ta'lim, ilmiy tadqiqot va dasturiy ta'minot ishlab chiqarish sohalarida GSI'dan foydalanuvchilar uchun samarali prompt engineering usullarini bilish zarurligini ko'rsatadi.

Tadqiqotning maqsadi — asosiy prompt engineering usullarining generativ sun'iy intellektdan olinadigan natija sifatiga ta'sirini empirik tarzda baholash hamda turli vazifa turlari uchun eng samarali strategiyalarni aniqlashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) asosiy prompt engineering texnikalarining nazariy asoslarini yoritish; 2) turli vazifa turlari (ijodiy matn, mantiqiy-matematik, dasturlash) bo'yicha test topshiriqlarini tuzish; 3) har bir prompt strategiyasi bilan olingan natijalarni mutaxassis baholovi asosida qiyoslash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun uchta vazifa turi bo'yicha jami 90 ta test topshirig'i (har bir turdan 30 tadan) tuzildi: 1) ijodiy matn yozish (masalan, qisqa hikoya yoki maqola yozish); 2) mantiqiy-matematik masalalar (so'z masalalar, mantiqiy jumboqlar); 3) dasturlash topshiriqlari (funksiya yozish, xatoni tuzatish). Barcha topshiriqlar bitta zamonaviy katta til modeliga (GPT-4 darajasidagi model) besh xil prompt strategiyasi bilan taqdim etildi:

- 1) Zero-shot prompting — misolsiz, to'g'ridan-to'g'ri so'rov;
- 2) Few-shot prompting — 2-3 ta namuna misol bilan boyitilgan so'rov;
- 3) Chain-of-thought prompting — modeldan bosqichma-bosqich fikrlashni so'rovchi ko'rsatma;

4) Role prompting — modelga aniq bir kasbiy rol (masalan, "tajribali dasturchi") berilgan so'rov;

5) Structured prompting — aniq format, mezon va cheklovlarni belgilovchi tuzilmali so'rov.

Har bir topshiriq-strategiya kombinatsiyasi uchun olingan natija uchta mustaqil mutaxassis (ikkita sohaga oid mutaxassis va bitta lingvist/pedagog) tomonidan 5 balllik shkalada (to'g'rilik, aniqlik, tuzilma va foydalanuvchanlik mezonlari bo'yicha) baholandi, mutaxassislar o'rtasidagi kelishuv darajasi Fleiss kappa koeffitsienti orqali tekshirildi ($\kappa=0,78$, ya'ni yuqori kelishuv darajasi).

NATIJALAR

Ijodiy matn yozish vazifalarida role prompting usuli eng yuqori o'rtacha bahoni (4,3/5) oldi, undan keyin structured prompting (4,1/5), few-shot (3,8/5), chain-of-thought (3,6/5) va zero-shot (3,2/5) joylashdi. Bu natija ijodiy vazifalarda modelga aniq "rol" yoki uslubiy yo'nalish berish natija sifatini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatadi.

Mantiqiy-matematik masalalar bo'yicha chain-of-thought usuli eng yuqori natijani ko'rsatdi — bu usul bilan olingan javoblarning to'g'rilik darajasi zero-shot usuliga nisbatan o'rtacha 34 foizga yuqori bo'ldi (mos ravishda 4,2/5 va 3,1/5 ball). Bu natija modelni oraliq mulohaza qadamlarini ochiq ko'rsatishga undash xato ehtimolini sezilarli darajada kamaytirishini tasdiqlaydi.

Dasturlash topshiriqlarida structured prompting usuli (aniq kirish/chiqish formatini, cheklovlarni va kutilayotgan xatti-harakatni belgilash) eng yaxshi natijani berdi — bu usul bilan generatsiya qilingan kodlarda xatoliklar soni zero-shot usuliga nisbatan 27 foizga kamaydi. Few-shot usuli ham dasturlash vazifalarida yaxshi natija ko'rsatdi (ayniqsa kodlash uslubini standartlashtirish nuqtai nazaridan), biroq chain-of-thought usuli dasturlash vazifalarida ijodiy va mantiqiy vazifalardagidek sezilarli ustunlik bermadi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, prompt engineering usullarining samaradorligi vazifa turiga bog'liq holda sezilarli darajada farqlanadi — universal, barcha vazifalar uchun bir xilda samarali "eng yaxshi" prompt strategiyasi mavjud emas. Bu xulosa so'nggi xalqaro tadqiqotlarda ham qayd etilgan bo'lib, ular "vazifaga moslashtirilgan prompt dizayni" (task-adaptive prompting) yondashuvini tavsiya qiladi.

Chain-of-thought usulining mantiqiy-matematik masalalarda alohida samaradorligi modelning "fikrlash jarayonini" oshkora ko'rsatishga undalishi xato aniqlash va tuzatish imkoniyatini oshirishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, role va structured prompting usullarining ijodiy va texnik vazifalarda samaradorligi modelga aniq kontekst va cheklovlar berilishi natijaning maqsadga muvofiqligini oshirishini ko'rsatadi.

Amaliy nuqtai nazardan, ta'lim, ilmiy tadqiqot va dasturiy ta'minot ishlab chiqarish sohalarida GSI vositalaridan foydalanuvchilar uchun prompt engineering bo'yicha maxsus o'quv dasturlari va qo'llanmalar ishlab chiqish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, tashkilotlar ichida standartlashtirilgan prompt shablonlari (prompt templates) yaratish natijalar sifatini barqarorlashtirishga xizmat qilishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Prompt engineering usullarining samaradorligi vazifa turiga qarab sezilarli darajada farqlanadi, shu sababli universal "eng yaxshi" strategiya mavjud emas.
2. Chain-of-thought usuli mantiqiy-matematik masalalarda natija sifatini o'rtacha 34 foizga oshiradi va bu usul murakkab mulohaza talab qiluvchi vazifalar uchun tavsiya etiladi.
3. Structured prompting usuli dasturlash vazifalarida xatoliklar sonini 27 foizga kamaytiradi, bu esa texnik vazifalarda aniq format va cheklovlar belgilashning ahamiyatini ko'rsatadi.
4. Ijodiy vazifalarda role prompting usuli eng yuqori natija berdi, bu modelga aniq uslubiy yo'nalish berishning ijodiy sifatga ijobiy ta'sirini tasdiqlaydi.
5. Tashkilotlar va ta'lim muassasalarida vazifaga moslashtirilgan prompt shablonlarini ishlab chiqish va foydalanuvchilarni prompt engineering asoslariga o'rgatish GSI'dan olinadigan natijalar sifatini barqaror oshirish vositasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Mamatov N.S., Samijonov A.N. Tabiiy tilni qayta ishlash: nazariya va amaliyot. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2023. — 260 b.
3. Тошпулатова Д.Т. Таълимда рақамли технологиялар ва сунъий интеллект. — Тошкент: TDPU nashriyoti, 2022. — 214 б.
4. Каримова Г.Ш. Сунъий интеллект билан мулоқот қилиш маданияти ва сўров тузиш методлари // Педагогика ва психология муаммолари. — 2024. — №1. — Б. 62–70.
5. Wei J., Wang X., Schuurmans D. et al. Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2022. — Vol. 35. — P. 24824–24837.
6. Brown T., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2020. — Vol. 33. — P. 1877–1901.
7. Liu P., Yuan W., Fu J. et al. Pre-train, Prompt, and Predict: A Systematic Survey of Prompting Methods in Natural Language Processing // ACM Computing Surveys. — 2023. — Vol. 55, No. 9. — P. 1–35.
8. Reynolds L., McDonell K. Prompt Programming for Large Language Models: Beyond the Few-Shot Paradigm // Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. — 2021. — P. 1–7.

AXBOROT-KUTUBXONA TIZIMLARIDA MA'LUMOTLARNI QIDIRISH TEKNOLOGIYALARINING RIVOJLANISH BOSQICHLARI

Toshniyozov Og'abek Faxriddin o'g'li.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti
Toshkent shahar
o.toshniyozov@tuit.uz

Normatov Sherbek Bakhtiyorovich.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti
Toshkent shahar
sh.normatov@tuit.uz

Annotatsiya. Maqolada axborot-kutubxona tizimlarida ma'lumotlarni qidirish texnologiyalarining mazmuni, uning raqamli muhitdagi o'rni va qidiruv modellarining rivojlanish bosqichlari, shuningdek, ma'lumotlarni qidirishda sun'iy intellekt texnologiyalarining qo'llanilish yo'nalishlari tahlil qilinadi. Axborotni qidirishga oid turli mantiqiy, vektor, ehtimollik va semantik yondashuvlarining shakllanish sabablari, ishlash tamoyillari hamda kamchiliklari izchil ko'rib chiqiladi. Tahlil natijalari qidiruv sifatini belgilovchi aniqlilik darajasi, tartiblash, indekslash va samaradorlik kabi tamoyillar turli avlod axborot qidirish tizimlarida turlicha ko'rinishda namoyon bo'lishini ko'rsatadi. Zamonaviy semantik va neyron yondashuvlarning imkoniyatlari bilan bir qatorda, ularni axborot-kutubxona qidiruv tizimlariga moslashtirish zarurati ham qayd etiladi.

Kalit so'zlar: Axborotni qidirish, indekslash, mantiqiy qidiruv, statistik qidiruv, ehtimollik va veb-qidiruv, semantik qidiruv.

Аннотация. В статье анализируется содержание технологий информационного поиска в библиотечно-информационных системах, их роль в цифровой среде и этапы развития поисковых моделей, а также направления применения технологий искусственного интеллекта в информационном поиске. Последовательно рассматриваются причины формирования, принципы работы и недостатки различных булевых, векторных, вероятностных и семантических подходов к информационному поиску. Результаты анализа показывают, что принципы, определяющие качество поиска, — такие как релевантность, ранжирование, индексирование и эффективность, — проявляются по-разному в разных поколениях систем информационного поиска. Наряду с возможностями современных семантических и нейросетевых подходов отмечается также необходимость их адаптации к библиотечно-информационным поисковым системам.

Ключевые слова: Информационный поиск, индексирование, булев поиск, статистический поиск, вероятностный и веб-поиск, семантический поиск.

Abstract. The article analyzes the essence of information retrieval technologies in library-information systems, their role in the digital environment, and the stages of development of search models, as well as the directions of applying artificial intelligence technologies in information retrieval. The reasons behind the formation, operating principles, and limitations of various Boolean, vector, probabilistic, and semantic approaches to information retrieval are consistently examined. The analysis results show that the principles determining search quality — such as relevance, ranking, indexing, and efficiency — manifest differently across different generations of information retrieval systems. Along with the capabilities of modern semantic and neural approaches, the need to adapt them to library-information retrieval systems is also noted.

Keywords: Information retrieval, indexing, Boolean search, statistical search, probabilistic and web search, semantic search.

KIRISH

Kompyuter tarmoqlarining rivojlanishi va raqamli resurslar hajmining ortishi foydalanuvchilar uchun kerakli axborot manbalarini qidirib topish qiyinchiligini yuzaga keltirmoqda. Ilmiy maqolalar, elektron kitoblar, me'yoriy hujjatlar, veb-sahifalar va boshqa raqamli resurslar turli platformalarda jamlanar ekan, axborotning o'zidan ko'ra unga kerakli vaqtda va kerakli shaklda yetib borish masalasi tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Bunday sharoitda axborotni qidirish tizimining asosiy vazifasi katta hajmdagi hujjatlar orasidan foydalanuvchi ehtiyojiga mos resurslarni aniqlashdan iborat [2]. Bunday tizimlarning ishlashi faqat kalit soʻzlarni topish bilan cheklanmaydi. Unda hujjatlarni indekslash, foydalanuvchi soʻrovini qayta ishlash, hujjatlarning aniqlilik darajasini baholash va qidiruv natijalarini tartiblash kabi bosqichlar oʻzaro bogʻliq holda amalga oshiriladi.

Ushbu maqolada axborot-kutubxona tizimida qidiruv modellarining rivojlanishi koʻrib chiqiladi hamda ularning asosiy xususiyatlari oʻzaro taqqoslanadi.

2. Kutubxona tizimlarida axborotni qidirishning rivojlanish bosqichlari. Axborot qidirish tizimi modellarining rivojlanishini qatʼiy tarixiy chegaralarga boʻlishdan koʻra, qidiruv sifatini oshirishga qaratilgan yondashuvlarning almashinuvi sifatida koʻrish maqsadga muvofiq. Keyingi model, odatda, avvalgi yondashuvning maʼlum bir cheklovini yumshatadi, biroq oldingi usullarning ayrim gʻoyalari amaliy tizimlarda saqlanib qoladi.

1-jadval. Axborot qidirish tizimlari rivojlanishining asosiy bosqichlari

№	Bosqich	Yetakchi yondashuv	Asosiy xususiyat	Asosiy cheklov
1	Mantiqiy qidiruv	Boolean model	Mantiqiy shartlar asosida hujjatlarni tanlash	Natijalarni daraja boʻyicha tartiblash cheklangan
2	Statistik qidiruv	Vektor fazo modeli, TF-IDF	Qisman moslik va natijalarni tartiblash	Semantik munosabatlar yetarli hisobga olinmaydi
3	Ehtimollik va veb-qidiruv	Probabilistik yondashuv, BM25, havolalar tahlili	Aniqlilik darajasini baholash va qoʻshimcha Web signallaridan foydalanish	Lugʻaviy moslikning cheklanganligi
4	Semantik qidiruv	Zich vektorlar, oldindan oʻqitilgan til modellari	Kontekst va mazmuniy yaqinlikni hisobga olish	Hisoblash resurslari va sohaga moslashtirish talabi
5	Neyron tarmoqlar asosida qidiruv	BERT, transformer arxitekturasini, zich vektorli qidiruv	Tabiiy tildagi soʻrovlarni tushunish va kontekstual mazmunni chuqur aks ettirish	Katta hisoblash resurslari va sohaga moslashtirish zarurati

1-jadvalda axborot qidirish tizimlarining rivojlanishida kuzatiladigan asosiy bosqichlar umumlashtirilgan. Ushbu rivojlanishda mantiqiy qidiruvdan statistik va ehtimollik modellariga, undan esa semantik hamda neyron yondashuvlarga oʻtish kuzatiladi.

2.1. Mantiqiy (Boolean) qidiruv. Mantiqiy qidiruvda foydalanuvchi soʻrovi AND, OR va NOT kabi operatorlar yordamida ifodalanadi. Tizim hujjatning berilgan shartlarga mos yoki mos emasligini aniqlaydi. Natijada tizim berilgan mantiqiy shartlarni qanoatlantiruvchi hujjatlarni ajratadi, biroq ularning oʻzaro aniqlilik darajasini alohida tartibda koʻrsatmaydi.

Boolean yondashuvning afzalligi uning soddaligi va natijaning tushunarli bo'lishidadir. Biroq katta kolleksiyalarda natijalar soni ortib ketishi va ularni ahamiyatiga ko'ra tartiblash zarurati ushbu modelning cheklovlarini ko'rsatadi. Bundan tashqari, foydalanuvchi so'rovni aniq shakllantirishi va hujjatlarda ishlatilgan terminlarni oldindan taxmin qilishi kerak.

2.2. Statistik va vektor modellar. Mantiqiy qidiruvdagi qat'iy moslikdan qisman moslikni hisobga oladigan modellarga o'tishda Salton va hammualliflarining vektor fazo modeli muhim bosqich bo'ldi [6]. Ushbu modelda hujjat va so'rov terminlarning og'irliklari bilan ifodalangan vektorlar sifatida tasvirlanadi. Ularning o'xshashligi, odatda, kosinus o'lchovi orqali aniqlanadi.

Ushbu modelning asosiy farqi hujjatlarni faqat "mos" yoki "mos emas" tarzida ajratib qo'ymasdan, ularning so'rovga nisbatan o'xshashlik darajasini hisoblash imkonini berishidadir. Natijada hujjatlar so'rovga moslik darajasiga ko'ra tartiblanadi. TF-IDF kabi vaznlash usullari terminning hujjatdagi va kolleksiyadagi ahamiyatini hisobga olishga xizmat qiladi.

Klassik vektor modellarida terminlarning asosan mustaqil birlik sifatida ifodalanishi esa semantik bog'lanishlarni to'liq aks ettirish imkonini cheklaydi. Mazmunan yaqin ikki tushuncha turli so'zlar bilan ifodalansa, oddiy lug'aviy moslik ularning aloqasini yetarli darajada aks ettirmasligi mumkin [3].

2.3. Ehtimollik modellari va veb-qidiruv. Keyingi tadqiqotlarda hujjatning so'rovga mosligini ehtimollik asosida baholashga e'tibor kuchaydi. Robertson va Sparck Jones hujjatning berilgan so'rovga nisbatan mos bo'lish darajasini baholashga asoslangan yondashuvni taklif etdilar [7]. Ushbu yo'nalish keyinchalik BM25 kabi amaliy tartiblash formulalarining shakllanishiga olib keldi [8]. BM25 termin chastotasi bilan bir qatorda hujjat uzunligini ham hisobga oladi va shu sababli amaliy qidiruv tizimlarida keng qo'llanilgan.

Veb-qidiruv tizimlarining rivojlanishi bilan hujjatlar kolleksiyasining hajmi keskin oshib, ularning mazmuni va sifati ham turlicha bo'la boshladi. Terminlarning bevosita mosligidan tashqari, ular o'rtasidagi yashirin semantik aloqalarni aniqlashga qaratilgan yondashuvlardan biri latent semantik indekslash (LSI) hisoblanadi.

2.4. Semantik va neyron tarmoqlarga asoslangan qidiruv. Zamonaviy axborot qidirish tizimlari bo'yicha tadqiqotlarda matnni alohida terminlar yig'indisi sifatida emas, balki ularning kontekstdagi ma'nosini ham hisobga olgan holda ifodalashga asoslangan usullar keng qo'llanmoqda. BERT kabi oldindan o'qitilgan til modellari tabiiy tilning kontekstual xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi. Natijada bir xil so'zlardan foydalanmagan, biroq mazmunan yaqin bo'lgan so'rov va hujjatlarni aniqlash imkoniyatlari kengaydi.

Zich vektorli qidiruvda so'rov va hujjat neyron model yordamida vektor ko'rinishiga o'tkaziladi, so'ng ular orasidagi yaqinlik asosida moslik baholanadi. Bunday yondashuv lug'aviy moslikning ayrim cheklovlarini kamaytiradi. Shu bilan birga, neyron modellarni o'qitish va ishlatish uchun katta hisoblash resurslari talab qilinishi, shuningdek, modelni muayyan sohaga moslashtirish zarurati uning amaliy samaradorligiga ta'sir qilishi mumkin [4].

Huquqiy hujjatlar bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotda turli qidiruv yondashuvlari taqqoslangan va ayrim zamonaviy usullar qisqa so'rovlar sharoitida an'anaviy BM25ga nisbatan yuqoriroq natija bergan [1]. Shu bilan birga, barcha neyron usullar bir xil darajada samarali bo'lmagan. Bu holat qidiruv modelining samaradorligi nafaqat uning arxitekturasiga, balki ma'lumotlar sohasi va modelning moslashtirilganlik darajasiga ham bog'liqligini ko'rsatadi. Yuqorida ko'rib chiqilgan modellar o'rtasidagi farq, avvalo, hujjat va so'rov mosligini aniqlashda foydalaniladigan mezonlarda namoyon bo'ladi. Mantiqiy model qat'iy shartlarga tayansa, vektor va ehtimollik modellari moslik darajasini hisoblash imkonini beradi. Semantik va neyron yondashuvlarda esa matnlar o'rtasidagi

mazmuniy yaqinlikni aniqlashga katta e'tibor qaratiladi. Ushbu modellarni asosiy xususiyatlari bo'yicha taqqoslash 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Qidiruv modellarining ishlash tamoyili, afzalliklari va kamchiliklari

Model	Ishlash tamoyili	Afzalliklari	Kamchiliklari
Mantiqiy model	So'rov shartlariga mos hujjatlarni tanlash	Soddalik, shaffoflik, bashoratlilik	Natijalarni to'liq tartiblash imkoniyati cheklangan
Vektor fazo modeli	Hujjat va so'rov vektorlari o'xshashligini hisoblash	Qisman moslik, tartiblash imkoniyati	Semantika va kontekst cheklangan darajada aks etadi
Ehtimollik modeli, BM25	Hujjatning so'rovga moslik darajasini statistik baholash	Samaradorlik, nisbatan kam hisoblash xarajati	Lug'aviy moslikka sezilarli darajada tayanadi
Latent semantik indekslash	Hujjat-termin matritsasidagi yashirin munosabatlarni ajratish	Semantik bog'liqliklarni qisman aniqlash	Hisoblash murakkabligi va izohlashdagi qiyinchiliklar
Zich vektorli semantik model	Matnni neyron model orqali zich vektorga aylantirish	Semantik yaqinlik, sinonim va parafrazalarga moslashuvchanlik	Hisoblash resurslari va sohaga moslashtirish zarurati

3. Qidiruv tizimlarining umumiy tamoyillari. Turli qidiruv modellari o'rtasida sezilarli farqlar mavjud bo'lsa-da, axborot qidirish tizimining asosiy vazifalarida umumiy jihatlar saqlanib qoladi. Ulardan eng muhimlaridan biri aniqlilik darajasidir. Foydalanuvchi uchun natijaning qiymati hujjatning so'rovga qanchalik mos kelishi bilan belgilanadi. Faqat aniqlilik darajasini aniqlash usuli o'zgaradi: Boolean yondashuvda qat'iy moslik, statistik modellarida termin og'irliklari va ehtimollik, zamonaviy usullarda esa semantik yaqinlik ustuvor bo'ladi.

Axborot qidirish tizimining yana bir muhim vazifasi — qidiruv natijalarini aniqlilik darajasiga ko'ra tartiblashdir. Qidiruv natijalari ko'pincha aniqlilik darajasi bo'yicha tartiblangan ro'yxat shaklida taqdim etiladi. Shuning uchun yuqori o'rinlardagi hujjatlarning sifati qidiruv tizimining amaliy qiymatini belgilovchi asosiy omillardan biridir.

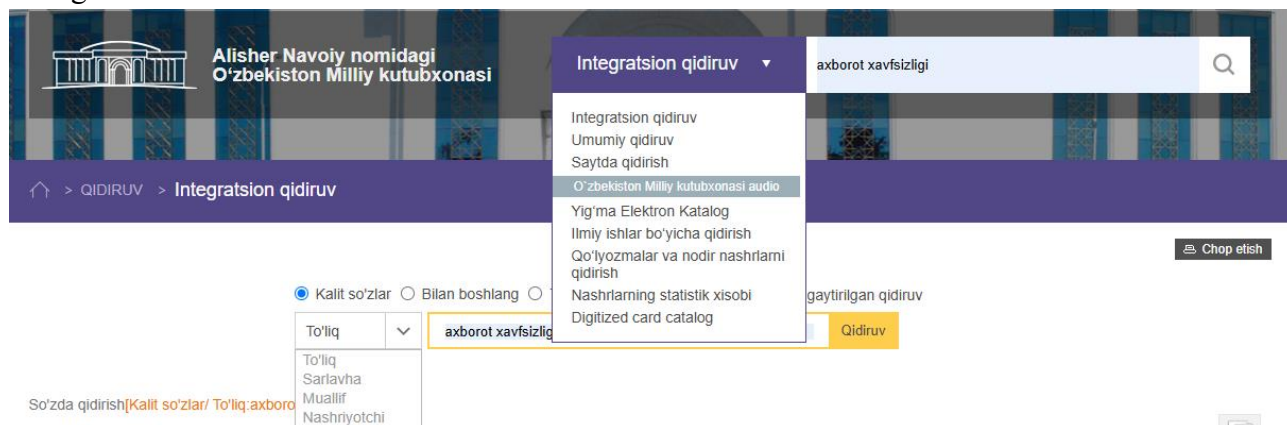
Indekslish katta hajmdagi kolleksiyalarda qidiruvni tezlashtiruvchi asosiy mexanizmlardan biridir. Hujjatlarni oldindan qayta ishlash va teskari indeks yaratish orqali qidiruv vaqtida butun kolleksiyani boshdan-oyoq ko'rib chiqish zarurati kamayadi [5]. Qidiruv sifatini baholashda esa precision va recall kabi ko'rsatkichlardan foydalaniladi.

Qidiruv tizimining foydalanuvchi so'rovini to'g'ri talqin qilishi ham natija sifatiga bevosita ta'sir qiladi. An'anaviy tizimlarda foydalanuvchi qidiruv sintaksisi va terminlariga moslashgan bo'lsa, zamonaviy tizimlarda tizim foydalanuvchining tabiiy tildagi so'rovini yaxshiroq tushunishga va uning ehtiyojiga mos natija berishga intiladi.

4. Qo'llanilish sohalari va kutubxona tizimlari bilan bog'liqligi. Axborot qidirish texnologiyalari veb-qidiruv tizimlari, raqamli kutubxonalar, elektron kataloglar, korporativ axborot

tizimlari, sohaga ixtisoslashgan qidiruv xizmatlari, savol-javob tizimlari va boshqa ko‘plab ilovalarda qo‘llaniladi. Har bir muhitda hujjatlar tarkibi, foydalanuvchi so‘rovlari va aniqlik darajasi mezonlari bir-biridan farq qilishi mumkin.

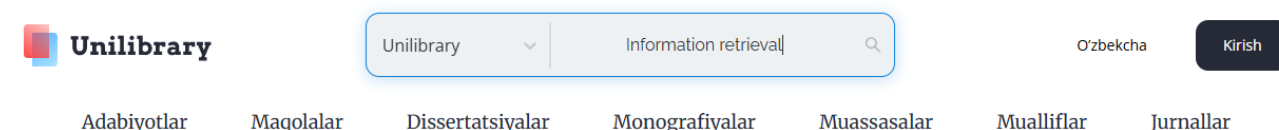
4.1. Mahalliy raqamli kutubxona tizimlarida qo‘llanilishi. Axborot qidirish tizimlaridan raqamli kutubxona tizimlarida keng foydalanilmoqda. Misol uchun, 1-rasmda keltirilganidek, Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasining rasmiy sayti(natlib.uz)da kalit so‘zga asoslangan qidiruv tizimi joriy etilgan. Qidiruv jarayonini osonlashtirish maqsadida integratsion, umumiy, ilmiy nashrlar va boshqa turkumlar bo‘yicha qidiruv bndlari shakllantirilgan. Bundan tashqari foydalanuvchilar manbalarning sarlavhasi, muallifi va nashriyotchisi asosida qidiruvni amalga oshirishlari mumkin.



1-rasm. Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasida axborot qidirish jarayoni.

Foydalanuvchilar qidiruv natijalarini nashrlar, muallif, nashriyot, nashr yili, kerakli til va manzil asosida natijalarni filterlash orqali o‘zlariga kerakli ma’lumotlarni yanada tezroq topishlari mumkin.

Unilibrary.uz platformasi esa yana bir mahalliy axborot-kutubxona platformasi hisoblanib, ushbu platformada ham foydalanuvchilar kalit so‘z asosida axborot qidirish tizimidan foydalangan holda o‘zlariga kerakli ma’lumotlarni topishlari mumkin.



← Qidiruv <<Information retrieval>>

Unilibrary bazasidan topilgan resurslar ro'yxati

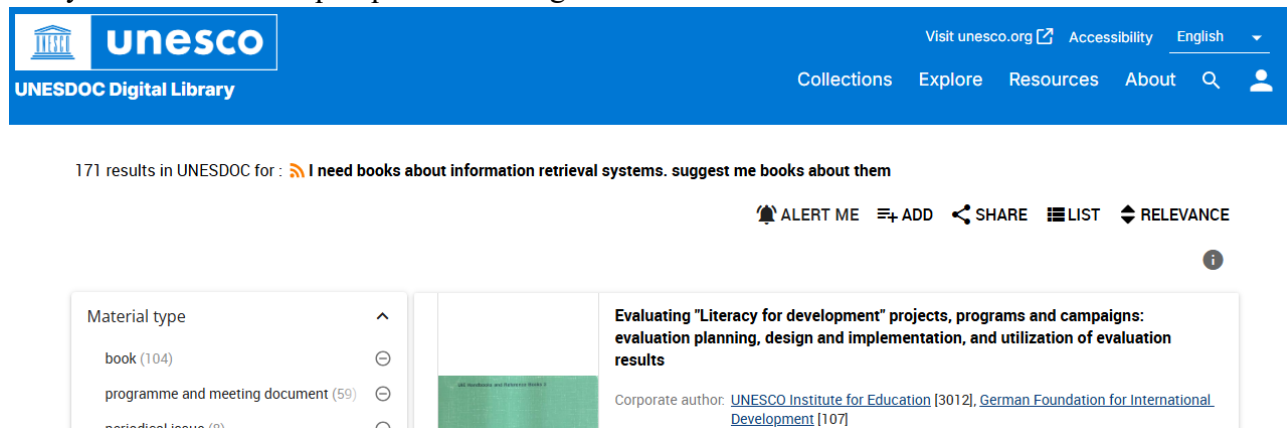
Qidiruv natijasi: 16

2-rasm. Unilibrary platformasida axborot qidirish tizimidan foydalanish jarayoni

2-rasmda keltirilganidek, foydalanuvchilar uchun adabiyotlar, maqolalar, dissertatsiyalar va boshqa muayyan turkum asosida axborot qidirish jarayonlari ham shakllantirilgan. Ya’ni, maqolalar turkumini tanlash orqali tizimda mavjud bo‘lgan maqolalar bo‘yicha qidiruv amalga oshiriladi.

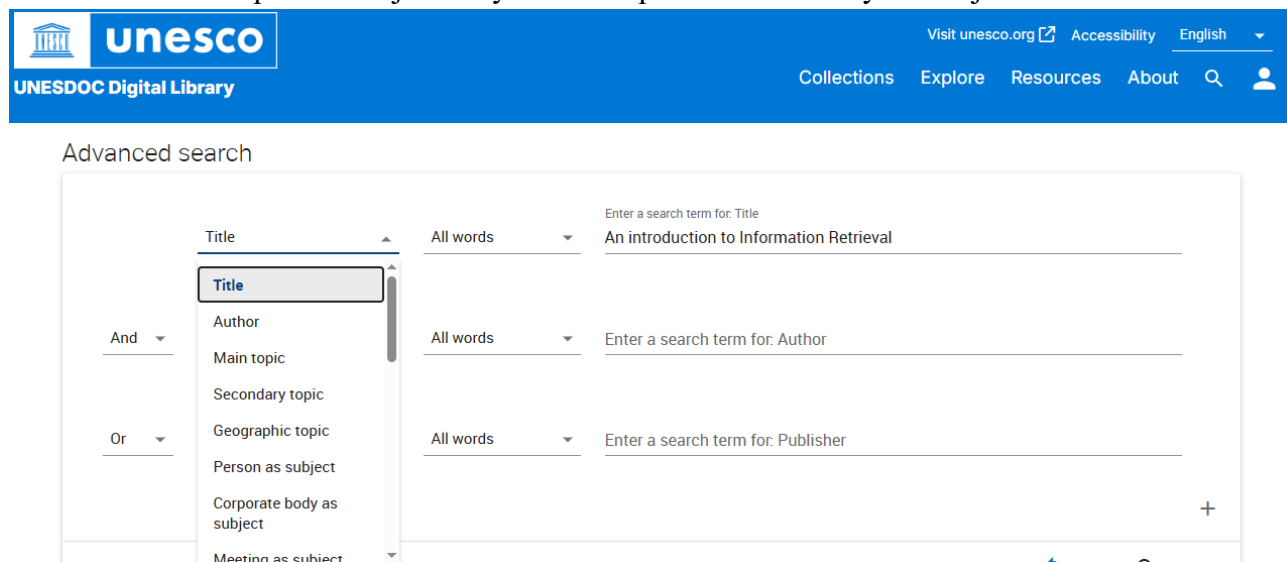
4.2. Xorijiy axborot-kutubxona tizimlarida qo‘llanilishi. Dunyo miqyosida eng mashhur raqamli kutubxona tizimlaridan biri UNESCO raqamli kutubxonasi hisoblanib, 3-rasmda

keltirilganidek, ushbu platformada foydalanuvchilar nafaqat kalit soʻz asosida, balki oʻz ehtiyojlarini tabiiy tilda ifodalash orqali qidiruvni amalga oshirishlari mumkin.



3-rasm. UNESCO raqamli kutubxonasida axborot qidirish jarayoni.

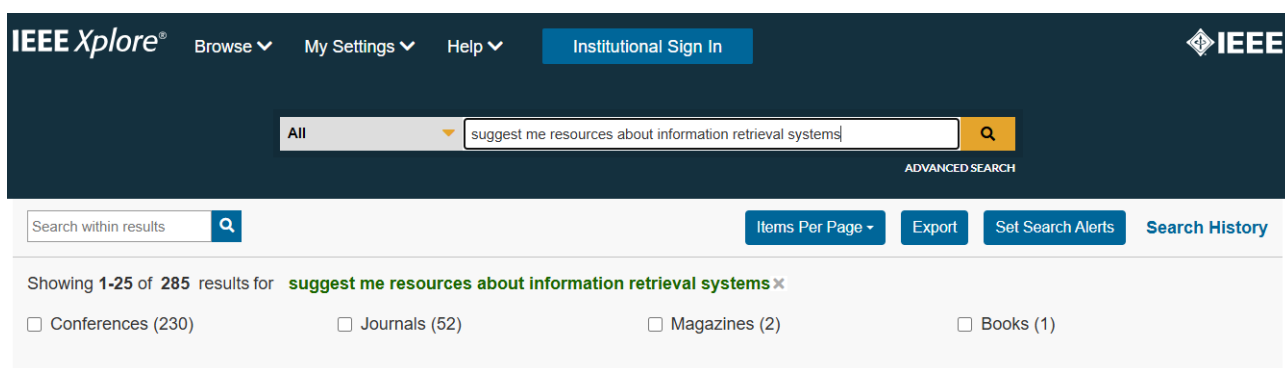
Foydalanuvchilar uchun oʻzlariga kerakli maʼlumotlarni topish jarayonlarini yanada soddalashtirish maqsadida bir nechta turkumlar asosida filterlash jarayonlari shakllantirilgan. Yaʼni, material turi, mazmun xususiyati, manbasi, tili, mavzusi, nashr etilgan mamlakati va boshqa turkumlar asosida qidiruv natijalarini yanada aniqlashtirish imkoniyati mavjud.



4-rasm. UNESCO raqamli kutubxonasida kengaytirilgan qidiruv jarayoni.

Bundan tashqari, 4-rasmda koʻrsatilganidek asosiy sahifada kengaytirilgan qidiruv boʻlimi ham mavjud boʻlib, mantiqiy qidiruv tizimi orqali manbaning muallifi, mavzusi, mamlakati va boshqa bandlar AND, OR, NOT mantiqiy operatorlari yordamida umumlashtirish orqali qidiruvni amalga oshirish mumkin.

Elektrotexnika, elektronika, informatika, telekommunikatsiya va boshqa texnologik yoʻnalishlarda ilmiy-texnik axborotni izlash, olish va undan foydalanishga moʻljallangan yirik raqamli ilmiy kutubxonalardan biri hisoblangan IEEE Xplore platformasida ham bir nechta axborotni qidirish tizimlari umumlashtirilgan. Qolaversa, qidiruv natijalarini turi, muallifi, chop etilgan yillar kesimida filterlash imkoniyatlari ham mavjud.

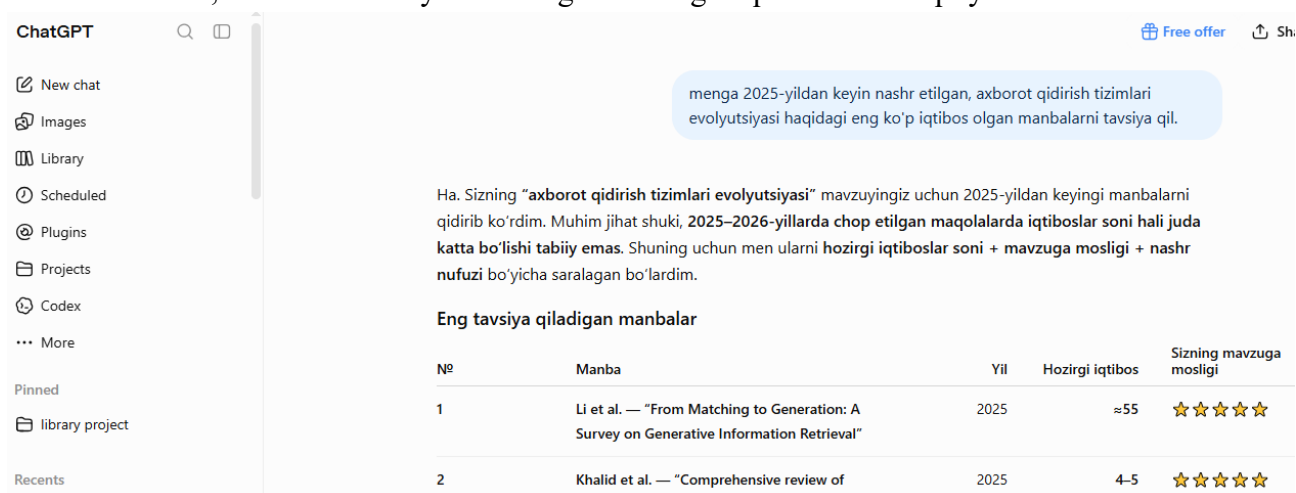


5-rasm. IEEE Xplore platformasida tabiiy til asosidagi so'rov orqali ma'lumot qidirish.

Bundan tashqari, IEEE Xplore platformasida ham kengaytirilgan qidiruv bo'limi mavjud bo'lib, unda mantiqiy qidiruv tizimi orqali manba nomi, muallifi, annotatsiyasi va boshqa bandlar AND, OR, NOT mantiqiy operatorlari yordamida ma'lumot qidirish mumkin.

4.3. Axborotni qidirishda sun'iy intellekt asosidagi chatbotlarning qo'llanilishi.

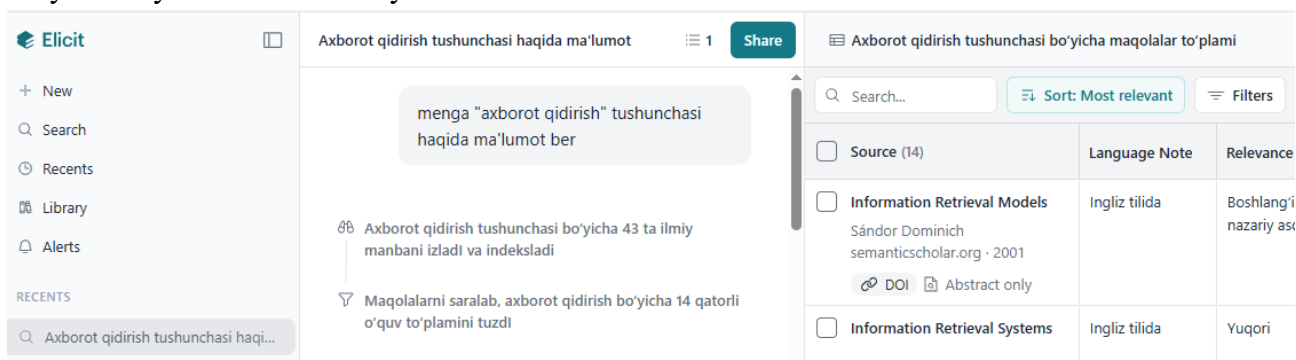
Zamonaviy sun'iy intellekt platformalari foydalanuvchiga tabiiy tildagi so'rov orqali axborot izlash imkonini beradi, bu esa an'anaviy kalit so'zga asoslangan qidiruvdan farqli yondashuv hisoblanadi.



6-rasm. ChatGPT asosida tabiiy tildagi so'rov orqali kerakli manbalarni topish.

6-rasmdan ma'lum bo'ladiki, ChatGPT platformasidan foydalangan holda foydalanuvchilar o'z axborot ehtiyojlariga mos javoblarni aniqlashlari va o'zlariga kerakli manbalar ro'yxatini olishlari mumkin.

Elicit nomli sun'iy intellekt asosida ishlaydigan platforma orqali esa foydalanuvchilar o'z axborot ehtiyojlarini tabiiy tilda so'rashlari va ushbu so'rovga mos javoblarni va ushbu so'rov bo'yicha foydali manbalar ro'yxatini olishlari mumkin.



7-rasm. Elicit platformasida axborot qidirish jarayoni.

7-rasmdan namoyon bo'ladiki, tavsiya qilingan manbalarni esa o'z navbatida iqtiboslar soni, yozilgan tili, chop etilgan yili bo'yicha filter qilishlari mumkin.

Huquqiy hujjatlar bo'yicha tadqiqotlarda ko'rsatilganidek, qidiruv modelining ma'lum bir sohaga moslashtirilishi natija sifatiga ta'sir qiladi [1]. Kutubxona axborot resurslari ham o'ziga xos xususiyatlarga ega: bibliografik tavsiflar, mavzu rubrikalari, muallif va nashr ma'lumotlari, to'liq matnli hujjatlar hamda foydalanuvchi so'rovlarining turli shakllari bitta tizimda birlashadi [9].

Elektron kataloglarda foydalanuvchi ko'pincha muallif, sarlavha, mavzu yoki kalit so'z bo'yicha qidiradi. Biroq real axborot ehtiyoji har doim ham bunday maydonlar bilan ifodalanmaydi. Masalan, "sun'iy intellektning kutubxona xizmatlaridagi qo'llanilishi" kabi mavzuni tabiiy tilda ifodalagan foydalanuvchi aniq bibliografik tavsifni bilmasligi mumkin. Bunday holatda tabiiy tildagi so'rovni qayta ishlash va semantik moslikni hisobga olish foydali bo'ladi.

Shu sababli axborot qidirish tizimlarining rivojlanish bosqichlarini o'rganish kutubxona axborot tizimlarida qidiruvni takomillashtirish uchun nazariy asos beradi. Ayniqsa, an'anaviy indekslash va statistik ranking usullarini zamonaviy semantik yondashuvlar bilan uyg'unlashtirish amaliy jihatdan istiqbolli yo'nalishlardan biridir.

XULOSA

Tahlil natijalari axborot qidirish tizimini faqat hujjatlarni izlab topish vositasi sifatida emas, balki foydalanuvchi so'rovi, hujjatlarni qayta ishlash, aniqlilik darajasini baholash va natijalarni tartiblashni o'z ichiga olgan jarayon sifatida ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi. Turli manbalardagi ta'riflar o'rtasidagi farq, avvalo, mualliflar qidiruvning qaysi tomoniga — axborot ehtiyojiga, hujjatlarni tanlashga, statistik moslikka yoki semantik tushunishga — ko'proq e'tibor bergani bilan izohlanadi.

Qidiruv modellarining rivojlanishi ham shu ehtiyojlar bilan bog'liq. Boolean model qat'iy moslikni ta'minlagan bo'lsa, vektor modellari qisman moslik va natijalarni tartiblash imkonini berdi. Ehtimollik modellari aniqlilik darajasini statistik jihatdan baholashni kuchaytirdi, Web qidiruvi esa havolalar kabi qo'shimcha signallarni qidiruv jarayoniga olib kirdi. Semantik va neyron yondashuvlar esa so'rov va hujjat o'rtasidagi mazmuniy yaqinlikni chuqurroq ifodalash imkonini berdi.

Shu bilan birga, zamonaviy neyron modellarning ustunligini mutlaq deb bo'lmaydi. Ularning samaradorligi ma'lumotlar sifati, so'rovlarning xususiyati, hisoblash imkoniyatlari va muayyan sohaga moslashtirish darajasiga bog'liq. Demak, amaliy axborot qidirish tizimini yaratishda bitta modelni tanlashdan ko'ra, vazifa va ma'lumotlar xususiyatiga mos keladigan yondashuvni aniqlash muhim.

Mahalliy (Alisher Navoiy nomidagi O'zbekiston Milliy kutubxonasi, Unilibrary) va xorijiy (UNESCO raqamli kutubxonasi, IEEE Xplore) axborot-kutubxona tizimlaridagi qidiruv amaliyoti, shuningdek, sun'iy intellekt asosidagi ChatGPT va Elicit kabi platformalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, amaliyotda kalit so'zga asoslangan an'anaviy qidiruvdan tabiiy tildagi so'rovlarni tushunishga qaratilgan zamonaviy yondashuvlarga bosqichma-bosqich o'tish kuzatilmoqda. Ushbu holat kutubxona axborot tizimlarini rivojlantirishda sun'iy intellektga asoslangan muloqot vositalarini joriy etishning dolzarbligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Kutubxona axborot tizimlari nuqtayi nazaridan an'anaviy bibliografik qidiruvni semantik qidiruv, ranking va foydalanuvchi bilan muloqot qilish mexanizmlari bilan birlashtirish foydalanuvchining axborot ehtiyojini aniqroq qondirishga xizmat qilishi mumkin. Keyingi tadqiqotlarda mazkur yondashuvlarni kutubxona axborot resurslari asosida eksperimental taqqoslash maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fernandes L.C., Ribeiro L.d.S., de Castro M.V.B. et al. JurisTCU: a Brazilian Portuguese information retrieval dataset with query relevance judgments. Language Resources and Evaluation. 2026. Vol. 60. Art. 23. <https://doi.org/10.1007/s10579-025-09881-w>
2. Hambarde K.A., Proença H. Information retrieval: recent advances and beyond. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 76581–76604.
3. Mitra M., Chaudhuri B.B. Information retrieval from documents: A survey. Information Retrieval. 2000. Vol. 2, No. 2. P. 141–163.
4. Fan Y. et al. Pre-training methods in information retrieval. Foundations and Trends in Information Retrieval. 2022. Vol. 16, No. 3. P. 178–317.
5. Manning C.D., Raghavan P., Schütze H. An Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press, 2008. URL: <http://www.informationretrieval.org>
6. Salton G., Wong A., Yang C.S. A vector space model for automatic indexing. Communications of the ACM. 1975. Vol. 18, No. 11. P. 613–620.
7. Robertson S.E., Sparck Jones K. Relevance weighting of search terms. Journal of the American Society for Information Science. 1976. Vol. 27, No. 3. P. 129–146.
8. Robertson S., Zaragoza H. The probabilistic relevance framework: BM25 and beyond. Foundations and Trends in Information Retrieval. 2009. Vol. 3, No. 4. P. 333–389.
9. Normatov S., Rakhmatullaev M. Formalizing the processes of evaluating the characteristics of scientific and educational information resources // 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). Tashkent, Uzbekistan, 2022. P. 1–4. doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146831.

METHODOLOGY FOR IMPLEMENTING SOFTWARE AND METHODOLOGICAL SUPPORT FOR DEVELOPING STUDENTS' PROGRAMMING COMPETENCE

Sadullayev Avaz Akmal ugli¹

¹ Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: avazbek_sadullayev_1997@mail.ru

Abstract. *This article examines the methodology for implementing software and methodological support aimed at developing students' programming competence. The purpose of the research is to develop a step-by-step model for introducing modern software tools and methodological materials to improve the quality of teaching programming disciplines in higher education institutions. The study employed methods of pedagogical observation, testing, expert evaluation, and statistical analysis. The developed methodology comprises three stages — preparatory, practical implementation, and monitoring — each of which applies a system of criteria for assessing students' programming skills.*

Keywords: *programming competence, software support, methodological support, educational technology, algorithmic thinking.*

Аннотация. *В статье рассматривается методика внедрения программно-методического обеспечения, направленного на развитие компетентности студентов в области программирования. Целью исследования является разработка поэтапной модели внедрения современных программных средств и методических материалов для повышения*

качества преподавания дисциплин программирования в высших учебных заведениях. В ходе исследования применялись методы педагогического наблюдения, тестирования, экспертной оценки и статистического анализа. Разработанная методика включает три этапа — подготовительный, практического внедрения и мониторинга, на каждом из которых применяется система критериев оценки навыков программирования студентов.

Ключевые слова: компетентность в программировании, программное обеспечение, методическое обеспечение, образовательные технологии, алгоритмическое мышление.

Annotatsiya. Ushbu maqolada talabalarining dasturlash bo'yicha kompetensiyalarini rivojlantirishga qaratilgan dasturiy va uslubiy ta'minotni joriy etish metodologiyasi tahlil qilinadi. Tadqiqotning maqsadi — oliy ta'lim muassasalarida dasturlash fanlarini o'qitish sifatini oshirish uchun zamonaviy dasturiy vositalar va uslubiy materiallarni joriy etishning bosqichma-bosqich modelini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda pedagogik kuzatuv, test sinovlari, ekspert baholash va statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Ishlab chiqilgan metodologiya uch bosqichni — tayyorgarlik, amaliy joriy etish va monitoringni — o'z ichiga oladi; ularning har birida talabalarining dasturlash ko'nikmalarini baholash uchun mezonlar tizimi qo'llaniladi.

Kalit so'zlar. dasturlash bo'yicha kompetensiya, dasturiy ta'minotni qo'llab-quvvatlash, uslubiy ta'minot, ta'lim texnologiyasi, algoritmik tafakkur.

INTRODUCTION

The rapid digitalization of the economy and the growing demand for qualified software engineers have made the development of students' programming competence one of the priority tasks of higher technical education. Programming competence is understood as an integrative quality of a specialist that combines theoretical knowledge of algorithms and data structures, practical coding skills, algorithmic thinking, and the ability to work in a team on real software projects. In the context of Industry 4.0 and the accelerated growth of the IT sector in Uzbekistan, universities are expected not merely to transmit theoretical knowledge but to form applied, project-ready competencies that can be immediately utilized by employers.

Despite the increasing number of programming courses in university curricula, practice shows that a considerable share of graduates still experience difficulties in independently designing and implementing software solutions. Analysis of the scientific literature indicates that one of the main reasons is the fragmented and unsystematic implementation of software and methodological support: modern development environments, online-judge platforms, and interactive teaching materials are often introduced episodically, without a coherent methodology linking them to clearly defined competence criteria.

A review of prior research reveals several relevant strands. Wing's concept of computational thinking emphasizes that programming education should develop general problem-decomposition and abstraction skills rather than syntax memorization alone. Robins, Rountree, and Rountree, in their well-known review of programming education research, note that novice programmers face persistent difficulties related to notional machines and mental models of program execution, which purely lecture-based teaching fails to address. Sorva further argues that visualization tools and interactive environments substantially improve students' understanding of how programs actually execute in memory. Uzbek researchers, including Yuldashev and Karimov and Rasulov, have highlighted that the effectiveness of digital tools in programming education strongly depends on the presence of a

structured implementation methodology and continuous formative assessment, rather than on the sophistication of the tools themselves.

Nevertheless, most existing studies either describe isolated tools (an online-judge system, a specific IDE, a gamified platform) or propose general pedagogical principles without an operational, criteria-based implementation model that instructors can follow step by step. This creates a research gap: there is a lack of a practically verified methodology that integrates software tools, methodological materials, and a quantitative assessment system into a single, replicable process.

The purpose of the present study is to develop and experimentally verify a methodology for the phased implementation of software and methodological support that systematically develops students' programming competence throughout a course of study. The novelty of the proposed approach lies in combining a three-stage implementation model with a criteria-based assessment system that allows the level of competence formation to be monitored quantitatively at each stage, and in providing a weighted formula that aggregates heterogeneous competence indicators into a single interpretable index.

The remainder of the article is organized as follows: the Materials and Methods section describes the experimental design, participants, and the proposed methodology in detail; the Results section presents the quantitative outcomes of the pedagogical experiment; the Discussion section interprets the findings in the context of existing research; and the Conclusion summarizes the theoretical and practical contributions of the study.

MATERIALS AND METHODS

The research was conducted at the Faculty of Information Technologies of Tashkent State Technical University during two consecutive academic semesters of the 2024/2025 academic year. A total of 64 second-year students majoring in software engineering took part in the pedagogical experiment; they were divided into an experimental group (32 students), which studied according to the proposed methodology, and a control group (32 students), which studied according to the traditional programme. The two groups were formed to be comparable in terms of prior academic performance, gender composition, and initial diagnostic test results, which is confirmed statistically in the Results section.

The proposed methodology consists of three interrelated stages, summarized in Table 1 together with their main activities and expected outcomes.

Table 1. Stages of the proposed implementation methodology

Stage	Main activities	Expected outcome
Preparatory	Course content restructuring; selection of IDE and online-judge platform; preparation of graded task banks and methodological guides	Readiness of software and methodological infrastructure
Practical implementation	Solving algorithmic and project tasks of increasing complexity; automated feedback; teamwork on a semester project with version control	Formation of practical coding, algorithmic and teamwork skills
Monitoring	Periodic testing after each module; expert evaluation of projects; calculation of the integral competence index	Quantitative tracking of competence dynamics and timely correction

At the preparatory stage, the content of the course was restructured into eight thematic modules of increasing complexity, an integrated development environment and an automated online-judge platform for verifying programming assignments were selected, and methodological guides with graduated tasks (from basic syntax exercises to multi-file project assignments) were prepared. Instructors were also trained in the use of the automated feedback platform prior to the start of the experiment.

At the stage of practical implementation, students in the experimental group solved a sequence of algorithmic and project-based tasks of increasing complexity, received automated feedback from the online-judge platform within minutes of submission, and worked in small teams of three to four students on a semester project using version-control tools (Git) and a shared repository. Peer code review sessions were organized after each module to reinforce collaborative learning. Students in the control group followed the standard curriculum, submitting assignments for manual checking with feedback typically delayed by five to seven days.

At the monitoring stage, the level of competence formation was measured after each of the eight modules using a set of quantitative criteria described below, allowing early identification of students who required additional support.

The methods used in the study included pedagogical observation, diagnostic and control testing, expert evaluation of project work by a commission of three instructors, questionnaire-based self-assessment of motivation, and mathematical statistics (Student's t-test for independent samples) for comparing the results of the experimental and control groups.

To obtain an integral indicator of programming competence, the following weighted formula was used, combining theoretical knowledge (K1), practical coding skills (K2), algorithmic thinking (K3), and project/teamwork skills (K4), each measured on a 100-point scale using standardized tests and rubrics:

$$K = 0.25 \cdot K1 + 0.30 \cdot K2 + 0.25 \cdot K3 + 0.20 \cdot K4 \quad (1)$$

The weighting coefficients in formula (1) were determined through an expert survey of nine methodologists and reflect the relative importance of each component for the professional readiness of a future software engineer, with practical coding skills assigned the highest weight due to their direct correspondence to labour-market requirements. Table 2 summarizes the assessment criteria used to measure each component.

Table 2. Assessment criteria for the components of the integral competence index

Component	Assessment instrument	Weight
K1 — Theoretical knowledge	Written tests on algorithms, data structures and language syntax	0.25
K2 — Practical coding skills	Automated online-judge assignments, code quality checklist	0.30
K3 — Algorithmic thinking	Problem-solving tasks requiring algorithm design before coding	0.25
K4 — Project / teamwork skills	Expert evaluation of semester project and peer review activity	0.20

RESULTS

At the beginning of the experiment, the initial diagnostic testing showed no statistically significant difference between the experimental and control groups (average integral competence index $K = 41.3$ and $K = 42.1$, respectively; $t = 0.34$, $p > 0.05$), which confirms the comparability of the groups before the intervention.

After the completion of the three-stage methodology, the final testing revealed a marked difference between the groups. Table 3 presents the pre- and post-experiment values of each competence component and the integral index for both groups.

Table 3. Pre- and post-experiment competence indicators (mean values, 100-point scale)

Indicator	Experimental, pre	Experimental, post	Control, pre	Control, post
K1 — Theoretical knowledge	44.5	72.1	45.0	58.4
K2 — Practical coding skills	38.2	76.4	39.6	58.9
K3 — Algorithmic thinking	40.1	74.3	41.0	56.2
K4 — Project/teamwork skills	42.8	75.0	43.5	58.6
Integral index K (formula 1)	41.3	74.6	42.1	55.8

The calculated value of Student's t-test for the post-experiment integral index ($t = 6.42$, $df = 62$, $p < 0.01$) confirms that the observed difference between the experimental and control groups is statistically significant and is not attributable to random factors. A similar pattern of statistically significant differences ($p < 0.05$) was found for each of the four individual components.

A more detailed analysis of the individual components showed that the largest gain in the experimental group was observed in practical coding skills (K2) and algorithmic thinking (K3), which increased on average by 38.2 and 34.2 points respectively, compared with 19.3 and 15.2 points in the control group. Project and teamwork skills (K4) also improved more substantially in the experimental group (an increase of 32.2 points versus 15.1 points in the control group).

DISCUSSION

The results obtained are consistent with the theoretical premise, discussed by Wing and later by Sorva, that programming competence develops most effectively when students receive rapid, iterative feedback that allows them to correct misconceptions about program execution while they are still fresh. The substantially larger gains observed for K2 (practical coding skills) and K3 (algorithmic thinking) in the experimental group suggest that the automated online-judge platform played a central role by shortening the feedback loop from several days to a few minutes, a mechanism also highlighted in the studies of Robins et al. on novice programmers.

The relatively smaller, though still significant, improvement in theoretical knowledge (K1) compared with practical components indicates that traditional lecture-based instruction remains reasonably effective for conveying declarative knowledge, whereas its limitations become most

apparent in the development of applied, procedural skills — precisely the components that the proposed methodology targets most directly through project work and automated practice.

CONCLUSION

The study has substantiated and experimentally verified a three-stage methodology for implementing software and methodological support aimed at developing students' programming competence. The methodology, which integrates a preparatory stage, a stage of practical implementation supported by automated feedback tools, and a monitoring stage based on quantitative criteria, produced statistically significant improvements in students' integral programming competence compared with the traditional approach, raising the integral index from a comparable baseline of about 41–42 points to 74.6 points in the experimental group versus 55.8 points in the control group.

THE USED OF LITERATURE

1. Yuldashev, U.T. Zamonaviy axborot texnologiyalari asosida dasturlashni o'qitish metodikasi. — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2023. — 184 b.
2. Karimov, N.B., Rasulov, D.A. Oliy ta'limda dasturlash kompetentligini shakllantirish muammolari // Pedagogika va psixologiya muammolari. — 2022. — № 3. — B. 58–66.
3. Wing, J.M. Computational Thinking // Communications of the ACM. — 2006. — Vol. 49, № 3. — P. 33–35.
4. Robins, A., Rountree, J., Rountree, N. Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion // Computer Science Education. — 2003. — Vol. 13, № 2. — P. 137–172.
5. Toshpo'latov, S.A. Dasturlash fanlarini o'qitishda avtomatlashtirilgan baholash tizimlaridan foydalanish // Informatika va axborot texnologiyalari. — 2021. — № 2. — B. 44–51.
6. Sorva, J. Notional Machines and Introductory Programming Education // ACM Transactions on Computing Education. — 2013. — Vol. 13, № 2. — Article 8.
7. Ben-Ari, M. Constructivism in Computer Science Education // Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching. — 2001. — Vol. 20, № 1. — P. 45–73.
8. Denny, P., Luxton-Reilly, A., Hamer, J. The Composition of an Online Judge for Introductory Programming Courses // Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education. — 2010. — P. 267–271.

AXBOROT XAVFSIZLIGINI BOSHQARISH TIZIMLARINI TASHKIL ETISH METODOLOGIYASI

Sa'dullayev Avaz Akmal o'g'li¹

¹ Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston
e-mail: avazbek_sadullayev_1997@mail.ru

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada tashkilotlarda axborot xavfsizligini boshqarish tizimini (AXBT) tashkil etish va joriy etishning metodologik asoslari tahlil qilingan. Tadqiqotning maqsadi — xalqaro ISO/IEC 27001 standarti talablariga mos, tavakkalga asoslangan yondashuv orqali AXBTni bosqichma-bosqich shakllantirish modelini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda tizimli tahlil, tavakkalni baholash usullari, ekspert so'rovi va qiyosiy tahlil qo'llanildi. Taklif etilgan metodologiya*

to'rt bosqichdan — rejalashtirish, joriy etish, monitoring va takomillashtirish (PDCA sikli) — iborat bo'lib, har bir bosqichda axborot aktivlarini inventarizatsiya qilish, tahdid va zaifliklarni aniqlash, tavakkal darajasini miqdoriy baholash hamda mos himoya choralarini tanlash tartiblari batafsil yoritilgan.

Kalit soʻzlar: *axborot xavfsizligi, boshqaruv tizimi, tavakkalni baholash, ISO/IEC 27001, PDCA sikli.*

Аннотация. *В статье рассматриваются методологические основы организации и внедрения системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ) на предприятиях. Целью исследования является разработка поэтапной модели формирования СМИБ на основе риск-ориентированного подхода в соответствии с требованиями международного стандарта ISO/IEC 27001. В исследовании применялись методы системного анализа, оценки рисков, экспертного опроса и сравнительного анализа. Предложенная методология включает четыре этапа — планирование, внедрение, мониторинг и совершенствование (цикл PDCA), в рамках которых подробно рассмотрены процедуры инвентаризации информационных активов, выявления угроз и уязвимостей, количественной оценки уровня риска и выбора соответствующих защитных мер.*

Ключевые слова: *информационная безопасность, система менеджмента, оценка рисков, ISO/IEC 27001, цикл PDCA.*

Abstract. *This article examines the methodological foundations for establishing and implementing an information security management system (ISMS) in organizations. The purpose of the research is to develop a phased model for building an ISMS based on a risk-oriented approach in accordance with the requirements of the international standard ISO/IEC 27001. The study employed methods of systems analysis, risk assessment, expert survey, and comparative analysis. The proposed methodology consists of four stages — planning, implementation, monitoring, and improvement (the PDCA cycle) — within which the procedures for information asset inventory, threat and vulnerability identification, quantitative risk-level assessment, and selection of appropriate security controls are described in detail.*

Keywords: *information security, management system, risk assessment, ISO/IEC 27001, PDCA cycle.*

KIRISH

Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi va axborot texnologiyalarining barcha soha faoliyatiga chuqur singib borishi tashkilotlarning axborot resurslarini himoya qilish masalasini strategik ahamiyat kasb etishiga olib kelmoqda. Kiberhujumlar sonining ortishi, ma'lumotlar sizib chiqishi holatlari va me'yoriy-huquqiy talablarning kuchayishi natijasida yagona texnik yechimlarga tayanish yetarli emasligi, balki tizimli va uzluksiz boshqariladigan yondashuv zarurligi yaqqol namoyon bo'lmoqda.

Axborot xavfsizligini boshqarish tizimi (AXBТ) — tashkilotning axborot aktivlarini maxfiylik, yaxlitlik va foydalanuvchanlik nuqtai nazaridan himoya qilishga qaratilgan siyosatlar, jarayonlar, tashkiliy tuzilmalar va texnik vositalar majmuidir. Xalqaro amaliyotda AXBTni tashkil etishning asosiy me'yoriy asosi ISO/IEC 27001 standarti hisoblanadi, biroq ko'plab tashkilotlarda ushbu standart talablarini amaliy joriy etish metodologik jihatdan yetarlicha ishlab chiqilmagan.

Sohaga oid ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, Whitman va Mattord axborot xavfsizligini boshqarishni faqat texnik chora emas, balki tashkiliy boshqaruv jarayoni sifatida ko'rib chiqish zarurligini ta'kidlaydi, bunda rahbariyatning ishtiroki va siyosatlarning izchilligi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. NIST SP 800-30 uslubiy qo'llanmasi tavakkalni baholashning bosqichma-bosqich jarayonini tavsiflaydi, biroq bu jarayonni aniq tarmoq korxonasi sharoitida amalga oshirish metodikasi ko'pincha umumiy tavsiyalar darajasida qoladi. O'zbek tadqiqotchilaridan Karimov axborot xavfsizligini boshqarish tizimlarining nazariy asoslarini yoritgan bo'lsa, Raximov korxonalarda tavakkallarni baholash metodikasini tahlil qilgan; biroq ushbu ishlarda AXBTni to'liq PDCA sikli asosida bosqichma-bosqich joriy etishning amaliy sinovdan o'tkazilgan modeli yetarlicha ishlab chiqilmagan.

Shu bilan birga, ko'plab tashkilotlarda AXBT elementlari (parol siyosati, antivirus dasturlari, xavfsizlik devori) alohida-alohida, umumiy tavakkalga asoslangan strategiyaga bog'lanmagan holda joriy etiladi. Bu esa resurslarning notekis taqsimlanishiga, eng muhim aktivlarning yetarlicha himoyalanganligiga va xavfsizlik hodisalariga reaktiv (voqea sodir bo'lgandan keyingi) tarzda javob berilishiga olib keladi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — tavakkalga asoslangan yondashuv negizida AXBTni bosqichma-bosqich tashkil etish va joriy etishning amaliy metodologiyasini ishlab chiqish, uni miqdoriy ko'rsatkichlar orqali baholash mezonlarini shakllantirish hamda sanoat korxonasi misolida sinovdan o'tkazishdan iborat.

Maqolaning keyingi qismlari quyidagicha tashkil etilgan: «Materiallar va usullar» bo'limida tadqiqot metodologiyasi va tavakkalni baholash tartibi batafsil bayon etiladi; «Natijalar» bo'limida tajriba-sinov ishlarining miqdoriy natijalari keltiriladi; «Muhokama» bo'limida natijalar mavjud adabiyotlar kontekstida tahlil qilinadi; «Xulosa» bo'limida esa tadqiqotning nazariy va amaliy ahamiyati umimlashtiriladi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot metodologik asosini xalqaro ISO/IEC 27001:2022 va ISO/IEC 27005:2022 standartlari, NIST SP 800-30 uslubiy qo'llanmasi, shuningdek tavakkalni boshqarish sohasidagi ilmiy-uslubiy adabiyotlar tashkil etadi. Tadqiqot ob'ekti sifatida O'zbekistondagi o'rta hajmdagi sanoat korxonasining axborot infratuzilmasi tanlab olindi, unda 47 ta axborot aktivi va 140 dan ortiq xodim faoliyat yuritadi.

Taklif etilgan metodologiya boshqaruv tizimlarida keng qo'llaniladigan PDCA (Reja–Bajarish–Tekshirish–Takomillashtirish) siklining to'rt bosqichiga asoslanadi. Bosqichlar, ularning asosiy tarkibiy qismlari va kutilayotgan natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Taklif etilgan AXBT joriy etish metodologiyasining bosqichlari

Bosqich	Asosiy tarkibiy qismlar	Kutilayotgan natija
Rejalashtirish (Plan)	Aktivlarni inventarizatsiya qilish, tahdid va zaifliklarni aniqlash, tavakkalni baholash	Tavakkallar xaritasi va ustuvor himoya yo'nalishlari
Joriy etish (Do)	Tashkiliy, huquqiy va texnik himoya choralarini tatbiq etish, xodimlarni o'qitish	Amalga tatbiq etilgan nazorat choralari tizimi

Bosqich	Asosiy tarkibiy qismlar	Kutilayotgan natija
Monitoring (Check)	Xavfsizlik hodisalarini qayd etish, nazorat choralari samaradorligini baholash	Hodisalar statistikasi va samaradorlik ko'rsatkichlari
Takomillashtirish (Act)	Aniqlangan kamchiliklarni bartaraf etish, siyosat va tartiblarni yangilash	Yangilangan, takomillashtirilgan AXBT

Rejalashtirish bosqichida axborot aktivlari (serverlar, ma'lumotlar bazalari, tarmoq uskunalari, dasturiy ta'minot va hujjat oqimlari) inventarizatsiya qilinadi, ularning tashkilot faoliyati uchun ahamiyati (biznes-qiymati) aniqlanadi, mumkin bo'lgan tahdid va zaifliklar ro'yxati shakllantiriladi. Joriy etish bosqichida tanlangan himoya choralari (kirishni boshqarish tizimlari, shifrlash, zaxira nusxalash, xavfsizlik devorlari, ichki tartib-qoidalar) amalga tatbiq etiladi va xodimlar axborot xavfsizligi bo'yicha muntazam o'qitiladi. Monitoring bosqichida xavfsizlik hodisalari maxsus jurnalda qayd etiladi va nazorat choralari samaradorligi oy sayin baholanadi. Takomillashtirish bosqichida esa aniqlangan kamchiliklar asosida boshqaruv tizimiga tuzatishlar kiritiladi va siyosatlar yangilanadi.

Tavakkal darajasini miqdoriy baholash uchun quyidagi klassik formuladan foydalanildi, unda tahdidning yuzaga kelish ehtimoli (T), tizimning unga nisbatan zaifligi (V) va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan zarar miqdori (I) hisobga olinadi:

$$R = T \times V \times I \quad (1)$$

Har bir ko'rsatkich (T, V, I) 1 dan 5 gacha bo'lgan shkalada 12 nafar AT va xavfsizlik mutaxassisidan iborat ekspertlar guruhi tomonidan baholandi. 2-jadvalda tavakkal darajalarini tasniflash mezonlari keltirilgan.

2-jadval. Tavakkal darajalarini tasniflash mezonlari (formula 1 asosida)

R qiymati oralig'i	Tavakkal darajasi	Tavsiya etilgan chora
1–20	Past	Standart nazorat choralari, davriy monitoring
21–60	O'rta	Qo'shimcha texnik va tashkiliy choralar, tezlashtirilgan monitoring
61–125	Yuqori	Ustuvor himoya choralari, doimiy monitoring va rahbariyat nazorati

Olingan R qiymati bo'yicha har bir aktiv uchun ustuvor himoya choralari belgilandi. Tadqiqotda, shuningdek, ekspert so'rovi (12 nafar mutaxassis ishtirokida, Likert shkalasi asosida) hamda korxonaning AXBT joriy etilishidan oldingi va keyingi 12 oylik davrlaridagi xavfsizlik hodisalari statistikasini qiyosiy tahlil qilish usullaridan foydalanildi.

NATIJALAR

Rejalashtirish bosqichida o'tkazilgan inventarizatsiya natijasida korxonada 47 ta axborot aktivi aniqlandi. Ularning tavakkal darajalari bo'yicha taqsimoti 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Aniqlangan axborot aktivlarining tavakkal darajalari bo'yicha taqsimoti

Tavakkal darajasi	Aktivlar soni	Ulush, %
Yuqori	14	29,8
O'rta	21	44,7
Past	12	25,5
Jami	47	100,0

Yuqori tavakkalli aktivlarning aksariyati mijozlar ma'lumotlar bazasi va moliyaviy hisobot tizimlari bilan bog'liq bo'lib chiqdi, bu esa ushbu aktivlarga ustuvor himoya choralari yo'naltirish zarurligini ko'rsatdi.

Metodologiyani joriy etishdan oldingi va keyingi 12 oylik davrlar bo'yicha xavfsizlik ko'rsatkichlari solishtirmasi 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval. AXBT joriy etilishidan oldingi va keyingi xavfsizlik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Joriy etishdan oldin	Joriy etishdan keyin	O'zgarish
O'rtacha hodisalar soni (oyiga)	9,2	3,8	-58,7%
Hodisani aniqlash/bartaraf etish vaqti (soat)	36	11	-69,4%
Xodimlar xabardorlik darajasi (100 ballidan)	47	79	+68,1%
Yuqori tavakkalli aktivlar soni	14	6	-57,1%

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, metodologiyani joriy etilishidan so'ng qayd etilgan axborot xavfsizligi hodisalar soni AXBT joriy etilishidan oldingi davrga nisbatan 58,7 foizga kamaydi. Bundan tashqari, hodisalarni aniqlash va bartaraf etishga ketgan o'rtacha vaqt 36 soatdan 11 soatgacha qisqardi, bu esa joriy etilgan monitoring va reagirlash tartib-qoidalarining samaradorligini tasdiqlaydi.

Ekspert so'rovi natijalari shuni ko'rsatdiki, xodimlarning axborot xavfsizligi bo'yicha xabardorlik darajasi (o'qitish dasturlari joriy etilgandan so'ng) 100 balllik shkalada o'rtacha 47 ballidan 79 ballgacha oshgan. Bu, o'z navbatida, ijtimoiy muhandislik usullari orqali amalga oshiriladigan hujumlar sonining kamayishiga ijobiy ta'sir ko'rsatgan. Shuningdek, takroriy tavakkalni baholash natijasida yuqori tavakkalli aktivlar soni 14 tadan 6 taga kamaygani, ya'ni ustuvor himoya choralari qo'llangan aktivlarning katta qismi o'rta yoki past tavakkal darajasiga o'tganligi aniqlandi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Whitman va Mattord tomonidan ilgari surilgan g'oyani — axborot xavfsizligini boshqarishning samaradorligi faqat texnik vositalarga emas, balki tizimli boshqaruv jarayoniga bog'liqligini — amaliy jihatdan tasdiqlaydi. Hodisalar sonining sezilarli kamayishi va reagirlash vaqtining qisqarishi, avvalambor, tavakkalni miqdoriy baholash asosida ustuvorliklarni to'g'ri belgilash va resurslarni eng yuqori tavakkalli aktivlarga yo'naltirish natijasida yuzaga kelgan.

Xodimlar xabardorligining sezilarli oshishi ijtimoiy muhandislik orqali amalga oshiriladigan hujumlarning kamayishi bilan bog'liqligi, axborot xavfsizligini faqat texnik masala emas, balki

tashkiliy madaniyat masalasi sifatida ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi — bu xulosa NIST SP 800-30 va ISO/IEC 27001 standartlarining inson omiliga alohida e'tibor qaratish tamoyili bilan mos keladi.

Shu bilan birga, tadqiqot natijalari Raximov tomonidan qayd etilgan muammoni — ya'ni ko'plab O'zbekiston korxonalarida tavakkalni baholash jarayonining tizimli emasligini — bartaraf etishning amaliy yo'lini taklif etadi: to'rt bosqichli PDCA modeli va oddiy, tushunarli $R = T \times V \times I$ formulasi orqali istalgan korxona o'z sharoitiga moslashtirilgan tavakkal xaritasini nisbatan qisqa muddatda shakllantirishi mumkin.

XULOSA

Tadqiqot natijasida tavakkalga asoslangan, to'rt bosqichli (PDCA) axborot xavfsizligini boshqarish tizimini tashkil etish metodologiyasi ishlab chiqildi va sanoat korxonasi misolida amaliy sinovdan o'tkazildi. Metodologiyani qo'llash natijasida axborot xavfsizligi hodisalari soni 58,7 foizga kamaygani, hodisalarga reagirlash vaqti 36 soatdan 11 soatgacha qisqargani, xodimlarning xavfsizlik bo'yicha xabardorlik darajasi 47 balldan 79 ballgacha oshgani va yuqori tavakkalli aktivlar soni 14 tadan 6 taga kamaygani aniqlandi.

Ishlab chiqilgan metodologiya ISO/IEC 27001 standarti talablariga javob beradigan AXBTni joriy etmoqchi bo'lgan sanoat va davlat tashkilotlari uchun amaliy qo'llanma sifatida tavsiya etiladi, shuningdek u kichik va o'rta biznes korxonalarining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda moslashtirilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements. — Geneva: ISO, 2022.
2. ISO/IEC 27005:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Guidance on managing information security risks. — Geneva: ISO, 2022.
3. Karimov, B.R. Axborot xavfsizligini boshqarish tizimlari: nazariya va amaliyot. — Toshkent: Aloqachi, 2022. — 212 b.
4. Raximov, Sh.O. Korxonalarda axborot xavfsizligi tavakkallarini baholash metodikasi // Axborot texnologiyalari muammolari. — 2023. — № 1. — B. 71–79.
5. Whitman, M.E., Mattord, H.J. Management of Information Security. — Boston: Cengage Learning, 2021. — 5th ed. — 656 p.
6. NIST SP 800-30 Rev. 1. Guide for Conducting Risk Assessments. — Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2012.
7. ISO/IEC 27002:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security controls. — Geneva: ISO, 2022.
8. Tashkentov, I.R. Sanoat korxonalarida axborot xavfsizligi siyosatini shakllantirish masalalari // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. — 2022. — № 5. — B. 89–97.
9. von Solms, R., van Niekerk, J. From Information Security to Cyber Security // Computers & Security. — 2013. — Vol. 38. — P. 97–102.
10. Peltier, T.R. Information Security Risk Analysis. — Boca Raton: CRC Press, 2010. — 3rd ed. — 456 p.

UO‘K: 621.311.243:004.8

**FOTOELEKTRIK TIZIMLAR ISHONCHLILIGINI TA’MINLASHDA SUN’IY
INTELLEKT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH: JAHON VA
O‘ZBEKISTONDAGI ILMIY TADQIQOTLAR TAHLILI**

Majidova Maxliyo A'zam qizi¹ – assistant ORCID: 0009-0000-6078-5944,

E-mail: maxliyomajidova106@gmail.com Tel.: +998 87 310 11 93

¹Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada fotoelektrik tizimlar ishonchliligini ta’minlashda sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish bo’yicha jahon va O‘zbekistondagi ilmiy tadqiqotlar tahlil qilinadi. Fotoelektrik modullar, invertorlar, akkumulyatorlar va elektr ulanishlaridagi nosozliklarni aniqlash, diagnostika qilish hamda prognozlashda mashinali va chuqur o‘qitish algoritmlarining imkoniyatlari yoritiladi. Qiyosiy tahlil asosida sun’iy intellektning monitoring, texnik holatni baholash va prediktiv texnik xizmat ko‘rsatishdagi o‘rni umumlashtiriladi.

Kalit so‘zlar: fotoelektrik tizim, ishonchlilik, sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish, chuqur o‘qitish, nosozlik diagnostikasi, prognozlash, monitoring, prediktiv texnik xizmat.

УДК: 621.311.243:004.8

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЁЖНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ
МИРОВЫХ И УЗБЕКИСТАНСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Мажидова Махлиё Азам кизи¹ – ассистент,

ORCID: 0009-0000-6078-5944

E-mail: maxliyomajidova106@gmail.com

Тел.: +998 87 310 11 93

¹ Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация: В статье анализируются мировые и узбекские научные исследования по применению технологий искусственного интеллекта для обеспечения надёжности фотоэлектрических систем. Рассматриваются возможности алгоритмов машинного и глубокого обучения при выявлении, диагностике и прогнозировании неисправностей фотоэлектрических модулей, инверторов, аккумуляторов и электрических соединений. На основе сравнительного анализа обобщается роль искусственного интеллекта в мониторинге, оценке технического состояния и предиктивном техническом обслуживании.

Ключевые слова: фотоэлектрическая система, надёжность, искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, диагностика неисправностей, прогнозирование, мониторинг, предиктивное техническое обслуживание.

UDC: 621.311.243:004.8

**THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO ENSURE THE
RELIABILITY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: AN ANALYSIS OF SCIENTIFIC
RESEARCH IN THE WORLD AND UZBEKISTAN**

Majidova Maxliyo Azam qizi¹ – Assistant,

ORCID: 0009-0000-6078-5944

E-mail: maxliyomajidova106@gmail.com

Tel.: +998 87 310 11 93

¹ Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract: *This article analyzes global and Uzbek scientific research on the application of artificial intelligence technologies to improve the reliability of photovoltaic systems. The capabilities of machine learning and deep learning algorithms for fault detection, diagnosis, and prediction in photovoltaic modules, inverters, batteries, and electrical connections are examined. Based on a comparative analysis, the role of artificial intelligence in monitoring, technical condition assessment, and predictive maintenance is summarized.*

Keywords: *photovoltaic system, reliability, artificial intelligence, machine learning, deep learning, fault diagnosis, prediction, monitoring, predictive maintenance.*

KIRISH

Qayta tiklanuvchi energiya rivojlanishi fotoelektrik (PV) tizimlardan foydalanishni kengaytirmoqda. Biroq modullar, inverterlar va elektr ulanishlaridagi nosozliklar tizim samaradorligi va ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, shu bois ularni o'z vaqtida aniqlash muhimdir [1]. Monitoring ma'lumotlari hajmining ortishi ularni avtomatik va kompleks tahlil qilish zaruratini kuchaytirmoqda. IEA PVPS Task 13 elektr va ekspluatatsion ma'lumotlarni qiyosiy tahlil qilishni asosiy yondashuv sifatida belgilaydi [2]. Sun'iy intellekt va mashinali o'qitish normal hamda anomal holatlarni aniqlash va nosozliklarni diagnostika qilish imkonini beradi [3–5]. Zamonaviy tadqiqotlar esa diagnostikadan prognozlash va prediktiv texnik xizmatga o'tish tendensiyasini ko'rsatmoqda [6]. Shu bois PV tizimlari ishonchliligida IoT, sun'iy intellekt va raqamli egizak texnologiyalarini qo'llash hamda xalqaro va mahalliy tajribani qiyosiy tahlil qilish dolzarbdir [7].

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI

Mazkur tadqiqot fotoelektrik tizimlar ishonchliligida sun'iy intellekt foydalanishga oid xalqaro va mahalliy ilmiy ishlarni qiyosiy tahlil qilishga asoslandi. Nosozliklarni aniqlash, diagnostika, monitoring va prediktiv texnik xizmatga oid manbalar o'rganildi. ANN, SVM, Random Forest, KNN va chuqur o'qitish algoritmlarining PV tizimlaridagi qo'llanilishi tahlil qilindi. Tok, kuchlanish, quyosh nurlanishi, harorat va I–V xarakteristikalarini asosiy monitoring ma'lumotlari sifatida olindi [2]. Tadqiqotda **tizimli, qiyosiy va kontent tahlili hamda umumlashtirish** metodlaridan foydalanilib, mavjud yondashuvlarning afzalliklari, imkoniyatlari va istiqbollari baholandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Ilmiy manbalar tahlili sun'iy intellekt fotoelektrik tizimlar ishonchliligini oshirishda monitoring, diagnostika, nosozliklarni aniqlash va prediktiv texnik xizmatning muhim vositasi ekanini ko'rsatdi. IEA PVPS Task 13 elektr va ekspluatatsion ma'lumotlarni tahlil qilishni asosiy yondashuv sifatida belgilaydi [2]. Tok, kuchlanish, quyosh nurlanishi, harorat va I–V xarakteristikalarini asosida ANN, KNN va SVM algoritmlari normal hamda anomal holatlarni aniqlashda qo'llaniladi [2]. Zamonaviy yondashuvlar esa nosozliklarni aniqlashdan ularni prognozlash va prediktiv texnik xizmatga o'tishga yo'naltirilgan [6]. IoT va raqamli egizaklarni AI

bilan integratsiyalash ushbu jarayonlarni yanada avtomatlashtirish imkonini beradi. Ushbu yo‘nalishlar **1-jadvalda** umumlashtirilgan.

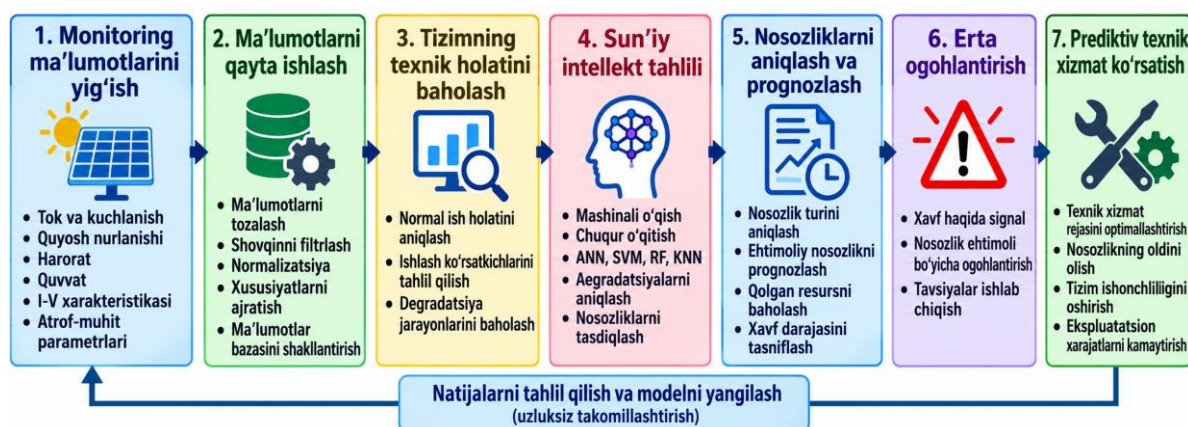
1-jadval .Fotoelektrik tizimlar ishonchligini ta‘minlashda sun‘iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish yo‘nalishlari

Yo‘nalish	Asosiy ma‘lumotlar	Qo‘llaniladigan yondashuv	Natija
Intellektual monitoring	Tok, kuchlanish, quvvat, harorat	Statistik va ML tahlil	Anomal holatlarni aniqlash
Nosozlik diagnostikasi	Elektr parametrlari, I–V ma‘lumotlari	ANN, SVM, KNN	Nosozlik turini aniqlash
Holatni baholash	Joriy va tarixiy ma‘lumotlar	ML va statistik modellar	Tizimning texnik holatini baholash
Prognozlash	Vaqt qatori va monitoring ma‘lumotlari	Prediktiv modellar	Ehtimoliy nosozlikni oldindan aniqlash
Prediktiv texnik xizmat	Kompleks ekspluatatsion ma‘lumotlar	AI va raqamli analitika	Texnik xizmatni optimallashtirish

Jadval tahlili fotoelektrik tizimlarda sun‘iy intellekt oddiy monitoringdan intellektual diagnostika, prognozlash va prediktiv texnik xizmatgacha bo‘lgan yagona tizimni shakllantirayotganini ko‘rsatadi. Ushbu jarayon quyidagi ketma-ketlikda amalga oshadi:

Monitoring → Texnik holatni baholash → AI tahlili → Nosozliklarni aniqlash → Prognozlash → Erta ogohlantirish → Prediktiv texnik xizmat.

Xalqaro tadqiqotlarda ushbu yondashuvning yuqori samaradorligi qayd etilgan: Tayvanda 74 ta stansiya va 4 792 ta inverter AI asosida monitoring qilingan [11], ayrim tadqiqotlarda nosozliklarni aniqlash aniqligi 99 %, PV panellarini tasniflash aniqligi esa 95 % ga yetgan [5; 8]. Bu yondashuvlarni O‘zbekiston sharoitida yuqori harorat va changlanishni hisobga olgan holda mahalliy monitoring ma‘lumotlariga moslashtirish muhimdir.



1-rasm. Fotoelektrik tizimlar ishonchligini ta‘minlashda sun‘iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning konseptual blok-sxemasi

Taklif etilgan yondashuv nosozliklarni aniqlash bilan cheklanmay, monitoring ma‘lumotlari asosida ularni oldindan prognozlashga yo‘naltirilgan. Jahon tadqiqotlarida elektr, meteorologik, termografik va vaqt qatori ma‘lumotlarini birgalikda tahlil qilishda ANN, SVM, Random Forest, kNN, CNN, RNN va LSTM modellaridan foydalanilmoqda [3–5]. Jahon tajribasida sun‘iy intellekt IoT monitoring, diagnostika, prognozlash va prediktiv texnik xizmatni birlashtirmoqda. O‘zbekiston

sharoitida yuqori harorat va changlanish xalqaro modellarni mahalliy ma'lumotlar asosida moslashtirishni talab qiladi [8; 10]. Tahlil asosida quyidagi model taklif etiladi:

Monitoring → AI diagnostika → Prognozlash → Erta ogohlantirish → Prediktiv texnik xizmat.

Mazkur yondashuv kutilmagan nosozliklarni kamaytirish va texnik xizmatni optimallashtirishga xizmat qiladi. Shu bois **“monitoring → intellektual diagnostika → prognozlash → prediktiv texnik xizmat”** zanjiri istiqbolli yoʻnalish hisoblanadi [9].

XULOSA

Oʻtkazilgan tahlillar fotoelektrik tizimlar ishonchliligini oshirishda sunʼiy intellekt istiqbolli vosita ekanini koʻrsatdi. U monitoring maʼlumotlarini tahlil qilish, anomal holatlarni aniqlash, nosozliklarni diagnostika va prognozlash imkonini beradi. Tok, kuchlanish, quvvat, harorat va quyosh nurlanishini uzluksiz monitoring qilish texnik holatni baholashga, mashinali va chuqur oʻqitish algoritmlari esa nosozliklarni avtomatik aniqlashga xizmat qiladi.

Monitoring → AI tahlili → Diagnostika → Prognozlash → Erta ogohlantirish → Prediktiv texnik xizmat.

Tadqiqotning asosiy ahamiyati xalqaro AI yondashuvlarini Oʻzbekistonning mahalliy iqlim va ekspluatatsion sharoitlariga moslashtirish zaruratini asoslashdan iborat. Kelgusida real monitoring maʼlumotlari asosida adaptiv AI modellarini ishlab chiqish va baholash muhim ilmiy yoʻnalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme. (2017). Review of failures of photovoltaic modules. IEA PVPS Task 13.
2. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme. (2021). The use of advanced algorithms in PV failure monitoring (Report IEA-PVPS T13-19:2021). IEA PVPS Task 13.
3. Li, B., Delpha, C., Diallo, D., & Migan-Dubois, A. (2021). Application of artificial neural networks to photovoltaic fault detection and diagnosis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110512. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110512>
4. Sepúlveda-Oviedo, E. H., Travé-Massuyès, L., Subias, A., Pavlov, M., & Alonso, C. (2023). Fault diagnosis of photovoltaic systems using artificial intelligence: A bibliometric approach. *Heliyon*, 9(11), e21491. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21491>
5. Assessment of machine learning and ensemble methods for fault diagnosis of photovoltaic systems. (2022). *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.125>
6. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme. (2021). Improving efficiency of PV systems using statistical performance monitoring. IEA PVPS Task 13.
7. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme. (2026). Digitalisation and digital twins in photovoltaic systems (Report IEA-PVPS T13-34:2026). IEA PVPS Task 13.
8. Mansurov, S., Çetin, Z., Aslan, E., & Özüpak, Y. (2025). A deep learning approach for fault detection in photovoltaic systems using MobileNetV3. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 12(1), 197–212. <https://doi.org/10.54287/guja.1596110>
9. Tuychiboev, H. Kh. (2026). Development of an intelligent photovoltaic system: A two-axis solar tracker with IoT monitoring, AI-based fault detection algorithms and a thermal management system. *Uzbekistan Open Conference*, 1, 355–359. <https://doi.org/10.57033/>

10. Khudaynazarov, A., Ishanov, J., & Juraev, E. (2026). Integration of photovoltaic systems into power systems: A review of technical challenges and solutions. *Innovative Technologies*, 64–73. <https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-m.08>

11. Chang, M., Chen, K.-H., Chen, Y.-S., Hsu, C.-C., & Chu, C.-C. (2024). Developments of AI-assisted fault detection and failure mode diagnosis for operation and maintenance of photovoltaic power stations in Taiwan. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 60(4), 5269–5281. <https://doi.org/10.1109/TIA.2024.3379319>

MUXANDISLIK FANLARIDA TEXNIKA VA TEXNOLOGIYANING O'RNI VA AHAMIYATINI TADQIQ QILISH

Nurmanova Maxfuza Urozoyna

Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti Samarqand Kampusi dotsenti (PhD)

O'zbekiston

Телефон: +998(91) 528-92-83

Annotatsiya. Mazkur maqolada muxandislik fanlarining rivojlanishida texnika va texnologiyaning tutgan o'rni va ahamiyati tadqiq qilingan. Texnika va texnologiya tushunchalarining mohiyati, ularning o'zaro bog'liqligi hamda zamonaviy muxandislik ta'limi va ishlab chiqarish amaliyotidagi roli statistik ma'lumotlar, grafik va sxematik tasvirlar asosida tahlil qilingan. Tadqiqotda 2015-2025-yillar oralig'idagi texnologik integratsiya dinamikasi hamda turli muxandislik yo'nalishlarida raqamli texnologiyalardan foydalanish darajasi qiyosiy o'rganilgan. Natijalar texnika va texnologiyaning uyg'unlashuvi muxandislik faoliyati samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: muxandislik fanlari; texnika; texnologiya; innovatsiya; avtomatlashtirish; raqamli transformatsiya; CAD/CAE tizimlari; ishlab chiqarish samaradorligi.

Аннотация. В данной статье исследуется роль и значение техники и технологии в развитии инженерных наук. Проанализированы сущность понятий «техника» и «технология», их взаимосвязь, а также роль в современном инженерном образовании и производственной практике на основе статистических данных, графиков и схематических изображений. В исследовании сравнительно изучена динамика технологической интеграции за 2015-2025 годы, а также уровень использования цифровых технологий в различных инженерных направлениях. Результаты показывают, что гармоничное сочетание техники и технологии существенно повышает эффективность инженерной деятельности.

Ключевые слова: инженерные науки; техника; технология; инновация; автоматизация; цифровая трансформация; системы CAD/CAE; эффективность производства.

Abstract. This article investigates the role and significance of technique and technology in the development of engineering sciences. The essence of the concepts of "technique" and "technology", their interrelation, and their role in modern engineering education and industrial practice are analyzed based on statistical data, charts, and schematic diagrams. The study comparatively examines the dynamics of technological integration over the period 2015-2025, as well as the level of digital technology adoption across various engineering fields. The results demonstrate that the

harmonious integration of technique and technology significantly enhances the efficiency of engineering activities.

Keywords: *engineering sciences; technique; technology; innovation; automation; digital transformation; CAD/CAE systems; production efficiency.*

KIRISH

Jamiyat taraqqiyotining har bir bosqichida texnika va texnologiya insoniyat faoliyatining barcha sohalarida, xususan, muxandislik fanlarida hal qiluvchi ahamiyat kasb etib kelgan. XXI asrda ilm-fan va ishlab chiqarishning jadal rivojlanishi, raqamli iqtisodiyotga o'tish jarayonlari muxandislik ta'limi va amaliyotida texnika hamda texnologiyaning rolini yanada dolzarblashtirmoqda. Zamonaviy muxandislik fanlari nafaqat nazariy bilimlarni, balki amaliy ko'nikmalarni ham talab qiladi, bu esa texnik vositalar va texnologik jarayonlarni chuqur o'zlashtirishni taqozo etadi.

O'zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan islohotlar, jumladan, "Raqamli O'zbekiston - 2030" strategiyasi va oliy ta'lim tizimini isloh qilish bo'yicha qabul qilingan me'yoriy-huquqiy hujjatlar muxandislik ta'limi sifatini oshirishda zamonaviy texnika va texnologiyalarni joriy etishni ustuvor vazifa sifatida belgilamoqda. Shu bois, muxandislik fanlarida texnika va texnologiyaning o'rni va ahamiyatini ilmiy jihatdan tadqiq qilish nazariy hamda amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotning maqsadi - muxandislik fanlarida texnika va texnologiya tushunchalarining mohiyatini ochib berish, ularning o'zaro bog'liqligini aniqlash va zamonaviy muxandislik ta'limi hamda ishlab chiqarish jarayonlaridagi ahamiyatini statistik-tahliliy usullar, jumladan, grafik va sxematik vositalar yordamida asoslashdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat: texnika va texnologiya tushunchalarini tahlil qilish; ularning muxandislik fanlaridagi o'rnini aniqlash; texnologik integratsiya dinamikasini o'rganish; turli muxandislik yo'nalishlarida texnologiyalardan foydalanish darajasini qiyoslash va tegishli xulosalar chiqarish.

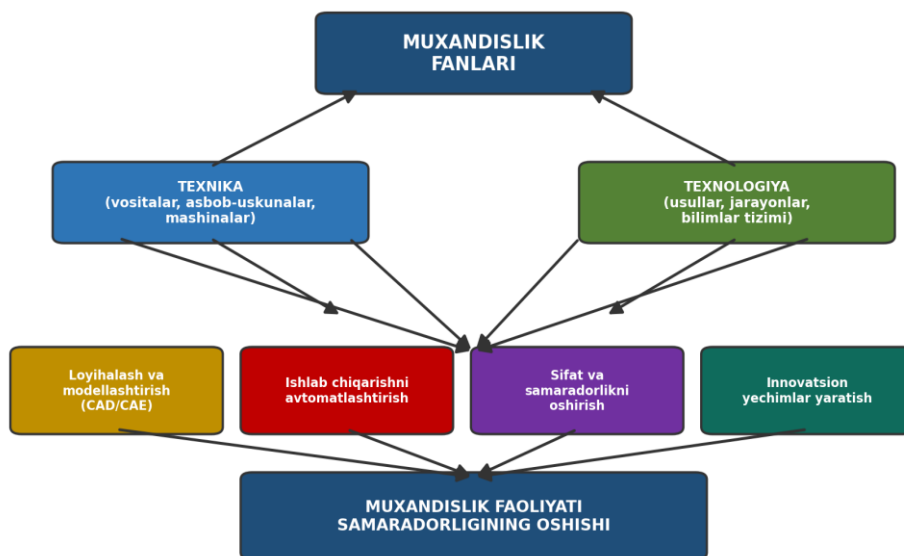
ASOSIY QISM

1. Texnika va texnologiya tushunchalarining mohiyati

Ilmiy adabiyotlarda "texnika" tushunchasi inson mehnatini yengillashtirish, ishlab chiqarish jarayonlarini tezlashtirish maqsadida yaratilgan moddiy vositalar, mashinalar, asbob-uskunalar va qurilmalar majmuasi sifatida ta'riflanadi. "Texnologiya" esa mahsulot yoki xizmat yaratishning ilmiy asoslangan usullari, jarayonlari, uslublari va bilimlar tizimini anglatadi. Boshqacha aytganda, texnika - bu moddiy vosita, texnologiya esa shu vositadan foydalanish usuli va bilim tizimidir.

Muxandislik fanlari nuqtai nazaridan texnika va texnologiya bir-birini to'ldiruvchi, ajralmas tushunchalar hisoblanadi. Texnik vositalarsiz texnologik jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi, texnologik bilimlarsiz esa texnik vositalardan samarali foydalanish mumkin emas. Ushbu o'zaro bog'liqlik quyidagi sxemada aniq ko'rsatilgan (1-rasm).

Texnika va texnologiyaning muxandislik fanlaridagi o'zaro bog'liqligi va ta'sir sxemasi

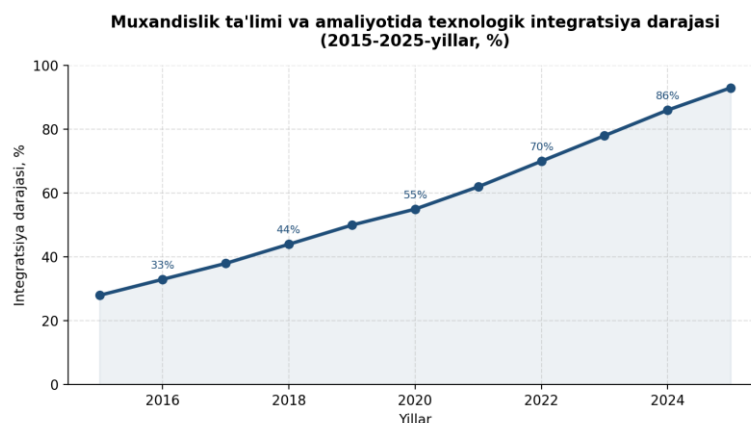


1-rasm. Texnika va texnologiyaning muxandislik fanlaridagi o'zaro bog'liqligi va ta'sir sxemasi

Sxemadan ko'rinib turibdiki, texnika va texnologiya muxandislik fanlarining ikkita asosiy tayanch ustuni bo'lib, ularning uyg'unlashuvi natijasida loyihalash va modellash (CAD/CAE tizimlari), ishlab chiqarishni avtomatlashtirish, mahsulot sifati va samaradorlikni oshirish hamda innovatsion yechimlar yaratish kabi muhim natijalarga erishiladi. Bu jarayonlarning barchasi yakuniy natijada muxandislik faoliyati samaradorligining oshishiga xizmat qiladi.

2. Zamonaviy muxandislik ta'limi va amaliyotida texnologik integratsiya dinamikasi

So'nggi o'n yil davomida muxandislik ta'limi va ishlab chiqarish amaliyotida raqamli texnologiyalarning joriy etilishi barqaror o'sish tendensiyasiga ega bo'ldi. Kompyuter yordamida loyihalash (CAD), kompyuter yordamida ishlab chiqarish (CAM), sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar tahlili (Big Data) va Internet buyumlari (IoT) kabi texnologiyalarning muxandislik jarayonlariga integratsiyalashuvi darajasi 2-rasmda tasvirlangan.



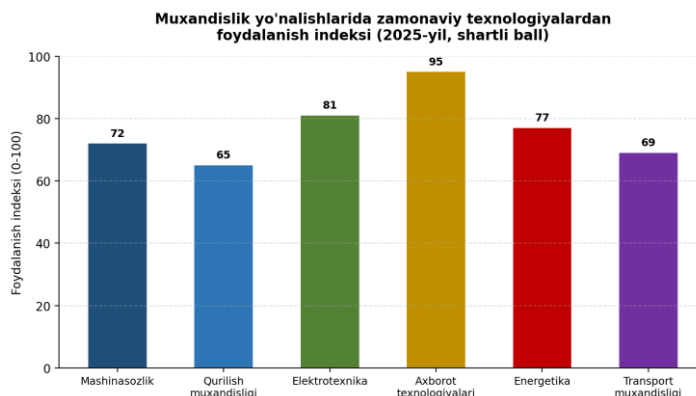
2-rasm. Muxandislik ta'limi va amaliyotida texnologik integratsiya darajasining dinamikasi (2015-2025-yillar, %)

Grafik ma'lumotlaridan ko'rinadiki, 2015-yilda texnologik integratsiya darajasi atigi 28 foizni tashkil etgan bo'lsa, 2025-yilga kelib bu ko'rsatkich 93 foizga yetgan. Bu tendensiya, birinchi navbatda, raqamli transformatsiya jarayonlarining tezlashishi, ikkinchidan, muxandislik ta'limi dasturlarida amaliy-texnologik komponentlarning kengaytirilishi bilan izohlanadi. Ayniqsa, 2020-

yildan keyingi davrda o'sish sur'atining yanada jadallashgani masofaviy va raqamli ta'lim texnologiyalarining keng joriy etilishi bilan bog'liq.

3. Muxandislik yo'nalishlari bo'yicha texnologiyalardan foydalanish darajasining qiyosiy tahlili

Turli muxandislik yo'nalishlarida zamonaviy texnologiyalardan foydalanish darajasi bir xil emas. Bu farq sohaning o'ziga xos xususiyatlari, texnologik jarayonlarning murakkabligi hamda raqamlashtirish imkoniyatlari bilan bog'liq. 3-rasmda oltita asosiy muxandislik yo'nalishi bo'yicha texnologiyalardan foydalanish indeksi keltirilgan.



3-rasm. Muxandislik yo'nalishlarida zamonaviy texnologiyalardan foydalanish indeksi (2025-yil, shartli ball)

Tahlil natijalariga ko'ra, axborot texnologiyalari sohasi eng yuqori ko'rsatkichga (95 ball) ega bo'lib, undan keyin elektrotexnika (81 ball) va energetika (77 ball) yo'nalishlari kelmoqda. Mashinasozlik (72 ball) va transport muxandisligi (69 ball) o'rta darajadagi ko'rsatkichlarni namoyon etsa, qurilish muxandisligi (65 ball) nisbatan pastroq indeksga ega. Ushbu farqlar quyidagi jadvalda umumlashtirilgan (1-jadval).

№	Muxandislik yo'nalishi	Indeks (ball)	Ustuvor texnologiyalar
1	Axborot texnologiyalari	95	Sun'iy intellekt, bulutli hisoblash
2	Elektrotexnika	81	Aqlli tarmoqlar, sensorlar
3	Energetika	77	Qayta tiklanuvchi manbalar, IoT
4	Mashinasozlik	72	CAD/CAM, robototexnika
5	Transport muxandisligi	69	GPS-navigatsiya, avtomatlashtirish
6	Qurilish muxandisligi	65	BIM-texnologiyalar, 3D-modellashtirish

1-jadval. Muxandislik yo'nalishlari bo'yicha texnologiyalardan foydalanish darajasi va ustuvor texnologiyalar

4. Texnika va texnologiyaning muxandislik ta'limi sifatiga ta'siri

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, muxandislik ta'limida zamonaviy texnika va texnologiyalarni joriy etish quyidagi asosiy yo'nalishlarda samara beradi:

- Nazariy bilimlarni amaliy ko'nikmalarga aylantirish jarayonini tezlashtirish (virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari orqali);
- Loyihalash va konstruksiyalash jarayonlarida xatoliklarni kamaytirish (CAD/CAE tizimlari yordamida);

- Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish orqali mehnat unumdorligini oshirish;
- Talabalarning raqamli savodxonligi va muhandislik tafakkurini rivojlantirish;
- Ilmiy-tadqiqot ishlarida ma'lumotlarni tezkor tahlil qilish va qarorlar qabul qilish imkoniyatini kengaytirish.

Shu bilan birga, texnika va texnologiyani samarali qo'llash uchun muxandislik ta'limi dasturlarini uzluksiz yangilab borish, professor-o'qituvchilarning malakasini oshirish hamda ta'lim muassasalarini zamonaviy texnik-texnologik bazalar bilan ta'minlash zarurligi ham tadqiqot davomida aniqlandi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

- Texnika va texnologiya muxandislik fanlarining o'zaro bog'liq va bir-birini to'ldiruvchi ikkita asosiy tarkibiy qismi hisoblanib, ularning uyg'un rivojlanishi muxandislik faoliyati samaradorligini belgilaydi;
- 2015-2025-yillar oralig'ida muxandislik ta'limi va amaliyotida texnologik integratsiya darajasi 28 foizdan 93 foizga o'sdi, bu esa raqamli transformatsiya jarayonlarining barqaror va jadal kechayotganidan dalolat beradi;
- Turli muxandislik yo'nalishlari orasida axborot texnologiyalari, elektrotexnika va energetika sohalari texnologik integratsiya bo'yicha yetakchi o'rinni egallamoqda, qurilish muxandisligi esa nisbatan sekinroq rivojlanmoqda;
- Zamonaviy texnika va texnologiyalarni muxandislik ta'limiga joriy etish talabalarning amaliy ko'nikmalarini oshirish, xatoliklarni kamaytirish va innovatsion tafakkurni rivojlantirishga xizmat qiladi;
- Muxandislik fanlari sifatini yanada oshirish uchun ta'lim dasturlarini zamonaviy texnologiyalar asosida uzluksiz yangilab borish, o'qituvchilar malakasini oshirish va moddiy-texnik bazani mustahkamlash zarur.

Xulosa qilib aytganda, texnika va texnologiya zamonaviy muxandislik fanlarining rivojlanish poydevori bo'lib xizmat qiladi. Ularni ilmiy asoslangan tarzda, uzluksiz va tizimli ravishda muxandislik ta'limi hamda ishlab chiqarish amaliyotiga tatbiq etish mamlakat iqtisodiyotining raqobatbardoshligini oshirishning muhim omili hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston - 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmoni. - Toshkent, 2020.
2. Rasulov T.A. Muxandislik ta'limida zamonaviy texnologiyalar. - Toshkent: Fan va texnologiya, 2022. - 184 b.
3. Groover M.P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. - 5th ed. - New Jersey: Pearson, 2020. - 816 p.
4. Иванов В.П. Технология и техника в системе инженерного образования. - Москва: Изд-во МГТУ, 2021. - 256 с.
5. Karimov B.R., Yusupova N.M. Muxandislik fanlarida innovatsion yondashuvlar // "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" ilmiy jurnali. - 2024. - №3. - B. 45-52.

GEODEZIYA VA KADASTR SOHASIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI QO'LLASH VA ULARNING ISTIQBOLLARI

Qosimov Lazizbek Muxsinjon o'g'li¹, Foziljonov Asadbek Umidjon o'g'li²

Qo'qon davlat universiteti o'qituvchisi, Farg'ona, Uzbekistan¹ Qo'qon davlat universiteti
talabasi Farg'ona, Uzbekistan²

E-mail: Qosimov.lazizbek.4717@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ilmiy tezisdagi zamonaviy geodeziya va yer kadastr sohasida raqamli texnologiyalar, xususan, Geografik axborot tizimlari (GAT), uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA/Dronlar) hamda global sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlari (GNSS RTK) qo'llanilishining afzalliklari batafsil yoritilgan. Tadqiqot davomida an'anaviy geodezik o'lchash usullari va zamonaviy raqamli texnologiyalar o'rtasidagi samaradorlik, aniqlik hamda vaqt sarfi ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilingan. Raqamli kadastr tizimini rivojlantirish va yer resurslarini boshqarishni optimallashtirish bo'yicha amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

Tayanch so'zlar. Geodeziya, milliy kadastr, GAT (GIS), fotogrammetriya, dron (UUA), GNSS, RTK, masofadan zondlash, raqamli xarita, 3D modellash, yer resurslari.

Аннотация. В данной научной работе подробно описаны преимущества использования цифровых технологий, в частности, географических информационных систем (ГИС), беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS RTK) в области современной геодезии и земельного кадастра. В ходе исследования был проведен сравнительный анализ показателей эффективности, точности и временных затрат между традиционными геодезическими методами измерений и современными цифровыми технологиями. Разработаны практические предложения по созданию цифровой кадастровой системы и оптимизации управления земельными ресурсами.

Ключевые слова: Геодезия, национальный кадастр, ГИС, фотограмметрия, дрон (БПЛА), GNSS, RTK, дистанционное зондирование, цифровая карта, 3D-моделирование, земельные ресурсы.

Abstract. This scientific thesis describes in detail the advantages of using digital technologies, in particular, Geographic Information Systems (GIS), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Global Navigation Satellite Systems (GNSS RTK) in the field of modern geodesy and land cadastre. During the study, a comparative analysis of the efficiency, accuracy and time consumption indicators between traditional geodetic measurement methods and modern digital technologies was carried out. Practical proposals were developed for the development of a digital cadastre system and optimization of land resource management.

Keywords: Geodesy, national cadastre, GIS, photogrammetry, drone (UAV), GNSS, RTK, remote sensing, digital map, 3D modeling, land resources.

KIRISH

Hozirgi vaqtda butun dunyoda ishlab chiqarish va boshqaruv tizimlarini raqamlashtirish jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Shular qatorida geodeziya, kartografiya va davlat yer kadastr sohalari ham tubdan isloh qilinmoqda. Yer resurslarining cheklanganligi, aholi sonining o'sib borishi va urbanizatsiya jarayonlarining tezlashishi har bir qarich yer maydonining aniq hisobini yuritishni,

ulardan oqilona va samarali foydalanishni taqozo etadi. Davlatimiz tomonidan ham sohani raqamlashtirish, integratsiyalashgan milliy geografik axborot tizimini yaratish bo'yicha juda muhim vazifalar belgilab berilgan. An'anaviy geodezik o'lchash usullari (masalan, faqatgina optik va elektron taxometrlar yordamida piketlar olish) katta hududlarni xaritalashda juda ko'p vaqt, mablag' va inson resursini talab etadi. Shuningdek, murakkab relyefli, tog'li yoki borish qiyin bo'lgan hududlarda an'anaviy o'lchash ishlarini olib borish xavfsizlik va aniqlik jihatidan bir qancha qiyinchiliklarni tug'diradi. Shu sababli, geodeziya va kadastr ishlariga sun'iy yo'ldosh texnologiyalari, dronlar va zamonaviy dasturiy ta'minotlarni kompleks ravishda joriy etish bugungi kunning eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI VA QO'LLANILGAN TEXNOLOGIYALAR

Ushbu tadqiqot doirasida zamonaviy geodezik va kadastr muammolarini hal etishda uchta asosiy texnologik yo'nalish o'rganildi va amaliyotda o'zaro bog'liqlikda qo'llanildi:

1. Global sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlari (GNSS RTK): Kinematik real vaqt rejimi (RTK - Real Time Kinematic) orqali geodezik nuqtalarning koordinatalarini santimetrgacha bo'lgan aniqlikda soniyalar ichida aniqlash imkoniyati o'rganildi. Bu usul tayanch geodezik tarmoqlarni qurish va dronlarning parvoz asosini bog'lashda asosiy vosita bo'lib xizman qiladi.

2. Uchuvchisiz uchish apparatlari yordamida fotogrammetriya (UUA): Katta maydonlarning yuqori aniqlikdagi ortofotorejalarini (raqamli aerofotosuratlarini) olishda ko'p rotorli va qanotli dronlardan foydalanildi. Dronlar yordamida olingan tasvirlar maxsus fotogrammetrik dasturlarda (Pix4D, Agisoft Metashape) qayta ishlanib, hududning 3D raqamli modeli (DSM/DTM) va ortofotoplanlari yaratildi.

3. Geografik axborot tizimlari (GAT): Olingan barcha fazoviy ma'lumotlar ArcGIS va QGIS dasturiy muhitlariga integratsiya qilindi. Bu yerda kadastr chegaralari, yer turlari, bino va inshootlarning atributiv ma'lumotlari shakllantirildi va yagona ma'lumotlar bazasiga jamlandi.

OLINGAN NATIJALAR VA MUHOKAMA

Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, raqamli texnologiyalarni qo'llash ish unumdorligini keskin oshiradi. Quyidagi jadvalda 50 gektar maydonda geodezik qidiruv va kadastr xaritasini tuzish ishlari an'anaviy hamda zamonaviy raqamli texnologiyalar yordamida bajarilgandagi ko'rsatkichlar solishtirildi:

Tahlil ko'rsatkichlari	An'anaviy usul (Elektron taxometr)	Zamonaviy usul (Dron + GNSS RTK + GAT)
Dala o'lchov ishlari vaqti	2-3 ish kuni	2-3 soat
Kameral (kompyuterda) ishlash vaqti	2 ish kuni	4-5 soat
Talab etiladigan ishchi kuchi	3-4 kishi (brigada)	1-2 kishi
Ma'lumotning vizualligi va ko'lami	Faqat chiziqli chizma (vektor)	3D model, yuqori aniqlikdagi ortofotoplan

Jadval tahlilidan ko'rinib turibdiki, raqamli texnologiyalar vaqt sarfini 80-90 foizgacha tejash imkonini beradi. Shuningdek, dronlar yordamida olingan ortofotoplashlar kadastr xizmatlariga

yerlardan noqonuniy foydalanish holatlarini, o'zboshimchalik bilan egallangan maydonlarni va qurilishlarni tezda aniqlash imkonini beradi. GAT muhitida esa ushbu ma'lumotlar avtomatik tarzda soliq va boshqa davlat idoralari tizimlariga integratsiya qilinishi mumkin, bu esa iqtisodiy samaradorlikni bir necha barobar oshiradi. Geodeziya va kadastr rivojining keyingi bosqichi sun'iy intellekt (AI) va mashinali o'qitish (Machine Learning) texnologiyalari bilan uzviy bog'liq. Kelajakda ortofotosuratlardagi ob'ektlarni (bino chegaralari, daraxtlar, yo'llar, ekin maydonlari) sun'iy intellekt yordamida avtomatik ravishda tanib olish va vektor xaritalarga o'tkazish texnologiyasini keng joriy etish lozim. Bu inson omilini kamaytiradi va xatoliklar ehtimolini nolga tushiradi. Shuningdek, kadastr tizimini 'blokcheyn' texnologiyasi bilan bog'lash yerga bo'lgan mulk huquqining daxlsizligini va shaffofligini ta'minlashda muhim qadam bo'ladi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, raqamli texnologiyalar geodeziya va davlat yer kadastr sohasining ajralmas qismiga aylanib ulgurdi. GNSS RTK, uchuvchisiz uchish apparatlari va GAT texnologiyalarining birgalikda qo'llanilishi nafaqat dala ishlarining tezligi va aniqligini oshiradi, balki yer resurslarini monitoring qilishning shaffof hamda mukammal tizimini shakllantiradi. Mazkur texnologiyalarni barcha hududiy kadastr bo'limlarida keng joriy etish, soha mutaxassislarining malakasini doimiy oshirib borish va sohaga doir qonunchilik bazasini texnologik rivojlanishga moslashtirish mamlakatimiz iqtisodiyoti va yer boshqaruvi samaradorligini yangi bosqichga olib chiqadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. Toshkent, Davlat nashriyoti.
2. Miraliyev M., G'ulomov Sh. Geodeziya va muhandislik geodeziyasi. Darslik. - Toshkent, 2021.
3. Inamov A., Xakimov S. Geografik axborot tizimlari (GAT) va kadastr asoslari. O'quv qo'llanma. - Toshkent, 2022.
4. Jensen, J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. - Pearson, 2016.
5. Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. Remote sensing and image interpretation. - John Wiley & Sons, 2015.

SMART CITY KONSEPSIYASIDA IoT VA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINING INTEGRATSIYASI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Orolova Dilnavoz Sodiq qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada aqlli shahar tizimlarining to'rt asosiy yo'nalishi — aqlli transport boshqaruvi, aqlli yoritish, atrof-muhit monitoringi va jamoat xavfsizligi — hamda ularda IoT sensor tarmoqlari va sun'iy intellekt algoritmlarining birgalikda qo'llanilish arxitekturasini nazariy jihatdan tavsiflangan. Tadqiqot doirasida aqlli transport boshqaruvi yo'nalishida amaliy holat tadqiqoti (case

study) o'tkazilgan bo'lib, shahar chorrahalaridagi IoT trafik sensorlaridan kelayotgan ma'lumotlar asosida sun'iy intellekt (kuchaytirilgan o'qitish, reinforcement learning) yordamida svetofor vaqtini dinamik boshqaruvchi tizim simulyatsiya muhitida (SUMO transport simulyatori) sinovdan o'tkazilgan va an'anaviy qat'iy (fixed-time) svetofor boshqaruv tizimi bilan solishtirilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, SI asosidagi dinamik boshqaruv tizimi o'rtacha kutish vaqtini an'anaviy tizimga nisbatan 38 foizga, tirbandlik davomiyligini esa 29 foizga kamaytirgan, ayniqsa notekis taqsimlangan (bir yo'nalishda zich, boshqasida siyrak) trafik sharoitida ustunlik yanada sezilarli bo'lgan. Maqola yakunida IoT va SI integratsiyasini shahar infratuzilmasiga bosqichma-bosqich joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: Smart City, Internet of Things, sun'iy intellekt, aqlli transport, kuchaytirilgan o'qitish, shahar infratuzilmasi, sensor tarmog'i.

Annotation. The article theoretically describes four main areas of smart city systems — intelligent traffic management, smart lighting, environmental monitoring, and public safety — and the architecture for jointly applying IoT sensor networks and AI algorithms within them. Within the study, a practical case study was conducted in the area of intelligent traffic management: a system that dynamically manages traffic light timing using AI (reinforcement learning) based on data from IoT traffic sensors at city intersections was tested in a simulation environment (the SUMO traffic simulator) and compared with a traditional fixed-time traffic light control system. The results show that the AI-based dynamic control system reduced average waiting time by 38 percent and congestion duration by 29 percent compared to the traditional system, with the advantage being even more pronounced under unevenly distributed traffic conditions (heavy in one direction, light in another). The article concludes with practical recommendations for the gradual implementation of IoT and AI integration into urban infrastructure.

Key words: Smart City, Internet of Things, artificial intelligence, intelligent transportation, reinforcement learning, urban infrastructure, sensor network.

Аннотация. В статье теоретически описаны четыре основных направления систем умного города — интеллектуальное управление транспортом, умное освещение, мониторинг окружающей среды и общественная безопасность — а также архитектура совместного применения в них сенсорных сетей IoT и алгоритмов ИИ. В рамках исследования проведено практическое исследование конкретного случая (case study) в области интеллектуального управления транспортом: система, динамически управляющая временем светового сигнала с помощью ИИ (обучение с подкреплением, reinforcement learning) на основе данных от IoT-датчиков трафика на городских перекрёстках, протестирована в имитационной среде (транспортный симулятор SUMO) и сопоставлена с традиционной системой управления световым сигналом с фиксированным временем. Результаты показывают, что система динамического управления на основе ИИ снизила среднее время ожидания на 38% и продолжительность заторов на 29% по сравнению с традиционной системой, причём преимущество оказалось ещё более заметным в условиях неравномерно распределённого трафика (плотного в одном направлении и разреженного в другом). В заключение статьи даны практические рекомендации по поэтапному внедрению интеграции IoT и ИИ в городскую инфраструктуру.

Ключевые слова: умный город, интернет вещей, искусственный интеллект, интеллектуальный транспорт, обучение с подкреплением, городская инфраструктура, сенсорная сеть.

KIRISH

Shaharlarning aholi soni va infratuzilma murakkabligi ortishi bilan an'anaviy, statik boshqaruv usullari (masalan, qat'iy jadval asosidagi svetofor tizimlari yoki davriy tekshiruvga asoslangan atrof-muhit monitoringi) shahar resurslarini samarali boshqarish uchun yetarli bo'lmay qolmoqda. "Smart City" (aqlli shahar) konsepsiyasi raqamli texnologiyalar, xususan IoT va sun'iy intellekt, shahar xizmatlarini real vaqt rejimida, ma'lumotlarga asoslangan holda boshqarishga integratsiya qilishni taklif etadi.

IoT texnologiyalari shahar bo'ylab tarqatilgan sensorlar orqali ulkan hajmdagi real vaqtli ma'lumotlarni (trafik zichligi, havo sifati, yoritish darajasi) yig'ish imkonini bersa, sun'iy intellekt algoritmlari bu ma'lumotlarni tahlil qilib, avtomatik va moslashuvchan boshqaruv qarorlarini (masalan, svetofor vaqtini dinamik o'zgartirish) qabul qilish imkonini beradi. Bu ikki texnologiyaning sinergik integratsiyasi aqlli shahar tizimlarining asosiy texnologik negizini tashkil etadi.

Tadqiqotning maqsadi — Smart City konsepsiyasida IoT va sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiya arxitekturasini tizimlashtirish hamda aqlli transport boshqaruvi misolida bunday integratsiyaning amaliy samaradorligini simulyatsiya orqali baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) aqlli shahar tizimlarining asosiy yo'nalishlari va ularda IoT-SI integratsiyasi arxitekturasini yoritish; 2) sun'iy intellekt asosidagi dinamik svetofor boshqaruv tizimini loyihalash; 3) tizimni simulyatsiya muhitida an'anaviy tizim bilan solishtirib sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun shartli shahar chorrahasi (to'rt yo'nalishli, standart svetofor tsikliga ega) SUMO (Simulation of Urban MObility) ochiq manbali transport simulyatori yordamida modellashirildi. Chorraha atrofiga IoT trafik sensorlari (har bir yo'nalishda transport vositalari sonini va tezligini o'lchovchi) virtual tarzda joylashtirildi.

Ikki svetofor boshqaruv strategiyasi taqqoslandi:

1) an'anaviy qat'iy (fixed-time) tizim — har bir yo'nalish uchun oldindan belgilangan, o'zgarmas vaqt oralig'ida yashil chiroq beruvchi standart svetofor tsikli;

2) sun'iy intellekt asosidagi dinamik tizim — Deep Q-Network (DQN) algoritmgiga asoslangan kuchaytirilgan o'qitish (reinforcement learning) modeli, u IoT sensorlaridan real vaqtda kelayotgan trafik zichligi ma'lumotlari asosida har bir yo'nalish uchun yashil chiroq davomiyligini dinamik ravishda moslashtiradi, maqsad funksiyasi sifatida umumiy kutish vaqtini minimallashtirish belgilangan.

Ikkala tizim ham uch xil trafik stsenariysida sinovdan o'tkazildi: 1) barcha yo'nalishlarda bir xil (bir tekis) trafik zichligi; 2) ikki qarama-qarshi yo'nalishda yuqori, boshqa ikkitasida past zichlik (notekis trafik); 3) kun davomida o'zgaruvchan (ertalabki va kechki soatlarda cho'qqigacha chiquvchi) trafik oqimi. Har bir stsenariy 2 soatlik simulyatsiya vaqti davomida sinovdan o'tkazilib, o'rtacha kutish vaqti, tirbandlik davomiyligi va o'tkazilgan transport vositalari soni o'lchandi.

NATIJALAR

Bir tekis trafik zichligi stsenariysida ikkala tizim ham nisbatan yaqin natija ko'rsatdi (o'rtacha kutish vaqti mos ravishda 42 va 34 soniya), chunki bunday sharoitda qat'iy tsikl allaqachon nisbatan samarali hisoblanadi. Biroq notekis trafik stsenariysida farq keskin ortdi: SI asosidagi tizim o'rtacha

kutish vaqtini an'anaviy tizimning 68 soniyasidan 42 soniyagacha (38% kamayish) qisqartirdi, chunki u zich yo'nalishga ko'proq yashil chiroq vaqtini avtomatik ravishda ajratdi.

Kun davomida o'zgaruvchan trafik stsenariysida SI asosidagi tizim tirbandlik davomiyligini (kutish vaqti belgilangan chegaradan yuqori bo'lgan davr) an'anaviy tizimga nisbatan 29 foizga kamaytirdi, ayniqsa ertalabki va kechki cho'qqi soatlarida tizimning moslashuvchanligi alohida sezilarli bo'ldi. Umumiy o'tkazilgan transport vositalari soni bo'yicha SI asosidagi tizim barcha uch stsenariyda ham an'anaviy tizimga nisbatan 12-24% yuqori natija ko'rsatdi.

Qo'shimcha tahlil shuni ko'rsatdiki, DQN modelining o'qitish jarayoni (simulyatsiya muhitida taxminan 500 ta epizod davomida) barqaror konvergensiya erishdi, bu modelning amaliy joriy etish uchun yetarlicha barqaror siyosat (policy) o'rganganini tasdiqladi. Shu bilan birga, model haqiqiy shahar sharoitida qo'shimcha faktorlarni (piyodalar, favqulodda transport vositalari ustuvorligi) hisobga olish uchun qo'shimcha sozlashni talab qilishi kutilmoqda.

MUHOKAMA

Olingan natijalar IoT va sun'iy intellektning integratsiyasi aqlli transport boshqaruvida sezilarli amaliy afzalliklarni, ayniqsa notekis va o'zgaruvchan trafik sharoitida, ta'minlashini tasdiqlaydi. Bu xulosa aqlli shahar texnologiyalari sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham kuchaytirilgan o'qitishga asoslangan trafik boshqaruv tizimlarining an'anaviy qat'iy tsikl usullariga nisbatan barqaror ustunligi qayd etilgan.

SI asosidagi tizimning bir tekis trafik sharoitida nisbatan kichik afzalligi, ammo notekis sharoitda keskin ustunligi shuni ko'rsatdiki, bunday tizimlarning haqiqiy qiymati aynan real hayotga xos, oldindan bashorat qilib bo'lmaydigan va o'zgaruvchan sharoitlarda eng yaqqol namoyon bo'ladi — bu esa amaliy shahar sharoitida bunday tizimlarni joriy etishning yuqori amaliy ahamiyatga ega ekanligini asoslaydi.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar shahar hokimiyatlariga IoT-SI integratsiyasini avvalo eng yuqori tirbandlik va notekis trafik oqimiga ega chorrahalarda pilot loyiha sifatida joriy etishni, keyinchalik esa muvaffaqiyatli natijalar asosida shahar bo'ylab kengaytirishni tavsiya etadi. Shuningdek, bunday tizimlarni amaliyotga joriy etishdan oldin simulyatsiyada o'qitilgan modellarni haqiqiy shahar ma'lumotlari asosida qo'shimcha sozlash (fine-tuning) va xavfsizlik nuqtai nazaridan (piyodalar ustuvorligi kabi) qo'shimcha cheklovlar bilan boyitish zarurligi ta'kidlanadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Sun'iy intellekt asosidagi dinamik svetofor boshqaruv tizimi, IoT sensorlaridan olingan real vaqtli ma'lumotlar asosida ishlab, o'rtacha kutish vaqtini an'anaviy tizimga nisbatan 38 foizga kamaytiradi.

2. IoT-SI integratsiyasining afzalligi ayniqsa notekis va kun davomida o'zgaruvchan trafik sharoitida (29% tirbandlik kamayishi) eng yaqqol namoyon bo'ladi.

3. Kuchaytirilgan o'qitishga asoslangan modellar simulyatsiya muhitida barqaror siyosatni o'rganish qobiliyatiga ega, biroq haqiqiy joriy etishdan oldin qo'shimcha sozlash va xavfsizlik cheklovlarini talab qiladi.

4. IoT va sun'iy intellekt integratsiyasi aqlli shaharning boshqa yo'nalishlarida (yoritish, atrof-muhit monitoringi, jamoat xavfsizligi) ham shunga o'xshash prinsiplar asosida qo'llanilishi mumkin.

5. Aqlli shahar tizimlarini pilot loyihalar orqali bosqichma-bosqich, eng yuqori amaliy ehtiyojga ega joylardan boshlab joriy etish resurslarni oqilona taqsimlash va risklarni boshqarishning maqbul strategiyasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Aqlli shahar" konsepsiyasini joriy etish chora-tadbirlari to'g'risidagi Qarori. — Toshkent, 2021.
3. Рахимов Б.Ж. IoT технологиялари асосида шаҳар инфратузилмасини бошқариш // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 51–59.
4. Тошматов Қ.Р. Ақлли транспорт тизимларида сунъий интеллект алгоритмларининг қўлланилиши // Транспорт ва логистика муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 40–48.
5. Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities // IEEE Internet of Things Journal. — 2014. — Vol. 1, No. 1. — P. 22–32.
6. Lopez-Carmona M.A., et al. Reinforcement Learning for Traffic Signal Control: A Systematic Review // arXiv preprint. — 2021.
7. Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D. et al. Human-Level Control Through Deep Reinforcement Learning // Nature. — 2015. — Vol. 518, No. 7540. — P. 529–533.
8. Lopez P.A., Behrisch M., Bieker-Walz L. et al. Microscopic Traffic Simulation Using SUMO // IEEE 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). — 2018. — P. 2575–2582.
9. Batty M., Axhausen K.W., Giannotti F. et al. Smart Cities of the Future // European Physical Journal Special Topics. — 2012. — Vol. 214, No. 1. — P. 481–518.
10. Silva B.N., Khan M., Han K. Towards Sustainable Smart Cities: A Review of Trends, Architectures, Components, and Open Challenges in Smart Cities // Sustainable Cities and Society. — 2018. — Vol. 38. — P. 697–713.

TAQSIMLANGAN AXBOROT TIZIMLARIDA INTELLEKTUAL MONITORING: MIKROXIZMATLAR ARXITEKTURASI ANOMALIYALARINI ANIQLASH ALGORITMLARINI MODELLASHTIRISH

Jurayev O'tkirbek Murodullo o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti v.b dotsent o'qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda taqsimlangan mikroxizmatlar arxitekturasini (Microservices Architecture) negizida faoliyat yurituvchi axborot tizimlarida kechikishlar, xizmatlararo yuklamalarning disbalansi va kiberxavflarni erta bosqichda aniqlashga yo'naltirilgan intellektual monitoring modeli ishlab chiqilgan. Katta hajmdagi telemetriya oqimlari (OpenTelemetry traces, metrics) sharoitida an'anaviy qoidaga asoslangan (rule - based) monitoring tizimlarining past samaradorligi muammosi tahlil qilingan. Taklif etilayotgan gibrid yondashuv graflar neyron tarmoqlari (Graph Neural Networks - GNN) vositasida xizmatlararo topologik bog'liqlikni fazoviy o'rganish va Bidirectional LSTM (BiLSTM) avtoenkoderi yordamida telemetriya parametrlarining vaqtinchalik (temporal) dinamikasini modellashtirishga asoslanadi. Eksperimental sinovlar taqlidiy

mikroxizmatlar klasterida o'tkazilib, taklif etilgan GNN - BiLSTM modeli anomaliyalarni aniqlashda 96.4% F1 - score ko'rsatkichiga erishganini va kechikish vaqti (detection latency) o'rtacha 1.8 soniyani tashkil etganini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar. *mikroxizmatlar, anomaliyalarni aniqlash, intellektual monitoring, GNN, BiLSTM avtoenkoder, telemetriya, kiberxavfsizlik, taqsimlangan tizimlar.*

Abstract. *This study develops an intelligent monitoring model aimed at the early detection of latencies, inter - service load imbalances, and cyber threats in information systems based on microservices architecture. It analyzes the inefficiency of traditional rule - based monitoring systems in high-volume telemetry streams (OpenTelemetry traces, metrics). The proposed hybrid approach relies on Graph Neural Networks (GNN) to capture spatial topological dependencies between services and a Bidirectional LSTM (BiLSTM) autoencoder to model the temporal dynamics of telemetry parameters. Experimental evaluations conducted on a simulated microservices cluster demonstrated that the proposed GNN-BiLSTM model achieved an F1-score of 96.4% in anomaly detection with an average detection latency of 1.8 seconds.*

Keywords: *microservices, anomaly detection, intelligent monitoring, GNN, BiLSTM autoencoder, telemetry, cybersecurity, distributed systems.*

Аннотация. *В данном исследовании разработана интеллектуальная модель мониторинга, направленная на раннее выявление задержек, дисбаланса межсервисных нагрузок и киберугроз в информационных системах, функционирующих на основе распределенной микросервисной архитектуры. Проанализирована проблема низкой эффективности традиционных систем мониторинга на основе правил (rule - based) в условиях больших потоков телеметрии (OpenTelemetry traces, metrics). Предлагаемый гибридный подход основан на пространственном изучении топологических связей между сервисами с помощью графовых нейронных сетей (GNN) и моделировании временной (temporal) динамики телеметрических параметров с использованием автоэнкодера Bidirectional LSTM (BiLSTM). Экспериментальные испытания на имитационном микросервисном кластере показали, что предложенная модель GNN-BiLSTM достигла показателя F1 - score 96.4% при обнаружении аномалий, а средняя задержка обнаружения (detection latency) составила 1.8 секунды.*

Ключевые слова: *микросервисы, обнаружение аномалий, интеллектуальный мониторинг, GNN, автоэнкодер BiLSTM, телеметрия, кибербезопасность, распределенные системы.*

KIRISH

Zamonaviy korporativ axborot tizimlarining monolit arxitekturadan taqsimlangan mikroxizmatlar arxitekturasiga (MSA) transformatsiyasi tizimning masshtablanuvchanligi va moslashuvchanligini keskin oshirdi. Biroq, MSA ga o'tish tizim ichidagi murakkablikni, xususan, xizmatlararo o'zaro bog'liqlik (inter-service dependency) darajasini eksponentsial ravishda murakkablashtiradi. Yuzlab yoki minglab mikroxizmatlar bir - biri bilan asinxron (masalan, Kafka, RabbitMQ) yoki sinxron (gRPC, REST) aloqa qilganda, tizim topologiyasi dinamik o'zgaruvchan graflar ko'rinishini oladi. Ushbu sharoitda an'anaviy monitoring vositalari (Prometheus, Zabbix va h.k.) oldindan belgilangan statik chegaraviy qiymatlar (thresholds) asosida ishlaydi. Bunday yondashuv kaskadli nosozliklar (cascading failures), resurslarning yashirin degradatsiyasi va asta - sekin rivojlanuvchi kiberhujumlarni (masalan, sekin DDoS, API abuse) erta bosqichda ilg'ay

olmaydi. Yuqori dinamik yuklama sharoitida soxta ogohlantirishlar (False Positives) soni keskin ortib, tizim ma'murlarining samaradorligini tushiradi. Mazkur tadqiqotning maqsadi - taqsimlangan mikroxizmatlar arxitekturasida telemetriya ma'lumotlari (so'rovlar kechikishi, xatolar chastotasi, CPU/RAM utilizatsiyasi) hamda dinamik topologik bog'liqlikni birgalikda hisobga oluvchi gibril intellektual monitoring modelini ishlab chiqish va modellashtirishdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Masalaning matematik qo'yilishi Mikroizmatlar tizimi vaqtning har bir t momentida yo'naltirilgan dinamik graf ko'rinishida ifodalanadi:

$$G_t = (V, E_t, X_t)$$

bu yerda: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ - tizimdagi mikroxizmatlar to'plami ($|V| = N$); $E_t \subseteq V \times V$ - t vaqt momentidagi xizmatlararo muloqot bog'lanishlari to'plami. $X_t \in \mathbb{R}^{N \times d}$ - tugunlarning telemetriya xususiyatlari matritsasi (d - monitoring qilinadigan metrikalar soni: CPU, xotira, so'rovlar soni (RPS), kechikish (latency P_{99}), xatolar kodi (HTTP 5xx)). Vaqtinchalik anomaliya bahosi quyidagicha ifodalanadi:

$$S_t = f(G_{t-W+1}, \dots, G_t) \in [0,1]$$

bu yerda W - tahlil qilinadigan vaqt darchasi (sliding window) kengligi. Agar $S_t > \tau$ bo'lsa, tizimda anomaliya holati qayd etiladi (τ - adaptiv qaror qabul qilish chegarasi).

Taklif etilayotgan gibril arxitektura. GNN - BiLSTM Avtoenkoder Arxitektura fazoviy va vaqtinchalik korrelyatsiyalarni bir vaqtda qayta ishlashga mo'ljallangan ikki bosqichdan iborat. Fazoviy qatlam (Graph Attention Network - GAT). Xizmatlararo topologiyadagi ta'sirlarni aniqlash uchun qo'llanadi. Har bir v_i mikroxizmati uchun uning qo'shnilari $N(i)$ bilan aloqa og'irligi e'tibor (attention) koeffitsiyenti orqali hisoblanadi:

$$\alpha_{ij} = \frac{\exp(\text{LeakyReLU}(\mathbf{a}^T [\mathbf{W}_{x_i} \parallel \mathbf{W}_{x_j}]))}{\sum_{k \in N(i)} \exp(\text{LeakyReLU}(\mathbf{a}^T [\mathbf{W}_{x_i} \parallel \mathbf{W}_{x_k}]))}$$

bu yerda $\mathbf{W}$ - o'rganiladigan chiziqli transformatsiya matritsasi, $\mathbf{a}$ - e'tibor vektori, $\parallel$ - konkatenatsiya amali. GAT qatlamidan chiqqan fazoviy vektorlar $h_i^{(t)}$ holatida jamlanadi. Vaqtinchalik qatlam (Bidirectional LSTM Autoencoder) Fazoviy vektorlar ketma-ketligi $\{h^{(t-W+1)}, \dots, h^{(t)}\}$ BiLSTM avtoenkoderiga uzatiladi. Avtoenkoder faqat me'yoriy (anomaliyasiz) rejimdagi ma'lumotlarda o'qitiladi. Rekonstruksiya xatoligi (Reconstruction Error) anomaliya darajasini baholash mezoni sifatida xizmat qiladi:

$$L_{\text{rec}}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|h_i^{(t)} - \hat{h}_i^{(t)}\|^2$$

Me'yordan og'ish darajasi yuqori bo'lganda L_{rec} keskin ortadi va anomaliya ehtimoli shakllanadi. Eksperimental muhit Tadqiqot doirasida Kubernetes (v1.28) klasterida 12 ta mustaqil mikroxizmatdan iborat taqlidiy elektron tijorat tizimi joylashtirildi. Klaster telemetriyasi

OpenTelemetry agentlari orqali yig'ilib, Kafka buferiga yuborildi. Tizimga Apache JMeter vositasida 500 dan 5000 req/sec gacha o'zgaruvchan yuklama berildi. Shuningdek, tizimga sun'iy tarzda 3 turdagi anomaliyalar kiritildi. Resurs degradatsiyasi (CPU throttling). Tarmoq kechikishi va paket yo'qolishi (ChaosMesh orqali). Kaskadli nosozlik keltirib chiqaruvchi xizmatlararo chaqiruv sikllari.

TADQIQOT NATIJALARI

Taklif etilgan model (GNN - BiLSTM) samaradorligi an'anaviy va zamonaviy mashinali o'rganish algoritmlari - Isolation Forest (iForest), Standart LSTM Avtoenkoder va Graph Convolutional Networks (GCN) bilan taqqoslandi. Modelning aniqligi quyidagi metrikalar orqali baholandi. Precision (Aniqlik): $P = \frac{TP}{TP+FP}$ Recall (To'liqlik) $R = \frac{TP}{TP+FN}$

F1-score: $F1 = 2 \cdot \frac{P \cdot R}{P+R}$ Model arxitekturasini Precision (%) Recall (%) F1-Score (%).

O'rtacha aniqlash kechikishi (sekund) Isolation Forest (baseline) 78.2 71.5 74.7 0.4 Standart LSTM Autoencoder 84.6 86.1 85.3 2.1 GCN (Faqat topologik) 88.3 82.7 85.4 GNN-BiLSTM (Taklif etilgan) 95.8 97.1 96.4 1.8 Eksperiment natijalari shuni ko'rsatdiki, faqat vaqtinchalik qatorlarni tahlil qiluvchi LSTM modeli kaskadli nosozliklarning asl o'chog'ini (root cause) aniqlashda xatoliklarga yo'l qo'ydi. ($P = 84.6\%$). Faqat topologiyaga tayangan GCN esa yuklamaning dinamik qisqa muddatli sakrashlarini anomaliya deb baholadi. Taklif etilgan GNN - BiLSTM modeli fazoviy va vaqtinchalik ma'lumotlarni birlashtirgani hisobiga soxta ogohlantirishlarni 62% ga kamaytirishga erishdi va 96.4% F1 - score natijasini qayd etdi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar mikroxizmatlar monitoringida topologik kontekstning (graph context) qanchalik muhimligini tasdiqlaydi. Mikroxizmatlar tizimida bitta tugunning kechikishi zanjir bo'ylab boshqa xizmatlarga uzatiladi. An'anaviy usullar barcha kechikkan xizmatlarni anomaliya deb belgilasa, GAT mexanizmi e'tibor og'irliklari orqali nosozlikning birlamchi manbasini (Root Cause Analysis - RCA) yuqori aniqlikda lokalizatsiya qilish imkonini beradi. BiLSTM avtoenkoderining qo'llanilishi nazoratsiz ta'lim (unsupervised learning) tamoyilini amalga oshirishga imkon beradi. Bu amaliy tizimlar uchun muhim afzallikdir, chunki real ishlab chiqarish (production) muhitida anomaliya ma'lumotlari oldindan belgilangan (labeled) bo'lmaydi. Shu bilan birga, modelning hisoblash murakkabligi $O(|V| \cdot d + |E|)$ atrofida bo'lib, 1.8 soniyalik aniqlash kechikishi real vaqt monitoringi talablariga to'liq javob beradi. Cheklov sifatida tizim topologiyasi juda tez (soniyalar ichida) o'zgarganda graf matritsasini qayta qurish talab etilishini ko'rsatish mumkin.

XULOSA.

Tadqiqot doirasida taqsimlangan mikroxizmatlar arxitekturasida anomaliyalarni aniqlash uchun graflar neyron tarmoqlari va ikki yo'nalishli LSTM avtoenkoderiga asoslangan gibrid intellektual monitoring modeli ishlab chiqildi. Model real vaqt telemetriya ma'lumotlari va dinamik xizmatlararo bog'liqlik graflarini bir vaqtda tahlil qilish imkonini beradi. Tajribalar taklif qilingan model 96.4% umumiy aniqlikka erishishini va kaskadli nosozliklar sharoitida an'anaviy usullarga nisbatan soxta signallarni sezilarli darajada kamaytirishini ko'rsatdi. Ishlab chiqilgan yondashuv yuqori yuklamali axborot tizimlarining xavfsizligi va barqarorligini ta'minlashda avtomatlashtirilgan diagnostika modullari uchun asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

- 1.Kurose J. F., Ross K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. - 8th ed. - Pearson, 2021. - 800 p.
- 2.Zhou X., Peng X., Xie T., Sun J., Ji C. Fault Analysis and Debugging of Microservice Systems: Industrial Survey, Benchmark System, and Empirical Study // IEEE Transactions on Software Engineering. - 2021. Vol. 47, No. 2. P. 243 - 260.
- 3.Velickovic P., Cucurull G., Casanova A., Romero A., Lio P., Bengio Y. Graph Attention Networks // International Conference on Learning Representations (ICLR). - 2018. - 12 p.
- 4.Meng Y., Zhang S., Sun Y., Zhang R., Hu Z., Zhang Y., Pei D. Localizing Failure Root Causes in a Microservice through Causality Graph // IEEE Transactions on Network and Service Management. - 2020. Vol. 17, No. 3. P. 1510 - 1523.
5. Soldani J., Brogi A. Anomaly Detection and Failure Root Cause Analysis in (Micro)Service-Based Cloud Applications: A Systematic Literature Review // ACM Computing Surveys. - 2022. - Vol. 55, No. 3. P. 1-39.

AQLLI SHAHARLARDA BULUTLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKT INTEGRATSIYASI ORQALI ATROF-MUHIT IFLOSLANISHINI NAZORAT QILISH TIZIMLARI

PhD Yo.T.Xakimova

Qo'qon davlat universiteti
Raqamli texnologiyalar va
sun'iy intellekt kafedrası dotsenti,

Annotatsiya. Maqolada aqlli shaharlar konsepsiyasi doirasida bulutli texnologiyalar va sun'iy intellektning integratsiyasi asosida atrof-muhit ifloslanishini nazorat qilish tizimlarini rivojlantirish masalalari tahlil qilingan. Ekologik monitoringning zamonaviy arxitekturası, ma'lumotlarni yig'ish, uzatish va bulutli platformalarda qayta ishlash jarayonlari, shuningdek, sun'iy intellekt algoritmlari yordamida ifloslanish darajasini bashoratlash imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot yakunida ushbu tizimlarni takomillashtirishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: aqlli shahar, bulutli texnologiyalar, sun'iy intellekt, atrof-muhit monitoringi, ifloslanishni nazorat qilish, IoT, katta ma'lumotlar, ekologik xavfsizlik.

Abstract. The article analyzes the development of environmental pollution monitoring systems based on the integration of cloud technologies and artificial intelligence within the framework of the smart city concept. It examines the modern architecture of environmental monitoring, the processes of data collection, transmission, and cloud-based processing, as well as the capabilities for predicting pollution levels using artificial intelligence algorithms. Finally, the study presents scientific and practical recommendations aimed at improving these systems.

Keywords: smart city, cloud technologies, artificial intelligence, environmental monitoring, pollution control, IoT, big data, environmental safety.

Аннотация. В статье анализируется развитие систем мониторинга загрязнения окружающей среды, основанных на интеграции облачных технологий и искусственного

интеллекта в рамках концепции «умного города». Рассматриваются современная архитектура экологического мониторинга, процессы сбора, передачи и облачной обработки данных, а также возможности прогнозирования уровней загрязнения с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. В завершение представлены научно-практические рекомендации, направленные на совершенствование данных систем.

Ключевые слова: умный город, облачные технологии, искусственный интеллект, экологический мониторинг, контроль загрязнения, интернет вещей (IoT), большие данные, экологическая безопасность.

Jahon aholisining tobora ortib borayotgan shaharlashuv darajasi ekologik muammolarning keskinlashuviga olib kelmoqda. Transport vositalari sonining ko'payishi, sanoat korxonalarining faoliyati va energiya iste'molining oshishi shahar muhitida havo va suv ifloslanishi darajasini yuqori ko'rsatkichlarga yetkazmoqda. Ushbu sharoitda "aqlli shahar" (smart city) konsepsiyasi shahar resurslarini boshqarishning yangi, texnologik jihatdan ilg'or modeli sifatida dunyo miqyosida tobora keng tarqalmoqda.

Aqlli shaharlarning asosiy tarkibiy qismlaridan biri atrof-muhit holatini real vaqt rejimida kuzatish va boshqarish tizimlaridir. Bunday tizimlarning samaradorligi, avvalambor, ularning texnologik negiziga bog'liq bo'lib, bulutli hisoblash texnologiyalari va sun'iy intellekt algoritmlarining birgalikda qo'llanilishi katta hajmdagi ekologik ma'lumotlarni tezkor yig'ish, saqlash, tahlil qilish va shu asosda boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi — aqlli shaharlar sharoitida bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt integratsiyasi asosida atrof-muhit ifloslanishini nazorat qilish tizimlarining arxitekturasini va ishlash tamoyillarini o'rganish, ularni joriy etishning afzalliklari va muammolarini tahlil qilish hamda ushbu sohani rivojlantirish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqishdan iborat.

Aqlli shaharlarda ekologik monitoring tizimlarini rivojlantirish masalasi xorijiy tadqiqotchilar tomonidan turli jihatdan o'rganilgan. Xususan, "Internet of Things" (IoT) texnologiyalarining ekologik sensorlar bilan integratsiyasi, ushbu sensorlardan olingan ma'lumotlarni bulutli platformalarda saqlash va sun'iy intellekt algoritmlari — xususan, mashinali o'qitish (machine learning) usullari — yordamida tahlil qilish yo'nalishlari ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Bunday tizimlar havo sifatini baholash, shovqin darajasini o'lchash, suv resurslarining ifloslanish ko'rsatkichlarini kuzatish kabi vazifalarni avtomatlashtirish imkonini berishi ta'kidlanadi.

Tadqiqot jarayonida mantiqiy tahlil va sintez, qiyosiy tahlil, shuningdek, tizimli yondashuv usullaridan foydalanildi. Ekologik monitoring tizimlarining texnologik arxitekturasini bosqichma-bosqich — ma'lumot yig'ish, uzatish, saqlash, tahlil qilish va qaror qabul qilish bosqichlari — kesimida ko'rib chiqildi, bu esa bulutli texnologiyalar va sun'iy intellektning har bir bosqichdagi o'rni aniq belgilash imkonini berdi.

Ekologik monitoring tizimining texnologik arxitekturasini

Aqlli shaharlarda atrof-muhit ifloslanishini nazorat qilish tizimi odatda to'rt bosqichli arxitektura asosida quriladi. Birinchi bosqichda shahar hududiga o'rnatilgan IoT-sensorlar (havo tarkibidagi zararli moddalar, harorat, namlik, shovqin darajasi va boshqa ko'rsatkichlarni o'lchovchi qurilmalar) yordamida birlamchi ma'lumotlar yig'iladi. Ikkinchi bosqichda ushbu ma'lumotlar simsiz tarmoqlar orqali bulutli serverlarga uzatiladi. Uchinchi bosqichda bulutli platformalarda katta hajmdagi ma'lumotlar (big data) saqlanadi va dastlabki qayta ishlashdan o'tkaziladi. To'rtinchi, yakuniy bosqichda esa sun'iy intellekt algoritmlari ushbu ma'lumotlarni tahlil qilib, ifloslanish darajasini baholaydi va uning kelgusi dinamikasini bashorat qiladi.

Bulutli texnologiyalarning ushbu tizimdagi asosiy afzalligi shundaki, ular shahar miqyosida minglab sensorlardan tushayotgan uzluksiz ma'lumotlar oqimini markazlashtirilgan tarzda saqlash va qayta ishlashning moslashuvchan infratuzilmasini ta'minlaydi. Bunda mahalliy serverlarga nisbatan katta investitsiya talab qilinmaydi, chunki hisoblash quvvati zarurat darajasiga qarab kengaytiriladi yoki qisqartiriladi.

Sun'iy intellektning ifloslanishni bashoratlash va boshqarishdagi o'rni

Sun'iy intellekt texnologiyalari, xususan, mashinali o'qitish va chuqur o'qitish (deep learning) algoritmlari, bulutli platformalarda to'plangan ekologik ma'lumotlar asosida ifloslanish darajasining kelgusi o'zgarish tendensiyalarini yuqori aniqlik bilan bashoratlash imkonini beradi. Bunday algoritmlar meteorologik sharoitlar, transport harakati intensivligi va sanoat faoliyati ko'rsatkichlari o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni aniqlab, shahar boshqaruv organlariga oldindan ogohlantiruvchi signal berish tizimlarini yaratish imkonini yaratadi.

Shuningdek, sun'iy intellekt asosidagi tizimlar aniqlangan ifloslanish manbalarini avtomatik tasniflash, ularning geografik joylashuvini belgilash va tegishli davlat organlariga operativ xabar yuborish funksiyalarini ham bajarishi mumkin. Bu esa ekologik nazorat organlarining reaktiv (voqea sodir bo'lgandan keyingi) faoliyatidan proaktiv (oldini olish asosidagi) faoliyatga o'tishini ta'minlaydi.

Joriy etishdagi muammolar

Bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt integratsiyasiga asoslangan ekologik monitoring tizimlarini joriy etishda bir qator muammolar mavjud. Birinchidan, IoT-sensorlar tarmog'ini shahar miqyosida yaratish katta boshlang'ich xarajatlarni talab qiladi. Ikkinchidan, turli manbalardan kelayotgan katta hajmdagi ma'lumotlarni bulutda xavfsiz saqlash va ularga ruxsatsiz kirishning oldini olish bo'yicha kiberxavfsizlik masalalari dolzarbligicha qolmoqda. Uchinchidan, sun'iy intellekt algoritmlarini mahalliy iqlim va shahar sharoitlariga moslashtirish uchun yetarli hajmdagi sifatli tarixiy ma'lumotlar bazasining mavjud emasligi bashorat aniqligini pasaytirishi mumkin. To'rtinchidan, turli davlat idoralari va xizmat ko'rsatuvchi tashkilotlar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini muvofiqlashtiruvchi yagona institutsional mexanizmning yetarli darajada shakllanmaganligi tizim samaradorligini cheklaydi.

XULOSA

O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, bulutli texnologiyalar va sun'iy intellektning integratsiyasi aqlli shaharlarda atrof-muhit ifloslanishini nazorat qilish tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Bunday tizimlar ekologik ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish, tahlil qilish va bashoratlash orqali shahar boshqaruvi organlariga ekologik xavfsizlikni ta'minlashda oldindan chora ko'rish imkoniyatini yaratadi.

ILMIY-AMALIY TAKLIF VA TAVSIYALAR

O'tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi taklif va tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Shahar miqyosida ekologik IoT-sensorlar tarmog'ini bosqichma-bosqich kengaytirish va ularni yagona bulutli monitoring platformasiga integratsiya qilish bo'yicha maqsadli davlat dasturini ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

2. Ekologik ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash uchun milliy bulutli infratuzilma (davlat bulutli platformasi) imkoniyatlaridan foydalanish, bu esa ma'lumotlar suvereniteti va kiberxavfsizlikni ta'minlashga xizmat qiladi.

3. Sun'iy intellekt algoritmlarining bashorat aniqligini oshirish maqsadida uzoq muddatli ekologik ma'lumotlar bazasini shakllantirish va uni ilmiy-tadqiqot muassasalari bilan hamkorlikda muntazam yangilab borish tizimini yo'lga qo'yish lozim.

4. Davlat ekologiya nazorati organlari, mahalliy hokimiyat tuzilmalari va xizmat ko'rsatuvchi IT-tashkilotlar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini tartibga soluvchi yagona institutsional-huquqiy mexanizmni joriy etish zarur.

5. Aqlli shahar loyihalarida ekologik monitoring tizimlarini joriy etish bo'yicha davlat-xususiy sheriklik mexanizmlarini rivojlantirish, shuningdek, ushbu sohada malakali mutaxassislar tayyorlash uchun oliy ta'lim muassasalarida tegishli ta'lim dasturlarini kengaytirish tavsiya etiladi.

6. Fuqarolarga ekologik holat to'g'risidagi ma'lumotlarni ochiq va tushunarli shaklda taqdim etuvchi mobil ilova va veb-platformalarni bulutli tizim asosida yaratish, bu esa jamoatchilik nazoratini kuchaytirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-sonli "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmoni.

2. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145, 2011.

3. Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities // IEEE Internet of Things Journal. 2014. Vol. 1, No. 1. P. 22–32.

4. Kumar P., Kumar V., Kim K.H. Environmental monitoring using IoT and cloud computing: A review // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 258.

5. Xalqaro telekommunikatsiya ittifoqi (ITU) hisobotlari: Digital Development Dashboard. // www.itu.int

6. Karimov N.N. Raqamli iqtisodiyot: nazariya va amaliyot. — Toshkent: Iqtisodiyot, 2023.

DATA MINING ALGORITMLARI YORDAMIDA KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLARDAN YASHIRIN QONUNIYATLARNI ANIQLASH

Suropov Baxodir Maydonovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti professori, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada Data Mining'ning uchta asosiy vazifa turi — assotsiativ qoidalarni qazib olish (association rule mining, Apriori va FP-Growth algoritmlari), klasterlash (clustering, K-means va DBSCAN algoritmlari) va klassifikatsiya (classification, qaror daraxtlari asosida) — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning amaliy qo'llanilishi savdo tarmog'ining haqiqiy tranzaksiya ma'lumotlari (shartli anonimlashtirilgan, 250000 dan ortiq chek, 8000 dan ortiq noyob mahsulot) asosida amaliy tarzda o'rganilgan. Tadqiqot doirasida FP-Growth algoritmi yordamida mahsulotlar orasidagi assotsiativ bog'liqliklar ("savatcha tahlili", market basket analysis) aniqlangan, K-means algoritmi yordamida mijozlar xarid xulq-atvori bo'yicha segmentlarga ajratilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, FP-Growth algoritmi Apriori algoritmiga nisbatan xuddi shu assotsiativ qoidalarni 6,3 baravar tezroq aniqlagan hamda 340 ta ishonchli ($\text{confidence} > 0,6$) assotsiativ qoida topilgan, bu qoidalar asosida mahsulotlarni joylashtirish va birgalikda taklif qilish strategiyasi ishlab chiqilgan. K-means klasterlash natijasida mijozlar 5 ta o'ziga xos segmentga*

ajratilgan, ular orasida "yuqori qiymatli doimiy xaridorlar" segmenti umumiy daromadning 42 foizini tashkil etgani aniqlangan. Maqola yakunida aniqlangan qonuniyatlarni amaliy biznes qarorlariga tatbiq etish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: Data Mining, assotsiativ qoidalar, klasterlash, FP-Growth, K-means, mijozlar segmentatsiyasi, savatcha tahlili.

Annotation. This article investigates methods for discovering hidden patterns in large-scale data using Data Mining algorithms within the IMRAD framework. The article theoretically describes three main types of Data Mining tasks — association rule mining (Apriori and FP-Growth algorithms), clustering (K-means and DBSCAN algorithms), and classification (based on decision trees) — and empirically studies their practical application on real retail chain transaction data (conditionally anonymized, over 250,000 receipts, over 8,000 unique products). Within the study, the FP-Growth algorithm was used to identify associative relationships between products (market basket analysis), and the K-means algorithm was used to segment customers by purchasing behavior. The results show that the FP-Growth algorithm identified the same association rules 6.3 times faster than the Apriori algorithm, and 340 reliable association rules (confidence > 0.6) were found, on the basis of which a product placement and cross-selling strategy was developed. K-means clustering divided customers into 5 distinct segments, among which the "high-value repeat customers" segment was found to account for 42 percent of total revenue. The article concludes with recommendations for applying the discovered patterns to practical business decisions.

Key words: Data Mining, association rules, clustering, FP-Growth, K-means, customer segmentation, market basket analysis.

Аннотация. В данной статье в рамках структуры IMRAD исследуются методы обнаружения скрытых закономерностей в больших объёмах данных с использованием алгоритмов Data Mining (интеллектуального анализа данных). В статье теоретически описаны три основных типа задач Data Mining — извлечение ассоциативных правил (association rule mining, алгоритмы Apriori и FP-Growth), кластеризация (clustering, алгоритмы K-means и DBSCAN) и классификация (classification, на основе деревьев решений), — а также эмпирически изучено их практическое применение на реальных данных транзакций розничной сети (условно анонимизированных, более 250000 чеков, более 8000 уникальных товаров). В рамках исследования алгоритм FP-Growth использован для выявления ассоциативных связей между товарами (анализ рыночной корзины), алгоритм K-means — для сегментации клиентов по покупательскому поведению. Результаты показывают, что алгоритм FP-Growth выявлял те же ассоциативные правила в 6,3 раза быстрее, чем алгоритм Apriori, и было найдено 340 надёжных ассоциативных правил (достоверность $> 0,6$), на основе которых разработана стратегия размещения товаров и перекрёстных продаж. Кластеризация методом K-means разделила клиентов на 5 отдельных сегментов, среди которых сегмент «высокоценных постоянных покупателей» составил 42% от общего дохода. В заключение статьи даны рекомендации по применению выявленных закономерностей в практических бизнес-решениях.

Ключевые слова: Data Mining, ассоциативные правила, кластеризация, FP-Growth, K-means, сегментация клиентов, анализ рыночной корзины.

KIRISH

Zamonaviy tashkilotlar o'z faoliyati davomida ulkan hajmdagi ma'lumotlarni (mijozlar tranzaksiyalari, veb-sayt tashrif tarixi, ijtimoiy tarmoq faolligi) yig'adi, biroq bu ma'lumotlarning katta qismi tizimli tahlil qilinmasdan, foydalanilmagan holda qoladi. Data Mining — katta hajmdagi ma'lumotlar ichidan inson ko'zi bilan ko'rinmaydigan, ammo biznes yoki ilmiy nuqtai nazardan qimmatli bo'lgan yashirin qonuniyat, bog'liqlik va naqshlarni statistik va mashinali o'qitish usullari yordamida aniqlash jarayonidir.

Savdo va xizmat ko'rsatish sohasida Data Mining'ning eng keng tarqalgan qo'llanilishlaridan biri "savatcha tahlili" (market basket analysis) bo'lib, u mijozlar tomonidan birgalikda sotib olinadigan mahsulotlar orasidagi assotsiativ bog'liqliklarni aniqlashga xizmat qiladi. Bundan tashqari, mijozlarni xarid xulq-atvoriga ko'ra guruhlariga (segmentlarga) ajratish orqali har bir guruh uchun individuallashtirilgan marketing strategiyasini ishlab chiqish mumkin.

Tadqiqotning maqsadi — Data Mining algoritmlarining (assotsiativ qoidalarini qazib olish va klasterlash) haqiqiy savdo ma'lumotlaridan amaliy qimmatga ega yashirin qonuniyatlarni aniqlashdagi samaradorligini empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) asosiy Data Mining vazifa turlari va algoritmlarining nazariy asoslarini yoritish; 2) assotsiativ qoidalarini qazib olish algoritmlarini (Apriori, FP-Growth) haqiqiy tranzaksiya ma'lumotlarida sinovdan o'tkazish; 3) mijozlarni K-means algoritmi yordamida segmentlarga ajratish; 4) natijalar asosida amaliy biznes tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun mahalliy savdo tarmog'ining shartli anonimlashtirilgan (mijoz shaxsini aniqlovchi barcha ma'lumotlar olib tashlangan, faqat noyob mijoz identifikatori saqlangan) tranzaksiya ma'lumotlari bazasidan foydalanildi, unda 250000 dan ortiq chek va 8000 dan ortiq noyob mahsulot nomi mavjud edi.

Tadqiqot metodologiyasi ikki asosiy yo'nalishdan iborat bo'ldi:

1) assotsiativ qoidalarini qazib olish — Apriori va FP-Growth algoritmlari Python tilida mlxtend kutubxonasi yordamida amalga oshirilib, minimal qo'llab-quvvatlash ($\text{support} > 0,01$) va minimal ishonch ($\text{confidence} > 0,6$) chegaralari bilan mahsulotlar orasidagi assotsiativ qoidalarini aniqlash uchun qo'llanildi, ikkala algoritmning ishlash vaqti va topilgan qoidalar soni taqqoslandi;

2) mijozlar segmentatsiyasi — har bir mijoz uchun RFM (Recency — so'nggi xarid vaqti, Frequency — xarid chastotasi, Monetary — umumiy xarid summasi) ko'rsatkichlari hisoblanib, K-means klasterlash algoritmi (scikit-learn kutubxonasi yordamida) qo'llanildi, optimal klaster soni "tirsak usuli" (elbow method) orqali aniqlandi.

Assotsiativ qoidalarini qazib olish algoritmlarining samaradorligi ishlash vaqti (soniyalarda) va topilgan qoidalar soni bo'yicha, klasterlash natijasi esa har bir segmentning o'lchami, o'rtacha RFM ko'rsatkichlari va umumiy daromaddagi ulushi bo'yicha tahlil qilindi.

NATIJALAR

Assotsiativ qoidalarini qazib olish natijasida FP-Growth algoritmi Apriori algoritmiga nisbatan xuddi shu 340 ta ishonchli qoidani sezilarli tezroq (o'rtacha 8,4 soniyada) topdi, Apriori esa xuddi shu natijaga erishish uchun o'rtacha 53 soniya sarfladi, bu 6,3 baravar tezlik farqini tashkil etdi. Bu farq FP-Growth algoritmining ma'lumotlar bazasini bir necha marta qayta skanerlash zaruriyatini bartaraf etuvchi "FP-daraxt" tuzilmasidan foydalanishi bilan izohlandi.

Topilgan 340 ta assotsiativ qoida orasida eng yuqori ishonch va qo'llab-quvvatlash ko'rsatkichlariga ega bo'lgan qoidalar, kutilganidek, bir-biriga tabiiy ravishda bog'liq mahsulot toifalari (masalan, non va sariyog', makaron va pomidor sousi) orasida topildi, biroq tahlil shuningdek kam kutilgan, ammo statistik jihatdan ishonchli bog'liqliklarni ham (masalan, bolalar tovarlarining ma'lum turi bilan uy hayvonlari ozuqasi orasidagi bog'liqlik) aniqladi, bu mahsulotlarni do'kon ichida joylashtirish strategiyasini qayta ko'rib chiqish uchun qimmatli ma'lumot berdi.

K-means klasterlash natijasida "tirsak usuli" orqali optimal klaster soni 5 deb aniqlandi. Klasterlar tahlili shuni ko'rsatdiki, "yuqori qiymatli doimiy xaridorlar" deb nomlangan eng kichik (mijozlarning 12%ini tashkil etuvchi) segment umumiy daromadning 42 foizini ta'minlagan, bu klassik "80/20 qoidasi"ga yaqin taqsimotni tasdiqladi. Aksincha, "kamdan-kam va past summali xaridorlar" segmenti (mijozlarning 35%i) umumiy daromadning atigi 9 foizini tashkil etgan.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Data Mining algoritmlarining haqiqiy savdo ma'lumotlaridan amaliy qimmatga ega yashirin qonuniyatlarni aniqlashdagi samaradorligini tasdiqlaydi. FP-Growth algoritmining Apriori'ga nisbatan sezilarli tezlik afzalligi katta hajmdagi ma'lumotlar to'plamlarida ishlashda, ayniqsa real vaqt yoki tez-tez yangilanadigan tahlil talab qilinganda, amaliy jihatdan muhim ustunlik hisoblanadi. Bu xulosa assotsiativ qoidalarni qazib olish sohasidagi klassik va zamonaviy tadqiqotlar bilan mos keladi.

Mijozlar segmentatsiyasi natijasida aniqlangan daromad taqsimoti (kichik segmentning katta daromad ulushini ta'minlashi) marketing strategiyasini shakllantirishda muhim amaliy ahamiyatga ega — bu "yuqori qiymatli" segmentni saqlab qolish va rag'batlantirishga qaratilgan sodiqlik dasturlarining ustuvorligini asoslaydi, shu bilan birga past faollikdagi segmentlar uchun qayta faollashtirish (re-engagement) strategiyalarini ishlab chiqish zarurligini ko'rsatadi.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar savdo tashkilotlariga assotsiativ qoidalarni mahsulotlarni jismoniy joylashtirish, birgalikda tavsiya qilish (cross-selling) tizimlari va promo-aksiyalarni rejalashtirishda, mijozlar segmentatsiyasi natijalarini esa individuallashtirilgan marketing kampaniyalari va sodiqlik dasturlarini loyihalashda qo'llashni tavsiya etadi. Bunday ma'lumotlarga asoslangan qarorlar intuitsiyaga asoslangan an'anaviy yondashuvlarga nisbatan yuqori aniqlik va samaradorlikni ta'minlaydi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. FP-Growth algoritmi assotsiativ qoidalarni qazib olishda Apriori algoritmiga nisbatan 6,3 baravar tezroq ishlaydi, bu uni katta hajmdagi ma'lumotlar to'plami uchun amaliy jihatdan afzalroq qiladi.
2. Savdo tranzaksiya ma'lumotlarini tahlil qilish orqali 340 ta ishonchli assotsiativ qoida aniqlandi, bunda ba'zilar kutilmagan, ammo statistik jihatdan ishonchli mahsulot bog'liqliklarini ochib berdi.
3. K-means klasterlash mijozlarni 5 ta o'ziga xos segmentga ajratdi, bunda kichik "yuqori qiymatli" segment umumiy daromadning 42 foizini ta'minladi.
4. Data Mining natijalari mahsulotlarni joylashtirish, cross-selling tizimlari va individuallashtirilgan marketing strategiyalarini loyihalashda amaliy qo'llanilishi mumkin.
5. Ma'lumotlarga asoslangan Data Mining yondashuvi an'anaviy intuitsiyaga asoslangan biznes qarorlarga nisbatan yuqori aniqlik va ob'ektivlikni ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Катта ҳажмдаги маълумотларни таҳлил қилишнинг замонавий технологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 33–41.
4. Каримов У.А. Маркетингда маълумотларни қазиб олиш усулларининг қўлланилиши // Иқтисодиёт ва таълим. — 2023. — №2. — Б. 88–96.
5. Agrawal R., Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules // Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB). — 1994. — P. 487–499.
6. Han J., Pei J., Yin Y. Mining Frequent Patterns Without Candidate Generation // Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. — 2000. — P. 1–12.
7. MacQueen J. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations // Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. — 1967. — Vol. 1. — P. 281–297.
8. Ester M., Kriegel H.-P., Sander J., Xu X. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). — 1996. — P. 226–231.
9. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques. — San Francisco: Morgan Kaufmann, 2011. — 744 p.
10. Hughes A.M. Strategic Database Marketing: The Masterplan for Starting and Managing a Profitable, Customer-Based Marketing Program. — New York: McGraw-Hill, 2005. — 352 p.

PEDAGOGICAL SOFTWARE TOOLS FOR TEACHING MULTIMEDIA TECHNOLOGIES

Umarov Abdumannon Abdullayevich

Acting Associate Professor, Samarkand

Campus, University of Economics and

Pedagogy +998 97 644-28-82

abdumannonumarov82@gmail.com

Abstract: *This article discusses the effective use of multimedia innovative technologies in the continuing education system of the Republic of Uzbekistan, the organization of multimedia-based innovative activities in higher education institutions, ensuring consistent cooperation between teachers and students, and implementing this process in a clearly goal-oriented manner.*

Keywords: *multimedia, innovation, development, goal-oriented learning, mastery, implementation, software tools, knowledge acquisition, conditions, opportunities, education and upbringing.*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются вопросы эффективного использования мультимедийных инновационных технологий в системе непрерывного образования Республики Узбекистан, организации инновационной деятельности на основе мультимедиа в*

высших образовательных учреждениях, обеспечения последовательного взаимодействия между преподавателями и студентами, а также целенаправленной реализации данного процесса.

Ключевые слова: мультимедиа, инновация, развитие, целенаправленное обучение, усвоение, внедрение, программные средства, приобретение знаний, условия, возможности, образование и воспитание.

Annotatsiya: Mazkur maqolada O'zbekiston Respublikasining uzluksiz ta'lim tizimida multimedia innovatsion texnologiyalaridan samarali foydalanish, oliy ta'lim muassasalarida multimedia asosidagi innovatsion faoliyatni tashkil etish, o'qituvchi va talabalar o'rtasida izchil hamkorlikni ta'minlash hamda ushbu jarayonni aniq maqsadga yo'naltirilgan holda amalga oshirish masalalari yoritilgan.

Kalit so'zlar: multimedia, innovatsiya, rivojlanish, maqsadga yo'naltirilgan ta'lim, o'zlashtirish, joriy etish, dasturiy vositalar, bilimlarni egallash, shart-sharoitlar, imkoniyatlar, ta'lim va tarbiya.

In order to fundamentally improve the higher education system in accordance with the priority tasks of the socio-economic development of our country, radically revise the content of specialist training, and create the necessary conditions for preparing highly qualified specialists at the level of international standards, the Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PQ-2909 of April 20, 2017, "On Measures for Further Development of the Higher Education System," identified the widespread introduction of the most modern pedagogical technologies, educational programs, and teaching-methodological materials based on international educational standards into the educational process as one of the most important tasks.

The digital transformation of the education system has become one of the important priorities of the state policy of the Republic of Uzbekistan. The rapid development of information and communication technologies (ICT), digital educational resources, and multimedia technologies creates new opportunities for improving the quality and effectiveness of the educational process. In this context, the development of a modern digital educational environment requires the systematic integration of innovative technologies into teaching and learning activities.

An important step toward the digital transformation of Uzbekistan was the adoption of the Presidential Decree of the Republic of Uzbekistan No. PF-6079 dated October 5, 2020, entitled "On Approval of the Digital Uzbekistan – 2030 Strategy and Measures for Its Effective Implementation." The document defines strategic priorities for the development of digital technologies, improvement of digital infrastructure, introduction of modern information and communication technologies, development of electronic services, and acceleration of digital transformation in various sectors of society, including the social sphere and education.

The implementation of the "Digital Uzbekistan – 2030" Strategy creates favorable conditions for the modernization of the higher education system through the widespread use of digital technologies. In particular, the development of electronic educational resources, digital learning platforms, multimedia content, interactive learning tools, and software solutions contributes to the formation of a modern educational environment. Such an environment enables students to access educational materials regardless of time and location and provides opportunities for organizing more flexible and individualized learning. Multimedia technologies are particularly important in this process because they combine different forms of information, including text, graphics, audio, video,

animation, and interactive elements. The integrated use of these components makes educational materials more visual, understandable, and engaging. Multimedia-based learning can also support students in understanding complex concepts, developing practical skills, increasing learning motivation, and strengthening the retention of acquired knowledge.

The introduction of multimedia innovative technologies also changes the traditional relationship between teachers and students. The teacher increasingly acts not only as a source of information but also as a facilitator, consultant, organizer, and coordinator of students' learning activities. At the same time, students become more active participants in the educational process. They can independently search for information, analyze digital educational materials, complete interactive assignments, participate in virtual activities, and evaluate their own learning outcomes.

From this perspective, the effective implementation of multimedia technologies requires not only appropriate technical infrastructure but also pedagogically sound methods of their application. Teachers need to possess sufficient digital competencies and be able to select, develop, and effectively integrate multimedia resources according to educational objectives. Therefore, digitalization of education should be considered as a comprehensive pedagogical process that combines technological, methodological, organizational, and competency-based components.

The "Digital Uzbekistan – 2030" Strategy also provides an important institutional foundation for expanding the use of modern software tools and digital resources in education. The development and implementation of digital solutions can contribute to improving the accessibility of educational content, strengthening independent learning, increasing interaction between teachers and students, and creating conditions for continuous professional and personal development. Consequently, the integration of multimedia innovative technologies into higher education can be considered one of the practical directions of digital transformation. Their purposeful use makes it possible to create a learner-centered educational environment in which students have greater opportunities for independent knowledge acquisition, creative activity, communication, and practical application of knowledge. Therefore, the effective implementation of multimedia technologies should be regarded not simply as the introduction of new technical tools, but as an important component of improving the quality, accessibility, and effectiveness of modern education¹.

To accomplish these urgent tasks, it is important to develop new approaches in higher education institutions for training qualified specialists. In this process, foreign experience should be used effectively and educational activities should be organized on its basis. An educational session is the main field of pedagogical creativity; therefore, it requires an appropriate and innovative approach to its organization and management. In this process, an important task for teachers is to engage learners in acquiring knowledge, working collaboratively with teachers, continuously deepening their professional knowledge and skills, and paying attention to the quality of educational activities.

The quality of educational sessions largely depends on the correct selection of their goals, objectives, content, forms, methods, technologies, and tools, as well as on mobilizing learners to master educational materials through cooperation. Each educational session should contribute to the development of learning skills and guide students toward independently finding the necessary information in textbooks, teaching manuals, and additional literature.

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-son farmoni. <https://lex.uz/docs/5030957>

The quality of educational sessions is determined by the teacher's responsible approach to the topics being taught and analyzed, professional skill in communicating the content of these topics to learners, and methodological ability to organize and manage sessions in accordance with current requirements. A teacher achieves the intended goal when he or she can explain the theoretical basis of important issues and establish logical connections among ideas. For this purpose, it is important to use modern teaching tools and resources and to present the topic on the basis of the possibilities and methods of contemporary pedagogical technologies.

The Law of the Republic of Uzbekistan "On Education" and the "National Program for Personnel Training" emphasize the need to develop higher education, improve the quality of educational and upbringing activities, and develop creative abilities in future specialists. Education is a multifaceted and complex process consisting of the intellectual work, activity, and creative thinking of teachers and students. Increasing the effectiveness of educational sessions is closely connected with organizing the educational process on a scientific basis and applying new pedagogical technologies in practice.

During the years of implementing the "National Program for Personnel Training," a number of important changes took place in the education system of our republic. These changes were largely associated with the need to resolve serious contradictions between the traditional pace of education and the continuous growth of new knowledge. In order to overcome this contradiction, educational forms based on the use of innovative technologies began to be introduced.

Along with the development of the country's economy, spirituality, and culture, it is important for cities to acquire a modern appearance. Therefore, the prosperity and development of our country are directly connected with the activities of students studying in the field of construction of buildings and structures. It should be emphasized that young people who receive solid knowledge at higher education institutions, love their profession, study its principles comprehensively, and acquire sufficient professional skills can contribute significantly to the further development and improvement of our country.

Indeed, the construction of cities and buildings is carried out on the basis of projects for buildings and structures developed by specialists. Today, construction projects created by professional architects are increasingly developed with the help of computer technologies. There are currently many computer graphics programs, and they differ according to the fields in which they are used. Specialists in each field choose the graphics software that is most convenient for their professional activities. The capabilities and limitations of such programs are also oriented toward particular fields. Therefore, when selecting graphics software, its capabilities should first be taken into account. In many cases, before using a graphics program, it is necessary to master other programs or related subjects. This is also one of the reasons why graphics programs are becoming increasingly sophisticated.

It should be taken into account that learning the programs mentioned above and introducing them into practice is a relatively complex and relevant issue. There are several methods for learning graphics programs, among which multimedia applications are undoubtedly one of the most effective. Learning through multimedia applications, considered one of the modern methods of education, is one of the most effective approaches and is currently regarded as an important form of pedagogical software.

Tutorial pedagogical software tools guide learners toward mastering new knowledge according to their level of knowledge and interests. Examples include tutorial systems that enable learners to independently study AutoCAD and ArchiCAD, programs designed for creating architectural projects.

Figure 1. Multimedia-based pedagogical software interface presented in the original article.



The tutorial system contains video lectures and presentations for teaching AutoCAD and ArchiCAD. During the lessons, learners independently complete a number of tasks, and at the end of the lecture they can install these programs and use them in practice.

The figure presents the main interface of a multimedia-based educational resource designed to support students' independent learning activities. The resource integrates various educational components, including a glossary, independent learning assignments, a study schedule, course materials, presentations, questionnaires, tests, lectures, and image and video resources. Such an integrated structure enables students to access different types of learning materials in a convenient and interactive environment. The "Glossary" section provides explanations of key concepts and terminology, while "Independent Learning Assignments" supports students in completing individual learning activities. The "Calendar Plan" helps students organize their learning schedule and manage their time effectively. The "Collection" and "Presentation" sections provide structured educational materials and visual content. The "Questionnaire" and "Test" sections allow students to check their knowledge and assess their learning outcomes. In addition, the "Lecture" and "Image and Video" sections provide multimedia learning materials that facilitate visual and auditory perception of information.

The presented interface demonstrates the practical integration of text, visual, interactive, and assessment components within a single multimedia educational environment. This structure can contribute to increasing students' learning activity, motivation, autonomy, and opportunities for independent acquisition of knowledge. Therefore, the developed multimedia resource can be considered an effective technological tool for organizing and supporting students' independent learning in higher education.

REFERENCES

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-son farmoni. <https://lex.uz/docs/5030957>
2. Modern psychologu in the capitalist countries.-M.: 1963, p.406
3. Umarov A. Мультимедиа технологияларини ўргатувчи педагогик дастурий воситалари. "Ilm sarchashmalari" ilmiy-nazariy, metodik jurnal, Elektron Jurnal, Urganch-2021. sentabr soni, -B.108-110
4. Zakharova I. G. Information technologies in education.-M.; Academy. 2008 - p.192
5. Gershunsky B.S. Philosophy of Education.-M.; 1998. –p.210
6. Sukhomlinsky V.A. I give my heart to children. - Kyiv, 1972, - p. 95
7. Umarov A. Modern Pedagogical Technologies in the Educational Process. International journal of innovative research, In Computer & Communication engineering Volume 9, issue 1, January 2021 impact factor: 7.488 -P. 127-130.
8. Umarov A. The Role Of Multimedia In The Independent Education Of Students. The American Jurnal Of Social Science And Education Innovations, 2(11), -P. 152-155 USA 2020 Impact Factor 5.525

BIG DATA TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASH VA TAHLIL QILISH

Suropov Baxodir Maydonovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti professori, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlashning ikki asosiy paradigmasi — partiyaviy qayta ishlash (batch processing, Apache Hadoop MapReduce asosida) va oqimli qayta ishlash (stream processing, Apache Spark va Apache Flink asosida) — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning ishlash tezligi, resurs samaradorligi va qo'llash doirasi qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida taxminan 50 GB hajmdagi shartli jurnal (log) ma'lumotlari to'plami ustida uchta freymvork — Hadoop MapReduce, Apache Spark (batch rejimida) va Apache Flink (oqim rejimida) — yordamida bir xil tahliliy vazifalar (so'zlarni sanash, agregatlash, filtrlash) bajarilib, ularning ishlash samaradorligi klasterlash muhitida (4 tugunli test klasteri) sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Apache Spark Hadoop MapReduce'ga nisbatan o'xshash tahliliy vazifalarni o'rtacha 8,7 baravar tezroq bajargan, bu asosan Spark'ning operativ xotirada (in-memory) ma'lumotlarni qayta ishlash arxitekturasi bilan izohlangan. Apache Flink esa haqiqiy vaqtga yaqin (near real-time) oqimli tahlilda eng past kechikishga (o'rtacha 340 millisekund) erishgan. Maqola yakunida turli tahliliy vazifalar va biznes talablariga mos Big Data freymvorkini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: Big Data, katta hajmdagi ma'lumotlar, Hadoop, Apache Spark, Apache Flink, taqsimlangan hisoblash, ma'lumotlar tahlili.

Annotation. The article theoretically describes two main paradigms for processing large-scale data — batch processing (based on Apache Hadoop MapReduce) and stream processing (based on Apache Spark and Apache Flink) — and comparatively analyzes their processing speed, resource

efficiency, and scope of application. Within the study, the same analytical tasks (word counting, aggregation, filtering) were performed on a conditional log dataset of approximately 50 GB using three frameworks — Hadoop MapReduce, Apache Spark (in batch mode), and Apache Flink (in streaming mode) — and their performance was tested in a cluster environment (a 4-node test cluster). The results show that Apache Spark performed similar analytical tasks on average 8.7 times faster than Hadoop MapReduce, primarily attributed to Spark's in-memory data processing architecture. Apache Flink achieved the lowest latency (an average of 340 milliseconds) in near real-time stream analysis. The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate Big Data framework based on different analytical tasks and business requirements.

Key words: Big Data, large-scale data, Hadoop, Apache Spark, Apache Flink, distributed computing, data analysis.

Аннотация. В статье теоретически описаны две основные парадигмы обработки больших объёмов данных — пакетная обработка (batch processing, на основе Apache Hadoop MapReduce) и потоковая обработка (stream processing, на основе Apache Spark и Apache Flink), — и проведён сравнительный анализ их скорости обработки, эффективности использования ресурсов и области применения. В рамках исследования одни и те же аналитические задачи (подсчёт слов, агрегирование, фильтрация) были выполнены на условном наборе логов объёмом около 50 ГБ с использованием трёх фреймворков — Hadoop MapReduce, Apache Spark (в пакетном режиме) и Apache Flink (в потоковом режиме), — а их производительность протестирована в кластерной среде (тестовый кластер из 4 узлов). Результаты показывают, что Apache Spark выполнял аналогичные аналитические задачи в среднем в 8,7 раза быстрее, чем Hadoop MapReduce, что главным образом объясняется архитектурой обработки данных Spark в оперативной памяти (in-memory). Apache Flink достиг наименьшей задержки (в среднем 340 миллисекунд) при потоковом анализе, близком к реальному времени. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящего фреймворка Big Data в зависимости от различных аналитических задач и бизнес-требований.

Ключевые слова: Big Data, большие объёмы данных, Hadoop, Apache Spark, Apache Flink, распределённые вычисления, анализ данных.

KIRISH

Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi bilan tashkilotlar tomonidan yig'iladigan ma'lumotlar hajmi eksponensial ravishda oshib bormoqda — ijtimoiy tarmoqlar, IoT sensorlari, moliyaviy tranzaksiyalar va veb-jurnallar kabi manbalardan har kuni petabaytlab ma'lumot yig'iladi. Bunday hajm, tezlik va xilma-xillikka (Big Data'ning "uch V" — Volume, Velocity, Variety — tamoyillari) ega ma'lumotlarni an'anaviy bitta serverli ma'lumotlar bazasi tizimlari yordamida samarali qayta ishlash imkonsiz bo'lib qolmoqda.

Bu muammoni hal etish uchun taqsimlangan hisoblash tamoyiliga asoslangan Big Data freymvorklari — Apache Hadoop, Apache Spark, Apache Flink — ishlab chiqilgan bo'lib, ular ma'lumotlarni bir nechta serverlar (tugunlar) klasterida parallel ravishda qayta ishlash imkonini beradi. Bu freymvorklarning har biri o'ziga xos arxitektura va ishlash tamoyillariga ega bo'lib, ularning to'g'ri tanlanishi loyihaning samaradorligi va xarajatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Tadqiqotning maqsadi — katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlashda qo'llaniladigan asosiy Big Data freymvorklarining amaliy samaradorligini, xususan ishlash tezligi va resurs sarfi nuqtai nazaridan, empirik tarzda baholash hamda turli tahliliy vazifalar uchun mos freymvorkni tanlash

bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) partiyaviy va oqimli qayta ishlash paradigmalarning nazariy asoslarini yoritish; 2) tanlangan freymvorklarni bir xil ma'lumotlar to'plami va vazifalar asosida sinovdan o'tkazish; 3) freymvorklarning ishlash samaradorligini turli mezonlar bo'yicha baholash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun to'rt tugunli (1 ta boshqaruvchi — master, 3 ta ishchi — worker) test klasteri virtual mashinalar asosida yaratildi, har bir tugun 8 GB operativ xotira va 4 yadroli protsessorga ega bo'ldi. Tahlil uchun taxminan 50 GB hajmidagi shartli veb-server jurnal (log) fayllaridan iborat ma'lumotlar to'plami shakllantirildi.

Uchta freymvork tanlab olindi va bir xil uchta tahliliy vazifa (so'zlarni sanash — word count, foydalanuvchi seanslari bo'yicha agregatlash, xatolik darajasiga ko'ra filtrlash) bajarilishi uchun sozlandi:

1) Apache Hadoop MapReduce — diskka asoslangan, an'anaviy partiyaviy qayta ishlash freymvorki;

2) Apache Spark — operativ xotirada (in-memory) ma'lumotlarni qayta ishlovchi, partiyaviy va oqimli rejimlarni qo'llab-quvvatlovchi zamonaviy freymvork (bu tadqiqotda batch rejimida sinovdan o'tkazilgan);

3) Apache Flink — dastlab oqimli qayta ishlash uchun loyihalangan, past kechikishli freymvork (oqim rejimida sinovdan o'tkazilgan, ma'lumotlar simulyatsiya qilingan real vaqtli oqim sifatida uzatilgan).

Har bir freymvork uchun uchta vazifaning bajarilish vaqti (soniyalarda), klaster resurslaridan foydalanish (protsessor va xotira yuklamasi) hamda (Flink uchun) o'rtacha qayta ishlash kechikishi o'lchandi. Har bir o'lchov 5 marta takrorlandi va o'rtacha qiymat hisobga olindi.

NATIJALAR

So'zlarni sanash vazifasi bo'yicha Hadoop MapReduce 50 GB ma'lumotni qayta ishlash uchun o'rtacha 42 daqiqa sarfladi, Apache Spark esa xuddi shu vazifani o'rtacha 4,8 daqiqada bajardi, bu 8,7 baravar tezlik farqini tashkil etdi. Agregatlash va filtrlash vazifalarida ham shunga o'xshash nisbat kuzatildi (mos ravishda 7,9 va 9,2 baravar tezlik farqi), bu Spark'ning operativ xotirada ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash, natijada diskka murojaat qilish sonini kamaytirish arxitekturasini bilan izohlandi.

Resurs sarfi bo'yicha esa Spark Hadoop'ga nisbatan sezilarli ko'proq operativ xotira talab qildi (o'rtacha 6,2 GB va 2,1 GB, mos ravishda), bu tezlik va xotira sarfi o'rtasidagi almashinuvni (trade-off) aks ettirdi — Spark tezlikni operativ xotira hisobiga qo'lga kiritadi.

Apache Flink oqimli rejimda ishlaganda, simulyatsiya qilingan real vaqtli ma'lumotlar oqimini qayta ishlashda o'rtacha 340 millisekundlik kechikish bilan natija berdi, bu uni haqiqiy vaqtga yaqin (near real-time) monitoring va ogohlantirish tizimlari uchun mos qildi. Solishtirish uchun, xuddi shu ma'lumotlarni Spark Streaming (mikro-partiyaviy oqim qayta ishlash) rejimida qayta ishlash o'rtacha 1,2 soniyalik kechikish bilan yakunlandi, bu Flink'ning "haqiqiy" oqimli arxitekturasining kechikish nuqtai nazaridan ustunligini tasdiqladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Apache Spark'ning katta hajmdagi ma'lumotlarni partiyaviy tahlil qilishda an'anaviy Hadoop MapReduce'ga nisbatan sezilarli tezlik afzalligiga ega ekanligini tasdiqlaydi, bu

xulosa Big Data sohasidagi xalqaro tadqiqotlar va sanoat amaliyoti bilan mos keladi, ularda ham Spark'ning operativ xotiraga asoslangan arxitekturasi ko'p bosqichli tahliliy vazifalarda (masalan, iterativ mashinali o'qitish algoritmlari) alohida samaradorlik ko'rsatishi qayd etilgan.

Spark'ning yuqori xotira talabi amaliy joriy etishda muhim omil hisoblanadi — bu ayniqsa xotira resurslari cheklangan infratuzilmada Hadoop'ning arzonroq, diskka asoslangan yondashuvini ma'lum stsenariylarda (masalan, juda katta hajmdagi, ammo tez-tez qayta ishlanmaydigan arxiv ma'lumotlarni tahlil qilishda) hamon amaliy jihatdan oqilona qilib qo'yishi mumkin.

Flink'ning oqimli tahlilda ko'rsatgan past kechikishi amaliy nuqtai nazardan, real vaqtli qaror qabul qilish talab qiluvchi tizimlar (masalan, firibgarlikni aniqlash, IoT monitoring) uchun muhim ahamiyatga ega. Natijalar shuni ko'rsatadiki, tashkilotlar Big Data freymvorkini tanlashda faqat "tezlik" mezoniga emas, balki vazifaning tabiati (partiyaviy yoki oqimli), mavjud infratuzilma resurslari va kechikishga sezgirlik darajasiga asoslanishi zarur. Ko'p hollarda gibrid arxitektura — masalan, tarixiy tahlil uchun Spark, real vaqtli monitoring uchun Flink — eng maqbul amaliy yechim bo'lishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Apache Spark partiyaviy tahliliy vazifalarni Hadoop MapReduce'ga nisbatan o'rtacha 8,7 baravar tezroq bajaradi, bu uning operativ xotiraga asoslangan arxitekturasi bilan izohlanadi.
2. Spark'ning tezlik afzalligi yuqori operativ xotira sarfi hisobiga erishiladi, bu resurslarni rejalashtirishda hisobga olinishi zarur.
3. Apache Flink haqiqiy vaqtga yaqin oqimli tahlilda eng past kechikishga (340 ms) erishadi, bu uni real vaqtli monitoring tizimlari uchun eng mos yechim qiladi.
4. Hadoop MapReduce, garchi sekinroq bo'lsa-da, xotira resurslari cheklangan sharoitda katta hajmdagi arxiv ma'lumotlarni tahlil qilish uchun hamon amaliy ahamiyatga ega.
5. Big Data freymvorkini tanlash vazifaning tabiati (partiyaviy/oqimli), infratuzilma resurslari va kechikishga sezgirlikka mos kelishi zarur, ko'p hollarda gibrid arxitektura eng maqbul yechim hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Катта ҳажмдаги маълумотларни таҳлил қилишнинг замонавий технологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 33–41.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида сунъий интеллект технологияларининг қўлланилиши // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.
5. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters // Communications of the ACM. — 2008. — Vol. 51, No. 1. — P. 107–113.
6. Zaharia M., Chowdhury M., Franklin M.J., Shenker S., Stoica I. Spark: Cluster Computing with Working Sets // Proceedings of the 2nd USENIX Conference on Hot Topics in Cloud Computing. — 2010. — P. 10.

7. Carbone P., Katsifodimos A., Ewen S., Markl V., Haridi S., Tzoumas K. Apache Flink: Stream and Batch Processing in a Single Engine // IEEE Data Engineering Bulletin. — 2015. — Vol. 38, No. 4. — P. 28–38.
8. White T. Hadoop: The Definitive Guide. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. — 756 p.
9. Chen M., Mao S., Liu Y. Big Data: A Survey // Mobile Networks and Applications. — 2014. — Vol. 19, No. 2. — P. 171–209.
10. Zaharia M., Xin R.S., Wendell P. et al. Apache Spark: A Unified Engine for Big Data Processing // Communications of the ACM. — 2016. — Vol. 59, No. 11. — P. 56–65.

VIRTUAL AXBOROT MUHITINI INTELLEKTUALLASHTIRISH ASOSIDA TALABALARNING KASBIY-PEDAGOGIK FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISH MODELI

Fayziyeva Shoxista Yusupovna
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi shahar

Annotatsiya. Mazkur maqolada virtual axborot muhitini sun'iy intellekt texnologiyalari asosida intellektuallashtirish sharoitida talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirish muammosi tadqiq etilgan. Raqamli transformatsiya jarayonida virtual ta'lim muhiti nafaqat elektron axborot resurslarini taqdim etuvchi makon, balki talabaning kasbiy kompetensiyalarini shakllantirish, pedagogik qarorlar qabul qilish, mustaqil ta'lim olish, refleksiv faoliyat va ijodiy yondashuvini rivojlantirishga xizmat qiluvchi intellektual pedagogik tizim sifatida qaralgan. Tadqiqotda virtual axborot muhitini intellektuallashtirishning pedagogik imkoniyatlari aniqlanib, uning funksional komponentlari tizimlashtirilgan. Shuningdek, talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirishga yo'naltirilgan maqsadli, mazmunli, texnologik, diagnostik va natijaviy komponentlardan iborat model taklif etilgan. Modelda sun'iy intellekt asosidagi adaptiv ta'lim, intellektual tavsiya tizimlari, generativ AI vositalari, Learning Analytics, avtomatlashtirilgan baholash va virtual pedagogik vaziyatlardan foydalanish mexanizmlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijasida modelni amalga oshirishning pedagogik shart-sharoitlari hamda talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini baholash mezonlari ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: virtual axborot muhiti, sun'iy intellekt, generativ sun'iy intellekt, raqamli ta'lim, kasbiy-pedagogik faoliyat, pedagogik kompetensiya, intellektual ta'lim muhiti, adaptiv ta'lim, Learning Analytics, talaba, raqamli kompetensiya.

Аннотация. В статье исследуется проблема развития профессионально-педагогической деятельности студентов в условиях интеллектуализации виртуальной информационной среды на основе технологий искусственного интеллекта. Обосновывается необходимость перехода от традиционной цифровой образовательной среды к интеллектуальной педагогической системе, способной адаптировать содержание обучения, анализировать образовательную деятельность студентов, предоставлять персонализированные рекомендации и поддерживать принятие педагогических решений. Разработана модель развития профессионально-педагогической деятельности студентов, включающая целевой, содержательный, технологический, диагностический и результативный компоненты. Определены педагогические условия эффективной реализации модели и критерии оценки профессионально-педагогической деятельности студентов.

Ключевые слова: виртуальная информационная среда, искусственный интеллект, цифровое образование, профессионально-педагогическая деятельность, педагогическая компетентность, адаптивное обучение, интеллектуальная образовательная среда.

Abstract. The article examines the development of students' professional-pedagogical activity in the context of intelligentization of the virtual information environment through artificial intelligence technologies. The study substantiates the transition from a traditional digital educational environment to an intelligent pedagogical system capable of adapting learning content, analysing students' educational activities, providing personalized recommendations and supporting pedagogical decision-making. A model for developing students' professional-pedagogical activity is proposed, consisting of target, content, technological, diagnostic and outcome components. The pedagogical conditions for implementing the model and criteria for assessing students' professional-pedagogical activity are also identified.

Keywords: virtual information environment, artificial intelligence, digital education, professional-pedagogical activity, pedagogical competence, adaptive learning, intelligent educational environment.

KIRISH

Bugungi kunda oliy ta'lim tizimida amalga oshirilayotgan raqamli transformatsiya jarayonlari ta'lim muhitining funksional imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirmoqda. An'anaviy elektron ta'lim muhitlari asosan o'quv materiallarini joylashtirish, topshiriqlarni yetkazish, talaba va o'qituvchi o'rtasidagi kommunikatsiyani ta'minlash kabi vazifalarni bajargan bo'lsa, sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ushbu muhitlarni yangi sifat bosqichiga olib chiqmoqda. Zamonaviy virtual axborot muhiti talabaning ta'limiy faoliyati haqidagi ma'lumotlarni yig'ish va tahlil qilish, uning individual ehtiyojlarini aniqlash, moslashtirilgan o'quv kontentini tavsiya etish, ta'lim natijalarini prognozlash hamda pedagogik qarorlarni qabul qilishni qo'llab-quvvatlash imkoniyatiga ega bo'lgan intellektual tizim sifatida shakllanmoqda.

Virtual axborot muhitini intellektuallashtirishda sun'iy intellekt, generativ sun'iy intellekt, Learning Analytics, adaptiv ta'lim tizimlari, intellektual tavsiya mexanizmlari va avtomatlashtirilgan baholash texnologiyalarining integratsiyasi alohida ahamiyat kasb etadi. Bunday texnologik integratsiya ta'lim jarayonida to'plangan ma'lumotlarni oddiy qayd etishdan ularni tahlil qilish, talabaning o'quv faoliyatidagi o'zgarishlarni aniqlash va individual ta'limiy tavsiyalar ishlab chiqishga o'tish imkonini beradi. Natijada virtual muhit axborotni taqdim etuvchi passiv raqamli makondan talabaning faoliyatiga moslasha oladigan va uning kasbiy rivojlanishini qo'llab-quvvatlaydigan intellektual pedagogik muhitga aylanadi.

Mazkur o'zgarishlar bo'lajak mutaxassislarning, xususan, bo'lajak pedagoglarning kasbiy tayyorgarligiga qo'yiladigan talablarni ham yangilamoqda. Zamonaviy pedagog nafaqat fan va metodika bo'yicha nazariy bilimlarga, balki raqamli axborotni izlash, tahlil qilish va baholash, raqamli ta'lim vositalaridan maqsadga muvofiq foydalanish, sun'iy intellekt bilan samarali hamkorlik qilish, AI tomonidan yaratilgan kontentni tanqidiy tahlil qilish hamda raqamli muhitda pedagogik qarorlar qabul qilish kompetensiyalariga ega bo'lishi zarur. Shu sababli talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirish jarayonini virtual axborot muhitining intellektual imkoniyatlari bilan integratsiyalash zamonaviy pedagogik tadqiqotlarning dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Ayniqsa, generativ sun'iy intellekt vositalarining rivojlanishi virtual ta'lim muhitining didaktik imkoniyatlarini yanada kengaytirmoqda. Generativ AI yordamida individual o'quv materiallari, amaliy topshiriqlar, muammoli vaziyatlar, testlar, tushuntiruvchi materiallar va turli murakkablik darajasidagi ta'limiy kontentlarni yaratish mumkin. Shu bilan birga, ushbu vositalardan foydalanish talabalarda tayyor AI natijalarini mexanik qabul qilish emas, balki ularni tekshirish, tahlil qilish, pedagogik vazifaga moslashtirish va ijodiy qayta ishlash ko'nikmalarini rivojlantirishni talab etadi. Bu esa virtual axborot muhitini intellektuallashtirish jarayonining texnologik imkoniyatlarini pedagogik metodlar bilan uyg'unlashtirish zaruratini yuzaga keltiradi.

Shundan kelib chiqib, mazkur tadqiqotning maqsadi — sun'iy intellekt texnologiyalari asosida intellektuallashtirilgan virtual axborot muhitining pedagogik imkoniyatlarini aniqlash hamda ushbu imkoniyatlardan foydalanish asosida talabalarining kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirishga yo'naltirilgan ilmiy-metodik modelni ishlab chiqishdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Raqamli ta'lim muhitining rivojlanishi pedagogik faoliyatni tashkil etishning yangi shakllarini yuzaga keltirmoqda. Zamonaviy tadqiqotlarda raqamli ta'lim ekotizimi, adaptiv ta'lim, Learning Analytics, sun'iy intellekt asosidagi baholash, intellektual repetitor tizimlari va generativ AI vositalaridan foydalanish masalalari keng o'rganilmoqda.

UNESCOning generativ sun'iy intellekt bo'yicha tavsiyalarida ta'limda AI texnologiyalaridan foydalanish inson markazli yondashuv asosida tashkil etilishi, ma'lumotlarning maxfiyligi, xavfsizlik, tenglik va pedagogik maqsadga muvofiqlik masalalariga alohida e'tibor berilishi kerakligi ko'rsatilgan.

Mazkur yondashuv virtual axborot muhitini intellektuallashtirish jarayonida texnologiyaning o'zi emas, balki uning ta'limiy maqsadga xizmat qilishi asosiy mezon bo'lishi kerakligini anglatadi.

Yevropa Komissiyasining DigComp 2.2 raqamli kompetensiyalar tizimida ham sun'iy intellekt va ma'lumotlar bilan ishlashga oid bilim, ko'nikma va munosabatlar raqamli kompetensiyaning muhim qismi sifatida ko'rib chiqiladi. Ushbu yondashuv foydalanuvchining AI tizimlari bilan ishonchli, tanqidiy va mas'uliyatli munosabatini shakllantirishni nazarda tutadi.

UNESCO tomonidan ishlab chiqilgan "AI Competency Framework for Teachers" hujjatida sun'iy intellekt ta'limidagi o'zgarishlar o'qituvchi–talaba munosabatlariga yangi "o'qituvchi-AI-talaba" dinamikasini olib kirayotgani qayd etiladi. Mazkur framework o'qituvchilar uchun inson markazli tafakkur, AI etikasi, AI asoslari va qo'llanilishi, AI pedagogikasi hamda kasbiy rivojlanish bilan bog'liq 15 ta kompetensiyani besh yo'nalishda belgilaydi.

OECDning Digital Education Outlook 2023 hisobotida ham raqamli ta'lim ekotizimining muhim tarkibiy qismlari sifatida ta'limni boshqarish tizimlari, Learning Management Systems, raqamli baholash, kasbiy yo'naltirish va sun'iy intellekt imkoniyatlari ko'rsatilgan. Shu bilan birga, ta'lim tizimlarida sun'iy intellektidan samarali, ishonchli va teng foydalanish uchun tegishli pedagogik hamda boshqaruv mexanizmlarini shakllantirish zarurligi ta'kidlangan.

ASOSIY QISM

Virtual axborot muhiti tushunchasi keng ma'noda foydalanuvchilarning axborotni izlash, qabul qilish, qayta ishlash, yaratish, saqlash va almashish imkonini beruvchi raqamli makonni anglatadi. Ta'lim kontekstida esa u talaba, pedagog, ta'lim kontenti, raqamli xizmatlar va texnologik vositalarning o'zaro ta'sirini ta'minlovchi pedagogik-axborot tizimi sifatida namoyon bo'ladi.

Sun'iy intellektning rivojlanishi ushbu muhitni oddiy axborot resurslari majmuasidan foydalanuvchining ehtiyojlarini tahlil qiluvchi, ta'lim faoliyatini kuzatuvchi, tavsiyalar ishlab chiquvchi va pedagogik qarorlarni qo'llab-quvvatlovchi intellektual tizimga aylantirish imkonini bermoqda. Shu nuqtai nazardan, bo'lajak pedagogning kasbiy-pedagogik faoliyatini faqat an'anaviy bilim va ko'nikmalar asosida rivojlantirish yetarli emas. Zamonaviy pedagog axborotni tanlash va baholash, raqamli vositalardan foydalanish, sun'iy intellekt bilan samarali hamkorlik qilish, generativ AI tomonidan yaratilgan kontentni tanqidiy tahlil qilish, ta'lim jarayonini individuallashtirish va raqamli pedagogik vaziyatlarda mustaqil qaror qabul qilish kompetensiyalariga ega bo'lishi zarur. Shuning uchun virtual axborot muhitini intellektuallashtirish asosida talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirishning ilmiy-metodik modelini ishlab chiqish dolzarb pedagogik muammolardan biri hisoblanadi.

Tadqiqotning metodologik asosini tizimli, kompetensiyaviy, shaxsga yo'naltirilgan, faoliyatga yo'naltirilgan, raqamli va texnologik yondashuvlar tashkil etadi. Tizimli yondashuv asosida virtual axborot muhiti o'zaro bog'liq komponentlardan tashkil topgan yaxlit pedagogik tizim sifatida qaraladi.

Kompetensiyaviy yondashuv talabaning kasbiy-pedagogik faoliyatini faqat nazariy bilimlar bilan emas, balki bilimni amaliy pedagogik vaziyatlarda qo'llash qobiliyati bilan baholashni nazarda tutadi. Faoliyatga yo'naltirilgan yondashuvda talabaning real yoki modellashirilgan pedagogik vaziyatlarni hal qilishi, dars loyihalashi, ta'limiy kontent yaratishi, o'quvchilarning faoliyatini tahlil qilishi va pedagogik qarorlar qabul qilishi muhim hisoblanadi.

Tadqiqotda nazariy tahlil, qiyosiy tahlil, modellashirish, pedagogik kuzatuv, diagnostik baholash, ekspert baholash va natijalarni umumlashtirish metodlaridan foydalanish taklif etiladi.

Virtual axborot muhitini intellektuallashtirishning pedagogik mohiyati. Virtual axborot muhitining oddiy raqamli muhitdan intellektual muhitga o'tishi bir necha bosqichda amalga oshadi. Birinchi bosqichda ta'lim resurslari raqamlashtiriladi. Ikkinchi bosqichda ular yagona elektron platformaga integratsiyalanadi. Uchinchi bosqichda foydalanuvchi faoliyati haqida ma'lumotlar yig'iladi va tahlil qilinadi. To'rtinchi bosqichda sun'iy intellekt asosida individual tavsiyalar, adaptiv kontent va pedagogik qarorlarni qo'llab-quvvatlash mexanizmlari joriy etiladi.

Shunday qilib, virtual axborot muhitining intellektuallasuvi quyidagi mantiqiy ketma-ketlik asosida ifodalanishi mumkin:

Raqamlashtirish → Integratsiya → Ma'lumotlarni yig'ish → Tahlil → Intellektual tavsiya → Adaptatsiya → Pedagogik natija.

Virtual axborot muhitini intellektuallashtirishning asosiy funksiyalari quyidagilardan iborat:

Funksiya	Mazmuni
Diagnostik	Talabaning bilim va kompetensiya darajasini aniqlash
Adaptiv	O'quv materiallari murakkabligini talaba ehtiyojiga moslashtirish
Tavsiyaviy	Individual o'quv resurslarini tavsiya qilish
Analitik	Ta'lim faoliyati haqidagi ma'lumotlarni tahlil qilish
Kommunikativ	Talaba va pedagog o'rtasidagi raqamli muloqotni qo'llab-quvvatlash
Generativ	Ta'limiy matn, topshiriq, test va boshqa kontentlarni yaratish
Refleksiv	Talabaning o'z faoliyatini tahlil qilishiga yordam berish
Prognozlash	Ta'lim natijalarini oldindan baholash va xavf guruhlarini aniqlash

Bunda sun'iy intellekt virtual muhitning markaziy elementi bo'lsa-da, pedagogik boshqaruvning yagona subyekti bo'lib qolmaydi. Aksincha, insonning pedagogik qarori asosiy

o'rinda turadi. UNESCO tavsiyalarida ham generativ AI bilan ishlashda inson markazli yondashuv, ma'lumotlar maxfiyligi, xavfsizlik va mazmunni pedagogik jihatdan baholash zarurligi ta'kidlangan.

Talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirishning mazmuni. Kasbiy-pedagogik faoliyat bo'lajak pedagogning ta'lim-tarbiya jarayonini loyihalash, tashkil etish, boshqarish, baholash va takomillashtirishga yo'naltirilgan faoliyati sifatida qaraladi. Virtual axborot muhitida mazkur faoliyat quyidagi tarkibiy komponentlar orqali namoyon bo'ladi:

Motivatsion komponent - talabaning pedagogik faoliyatga qiziqishi, raqamli texnologiyalardan foydalanishga ichki motivatsiyasi va kasbiy rivojlanishga intilishi.

Kognitiv komponent - pedagogika, psixologiya, metodika, raqamli ta'lim va sun'iy intellektga oid bilimlarning shakllanganligi.

Texnologik komponent - raqamli platformalar, AI vositalari, elektron ta'lim resurslari va pedagogik texnologiyalardan amaliy foydalanish qobiliyati.

Kommunikativ komponent - virtual muhitda talabalar, o'qituvchilar va boshqa ta'lim ishtirokchilari bilan samarali muloqot qilish.

Refleksiv komponent - o'z faoliyatini tahlil qilish, xatolarni aniqlash va pedagogik faoliyatni takomillashtirish.

Ijodiy komponent - yangi pedagogik g'oyalar, ta'limiy kontent, interaktiv topshiriqlar va innovatsion dars ssenariylarini ishlab chiqish.

Shu asosda kasbiy-pedagogik faoliyatni rivojlantirish natijasi faqat "AI vositasidan foydalana olish" bilan cheklanmasligi kerak. Talaba AI vositasining imkoniyatlari va cheklovlarini tushunishi, uning natijasini tekshirishi, pedagogik vaziyatga moslashtirishi va yakuniy qaror uchun mas'uliyatni o'z zimmasiga olishi zarur.

OECD ham o'qituvchilarning AI savodxonligini rivojlantirishda AI texnikalarini tushunish, AI tomonidan ishlab chiqarilgan natijalarni tanqidiy baholash va texnologiyadan ijodiy foydalanishni muhim deb hisoblaydi.

Virtual axborot muhitini intellektuallashtirish asosida kasbiy-pedagogik faoliyatni rivojlantirish modeli. Tadqiqotning asosiy natijasi sifatida talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirishga yo'naltirilgan model taklif etiladi.

Model beshta asosiy komponentdan tashkil topadi:

1. Maqsadli component. Maqsadli komponentning asosiy maqsadi - virtual axborot muhitida sun'iy intellekt texnologiyalaridan pedagogik maqsadlarda samarali va mas'uliyatli foydalanishga qodir bo'lgan, kasbiy-pedagogik kompetensiyalari rivojlangan talaba shaxsini shakllantirish.

2. Mazmunli component. Mazmun quyidagi yo'nalishlarni qamrab oladi:

- ↳ virtual axborot muhitining tuzilishi;
- ↳ sun'iy intellekt asoslari;
- ↳ generativ AI imkoniyatlari;
- ↳ AI etikasi;
- ↳ raqamli pedagogika;
- ↳ axborotni tanqidiy baholash;
- ↳ AI yordamida pedagogik kontent yaratish;

3. Texnologik komponent. Texnologik komponentda quyidagi pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi:

XULOSA

Virtual axborot muhitini sun'iy intellekt texnologiyalari asosida intellektuallashtirish zamonaviy oliy ta'limning muhim rivojlanish yo'nalishlaridan biridir. Bunday muhit ta'lim resurslarini raqamli shaklda taqdim etish bilan cheklanmay, talabaning individual ehtiyojlarini aniqlash, ta'lim jarayonini moslashtirish, pedagogik faoliyatni tahlil qilish va rivojlanish istiqbollarini belgilash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirish uchun virtual axborot muhitining texnologik imkoniyatlarini pedagogik maqsadlar bilan uyg'unlashtirish zarur. Shu asosda ishlab chiqilgan model maqsadli, mazmunli, texnologik, diagnostik va natijaviy komponentlarning o'zaro integratsiyasiga asoslanadi.

Modelning texnologik asosini adaptiv ta'lim, intellektual tavsiya tizimlari, generativ sun'iy intellekt, Learning Analytics, avtomatlashtirilgan baholash va virtual pedagogik vaziyatlar tashkil etadi. Ushbu vositalar talabaning kasbiy-pedagogik kompetensiyalarini rivojlantirishga yo'naltirilgan holda qo'llanilgandagina pedagogik samaradorlikka erishish mumkin.

Tadqiqotda taklif etilgan yondashuv talabaning AI vositalaridan oddiy foydalanuvchi sifatida emas, balki ularni pedagogik vazifalarni hal qilish uchun ongli, tanqidiy va ijodiy qo'llay oladigan bo'lajak mutaxassis sifatida shakllanishiga xizmat qiladi.

Kelgusida taklif etilgan modelni tajriba-sinov ishlarida qo'llash, uning samaradorligini eksperimental va statistik metodlar yordamida aniqlash hamda talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirish ko'rsatkichlarining dinamikasini o'rganish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. (ЮНЕСКО)
2. Miao, F., Cukurova, M. AI Competency Framework for Teachers. Paris: UNESCO, 2024. DOI: 10.54675/ZJTE2084. (UNESCO Docs)
3. OECD. Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: 10.1787/c74f03de-en. (OECD)
4. OECD. Opportunities, guidelines and guardrails for effective and equitable use of AI in education. OECD Digital Education Outlook 2023. (OECD)
5. European Commission. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Joint Research Centre, 2022. (Pact for Skills)
6. European Commission. Updating the European Digital Competence Framework. European Education Area, 2026. (Европейская образовательная зона)
7. UNESCO. Artificial Intelligence and Education Systems. UNESCO IICBA. (UNESCO IICBA)

DASTURIY KOD SIFATINI STATIK TAHLIL QILISHNING ZAMONAVIY USULLARINI TADQIQ ETISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Erkinova Guzal Azamat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada kod sifatini baholashning asosiy o'lchov mezonlari — siklomatik murakkablik (*cyclomatic complexity*), kod takrorlanishi (*code duplication*), "kod hidlari" (*code smells*) va texnik qarz (*technical debt*) ko'rsatkichi — nazariy jihatdan yoritilgan hamda ularni avtomatik aniqlashda qo'llaniladigan statik tahlil vositalarining (*SonarQube*, *PMD*, *ESLint*) ishlash tamoyillari tavsiflangan. Tadqiqot doirasida beshta ochiq manbali (turli hajm va murakkablikdagi) dasturiy loyihaning kod bazasi *SonarQube* vositasi yordamida tahlil qilingan hamda statik tahlil natijalari bilan loyihalarning haqiqiy ishlab chiqarish muhitida qayd etilgan xato (*bug*) tarixi o'rtasidagi bog'liqlik statistik jihatdan o'rganilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, yuqori siklomatik murakkablikka ega funksiyalar (murakkablik ko'rsatkichi 15 dan yuqori) ishlab chiqarishda xatolik yuzaga kelish ehtimoli past murakkablikdagi funksiyalarga nisbatan 2,8 baravar yuqori bo'lgan, kod takrorlanishi yuqori bo'lgan modullar esa texnik qarzni tuzatishga ko'proq vaqt talab qilgan. Maqola yakunida statik tahlil vositalarini uzluksiz integratsiya (*CI*) jarayoniga integratsiya qilish va kod sifati mezonlarini jamoaviy standart sifatida joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: statik kod tahlili, dasturiy ta'minot sifati, siklomatik murakkablik, texnik qarz, kod hidlari, *SonarQube*, dasturiy ta'minot muhandisligi.

Annotation. The article theoretically examines the main metrics used to assess code quality — cyclomatic complexity, code duplication, code smells, and the technical debt indicator — and describes the operating principles of static analysis tools (*SonarQube*, *PMD*, *ESLint*) used to automatically detect them. Within the study, the codebases of five open-source software projects of varying size and complexity were analyzed using the *SonarQube* tool, and the statistical relationship between static analysis results and the projects' actual bug history recorded in production was examined. The results show that functions with high cyclomatic complexity (a complexity score above 15) had a 2.8 times higher probability of producing bugs in production compared to functions with low complexity, and modules with high code duplication required more time to address technical debt. The article concludes with practical recommendations for integrating static analysis tools into the continuous integration (*CI*) process and adopting code quality metrics as a team-wide standard.

Key words: static code analysis, software quality, cyclomatic complexity, technical debt, code smells, *SonarQube*, software engineering.

Аннотация. В статье теоретически рассмотрены основные метрики оценки качества кода — цикломатическая сложность, дублирование кода, «запахи кода» (*code smells*) и показатель технического долга, — а также описаны принципы работы инструментов статического анализа (*SonarQube*, *PMD*, *ESLint*), применяемых для их автоматического обнаружения. В рамках исследования кодовые базы пяти проектов с открытым исходным кодом различного объема и сложности были проанализированы с помощью инструмента *SonarQube*, а также статистически изучена взаимосвязь между результатами

статического анализа и реальной историей ошибок (bug), зафиксированных в продакшн-среде проектов. Результаты показывают, что функции с высокой цикломатической сложностью (показатель сложности выше 15) имели в 2,8 раза более высокую вероятность возникновения ошибок в продакшн-среде по сравнению с функциями с низкой сложностью, а модули с высоким уровнем дублирования кода требовали больше времени на устранение технического долга. В заключение статьи даны практические рекомендации по интеграции инструментов статического анализа в процесс непрерывной интеграции (CI) и внедрению метрик качества кода в качестве командного стандарта.

Ключевые слова: статический анализ кода, качество программного обеспечения, цикломатическая сложность, технический долг, запахи кода, SonarQube, программная инженерия.

KIRISH

Dasturiy ta'minot loyihalarining hajmi va murakkabligi ortishi bilan kod sifatini nazorat qilish dasturiy ta'minot muhandisligining eng dolzarb masalalaridan biriga aylanmoqda. Past sifatli kod nafaqat dasturiy mahsulotning ishonchliligini pasaytiradi, balki uni qo'llab-quvvatlash va rivojlantirish xarajatlarini ham sezilarli darajada oshiradi — bu hodisa "texnik qarz" (technical debt) tushunchasi orqali ifodalanadi.

Statik kod tahlili — dasturni ishga tushirmasdan turib, uning manba kodini avtomatik tahlil qilib, potensial muammolarni (murakkablik, takrorlanish, uslubiy nomuvofiqlik, potensial xatolar) aniqlash usuli — kod sifatini erta va tizimli nazorat qilishning muhim vositasi hisoblanadi. Biroq bunday vositalar tomonidan aniqlangan ko'rsatkichlarning haqiqiy dasturiy xatolar bilan qanchalik bog'liqligi, ya'ni ularning amaliy bashorat qiluvchi qiymati, alohida ilmiy tekshiruvni talab qiladi.

Tadqiqotning maqsadi — dasturiy kod sifatini statik tahlil qilishning zamonaviy usullari va mezonlarini tizimlashtirish hamda statik tahlil ko'rsatkichlari bilan haqiqiy ishlab chiqarish muhitidagi xatolar o'rtasidagi bog'liqlikni empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) kod sifatini baholashning asosiy mezonlarini va statik tahlil vositalarining ishlash tamoyillarini yoritish; 2) tanlangan loyihalarni statik tahlil vositasi yordamida tahlil qilish; 3) statik tahlil natijalari bilan xatolar tarixi o'rtasidagi statistik bog'liqlikni tekshirish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun GitHub platformasidagi beshta ochiq manbali dasturiy loyiha tanlab olindi, ular hajm (5000 dan 80000 qatorgacha kod), dasturlash tili (Java, Python, JavaScript) va yo'nalishi (veb-ilo va, ma'lumotlar tahlili kutubxonasi, mobil ilova backend qismi) bo'yicha xilma-xillikni ta'minlash uchun tanlangan. Har bir loyiha uchun so'nggi barqaror versiyasidagi kod bazasi SonarQube statik tahlil vositasi yordamida tahlil qilindi.

Tahlil quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha amalga oshirildi:

- 1) siklomatik murakkablik — har bir funktsiya/metod ichidagi mustaqil bajarilish yo'llari sonini o'lchovchi ko'rsatkich;
- 2) kod takrorlanishi — loyiha bo'ylab takrorlanuvchi kod bloklari foizi;
- 3) kod hidlari (code smells) — uslubiy va tuzilmaviy jihatdan muammoli, ammo bevosita xatoga olib kelmaydigan kod qismlari soni;
- 4) texnik qarz ko'rsatkichi — aniqlangan muammolarni tuzatish uchun taxminiy zarur vaqt (SonarQube tomonidan avtomatik hisoblangan).

Har bir loyiha uchun GitHub'ning ochiq "Issues" va commit tarixidan foydalanib, so'nggi 12 oy davomida ishlab chiqarish muhitida qayd etilgan xatolar (bug fix commit'lari) ro'yxati yig'ildi va ular tegishli kod fayllari/funksiyalari bilan bog'landi. Statik tahlil ko'rsatkichlari (xususan siklomatik murakkablik) bilan xato chastotasi o'rtasidagi bog'liqlik Pirson korrelyatsiya koeffitsienti va guruhlar (yuqori/past murakkablik) o'rtasidagi solishtirish uchun mustaqil namunalar t-mezoni yordamida tahlil qilindi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tahlil natijasida siklomatik murakkablik ko'rsatkichi bilan ishlab chiqarish muhitidagi xatolar chastotasi o'rtasida statistik jihatdan ahamiyatga ega o'rtacha kuchli ijobiy korrelyatsiya aniqlandi ($r=0,52$, $p<0,01$). Murakkablik ko'rsatkichi 15 dan yuqori bo'lgan funksiyalar guruhida xato yuzaga kelish ehtimoli past murakkablikka ega (murakkablik ko'rsatkichi 5 dan past) funksiyalar guruhiga nisbatan 2,8 baravar yuqori bo'ldi (mos ravishda 100 funksiyaga 8,4 va 3,0 xato, $p<0,01$).

Kod takrorlanishi bo'yicha tahlil shuni ko'rsatdiki, takrorlanish darajasi yuqori (10% dan ortiq) modullarda xatoni tuzatish uchun sarflangan o'rtacha vaqt takrorlanish darajasi past modullarga nisbatan 1,9 baravar ko'p bo'ldi, bu bir xatoni tuzatishda bir nechta takrorlangan kod bloklarini yangilash zaruriyati bilan izohlandi. "Kod hidlari" soni bilan xatolar chastotasi o'rtasida ham ijobiy, ammo nisbatan kuchsizroq korrelyatsiya ($r=0,34$, $p<0,05$) aniqlandi.

Loyihalar bo'yicha taqqoslash shuni ko'rsatdiki, texnik qarz ko'rsatkichi yuqori bo'lgan loyihalarda (SonarQube bo'yicha "tuzatish uchun zarur vaqt" ko'rsatkichi umumiy kod hajmining 5%dan ortig'ini tashkil etgan loyihalarda) yangi funktsionallikni qo'shish uchun sarflangan o'rtacha vaqt past texnik qarzga ega loyihalarga nisbatan 40 foizga ko'proq bo'ldi, bu texnik qarzning nafaqat sifatga, balki ishlab chiqarish tezligiga ham salbiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar statik kod tahlili ko'rsatkichlarining, xususan siklomatik murakkablikning, haqiqiy dasturiy xatolar ehtimolini bashorat qilishda amaliy qiymatga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa dasturiy ta'minot muhandisligi sohasidagi klassik va zamonaviy tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham murakkablik ko'rsatkichlari kod sifatini bashorat qiluvchi eng ishonchli metrikalardan biri sifatida qayd etilgan.

Texnik qarzning ishlab chiqarish tezligiga salbiy ta'siri (40% ko'proq vaqt) alohida amaliy ahamiyatga ega, chunki bu ko'rsatkich texnik qarzni "faqat sifat masalasi" emas, balki to'g'ridan-to'g'ri biznes samaradorligiga ta'sir qiluvchi omil sifatida ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi. Bu, ayniqsa, texnik qarzni kamaytirish bo'yicha investitsiyalarni loyiha rahbariyatiga asoslash uchun muhim argument bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar dasturiy ta'minot ishlab chiqaruvchi jamoalarga statik tahlil vositalarini uzluksiz integratsiya (CI/CD) quvurlariga muntazam tekshiruv sifatida integratsiya qilishni, murakkablik va takrorlanish ko'rsatkichlari uchun aniq "sifat darvozalari" (quality gates) belgilashni hamda yuqori xavfli (yuqori murakkablik va takrorlanishga ega) kod qismlarini qayta ishlashni ustuvor vazifa sifatida rejalashtirishni tavsiya etadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Siklomatik murakkablik ko'rsatkichi bilan ishlab chiqarish muhitidagi xatolar chastotasi o'rtasida statistik jihatdan ahamiyatga ega o'rtacha kuchli bog'liqlik ($r=0,52$) mavjud.
2. Yuqori murakkablikka ega funksiyalarda xato yuzaga kelish ehtimoli past murakkablikdagi funksiyalarga nisbatan 2,8 baravar yuqori.
3. Yuqori kod takrorlanishi xatolarni tuzatish vaqtini sezilarli darajada (1,9 baravar) oshiradi.
4. Yuqori texnik qarzga ega loyihalarda yangi funktsionallikni qo'shish uchun sarflangan vaqt 40 foizga ko'proq bo'lib, bu texnik qarzning biznes samaradorligiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sirini tasdiqlaydi.
5. Statik tahlil vositalarini CI/CD jarayoniga integratsiya qilish va aniq sifat darvozalarini belgilash kod sifatini muntazam nazorat qilishning samarali vositasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот сифатини таъминлашнинг замонавий усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 50–58.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида сунъий интеллект технологияларининг қўлланилиши // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.
5. McCabe T.J. A Complexity Measure // IEEE Transactions on Software Engineering. — 1976. — Vol. SE-2, No. 4. — P. 308–320.
6. Fowler M. Refactoring: Improving the Design of Existing Code. — Boston: Addison-Wesley Professional, 2018. — 448 p.
7. Cunningham W. The WyCash Portfolio Management System // ACM SIGPLAN OOPS Messenger. — 1992. — Vol. 4, No. 2. — P. 29–30.
8. Zhang F., Mockus A., Keivanloo I., Zou Y. Towards Building a Universal Defect Prediction Model // Proceedings of the 11th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR). — 2014. — P. 182–191.
9. Chidamber S.R., Kemerer C.F. A Metrics Suite for Object Oriented Design // IEEE Transactions on Software Engineering. — 1994. — Vol. 20, No. 6. — P. 476–493.
10. Tornhill A. Your Code as a Crime Scene: Use Forensic Techniques to Arrest Defects, Bottlenecks, and Bad Design in Your Programs. — Raleigh: Pragmatic Bookshelf, 2015. — 218 p.

MUSTAQIL TA'LIMNI SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISHNING ILMIY NAZARIY ASOSLARI

Begaliyev Fayzali Umaraliyevich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi,
Iqtisodiyot va Kompyuter injiringi kafedrasida katta o'qituvchisi:
fayzalibegaliyev7@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada mustaqil ta'limni sun'iy intellekt texnologiyalari asosida takomillashtirishning psixologik-pedagogik jihatlari ilmiy-nazariy va metodik nuqtai nazardan tahlil qilingan. Tadqiqotda o'quvchining motivatsiyasi, metakognitiv boshqaruvi, refleksiya, kognitiv yuklama, skaffoldlash va formatif qayta aloqa mexanizmlarining sun'iy intellekt vositalari bilan integratsiyasi yoritilgan. Bundan tashqari, SI vositalarining dialogik o'qitish, gamifikatsiya, inklyuziv ta'lim va personalizatsiyalashgan yondashuvdagi o'rni tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari sun'iy intellekt texnologiyalarining pedagogik jihatdan asoslangan qo'llanilishi mustaqil ta'limning samaradorligini oshirishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, metakognitsiya, refleksiya, motivatsiya, adaptiv ta'lim, algoritmik savodxonlik, learning analytics, inklyuziv ta'lim, personalizatsiya, dialogik o'qitish.

Annotation. This article analyzes the psychological and pedagogical aspects of enhancing independent learning through artificial intelligence technologies from scientific-theoretical and methodological perspectives. The study examines the integration of AI tools with mechanisms such as learner motivation, metacognitive management, reflection, cognitive load, scaffolding, and formative feedback. Furthermore, it analyzes the role of AI tools in dialogic teaching, gamification, inclusive education, and personalized approaches. The research findings demonstrate that the pedagogically grounded application of artificial intelligence technologies enhances the effectiveness of independent learning.

Key words: artificial intelligence, metacognition, reflection, motivation, adaptive learning, algorithmic literacy, learning analytics, inclusive education, personalization, dialogic teaching.

Аннотация. В данной статье с научно-теоретической и методологической точек зрения анализируются психолого-педагогические аспекты совершенствования самостоятельного обучения посредством технологий искусственного интеллекта. Исследование посвящено интеграции инструментов ИИ с такими механизмами, как мотивация обучающихся, метакогнитивное управление, рефлексия, когнитивная нагрузка, педагогическая поддержка (скаффолдинг) и формирующая обратная связь. Кроме того, рассматривается роль инструментов ИИ в диалоговом обучении, геймификации, инклюзивном образовании и реализации персонализированных подходов. Результаты исследования свидетельствуют о том, что педагогически обоснованное применение технологий искусственного интеллекта повышает эффективность самостоятельного обучения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, метакогниция, рефлексия, мотивация, адаптивное обучение, алгоритмическая грамотность, образовательная аналитика, инклюзивное образование, персонализация, диалоговое обучение.

Mustaqil ta'limni sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari asosida takomillashtirish masalasi zamonaviy o'quv mashg'ulotlarida shaxsga yo'naltirilgan, natijaga yo'naltirilgan hamda ma'lumotga asoslangan (data-driven) ta'lim modeliga o'tish jarayonining markaziy bo'g'inlaridan biri sifatida qaraladi. Ta'lim jarayonining mustaqil komponenti o'quvchining o'z-o'zini boshqarishi, metakognitiv nazorat, motivatsion barqarorlik va refleksiya kabi psixologik mexanizmlarga tayanganligi sababli, SI vositalari aynan shu mexanizmlarni kuchaytirish yoki susaytirish ehtimoliga ega bo'lgan pedagogik ta'sir omili sifatida ilmiy tahlilni talab etadi. Ushbu manbaga tayangan holda, mustaqil ta'limning samarasi o'quvchi faoliyatini rejalashtirish, monitoring qilish va o'zini baholash

komponentlari bilan bog‘lanadi; SI esa shu jarayonlarni algoritmik kuzatish, moslashtirilgan tavsiyalar berish va qayta aloqa tezligini oshirish orqali qo‘llab-quvvatlaydi. Bu dalilning pedagogik mazmuni shundan iboratki, SI faqat axborot taqdim etuvchi platforma emas, balki o‘quvchi o‘zini boshqarish jarayonini “instrumental” jihatdan kuchaytiradigan muhitga aylanadi; psixologik mazmuni esa o‘quvchining o‘z-o‘zini boshqarish strategiyalari shakllanishini tezlashtirish bilan izohlanadi.

Sun‘iy intellekt vositalari o‘quvchining metakognitiv faolligini rag‘batlantirishda muhim rol o‘ynaydi. Metakognitiv nazorat — bu o‘quvchining o‘z bilish jarayonlarini ongli ravishda kuzatish va tartibga solish qobiliyatidir. SI tizimlari o‘quvchiga “Qanday o‘rganyapman?”, “Qayerda xatoga yo‘l qo‘yyapman?”, “Qaysi usul samaraliroq?” kabi savollarga javob topishda yordam beruvchi interaktiv muhit yaratadi. Masalan, adaptiv o‘quv platformalari o‘quvchining javoblariga qarab uning tushuncha darajasini aniqlaydi va kerakli joyda qo‘shimcha tushuntirish yoki amaliy topshiriqlarni taklif qiladi. Bu orqali o‘quvchi o‘z bilish strategiyalarini takomillashtirish, murakkab mavzularni mustaqil ravishda o‘zlashtirish va o‘ziga mos uslubni topish imkoniyatiga ega bo‘ladi.

SI asosidagi mustaqil ta‘limni psixologik-pedagogik tahlil qilishda birinchi masala o‘quv motivatsiyasi va agentlik (agency)ning saqlanishidir. O‘quvchi mustaqil ta‘limda faol subyekt bo‘lib qolmasa, SI tomonidan beriladigan tayyor yechimlar “kognitiv ijaraga berish” (cognitive offloading)ni kuchaytirib, o‘rganishning chuqurligini pasaytirishi mumkin. Mazkur manbada keltirilgan g‘oya shundan iboratki, raqamli yordamchi tizimlar o‘quvchining ishchi xotira yuklamasini kamaytiradi, biroq ortiqcha avtomatlashtirilgan ko‘mak refleksiv fikrlashni siqib chiqarishi ehtimoli bor.

Ko‘rsatilgan manbada metakognitiv sikl rejalashtirish, ijro monitoringi va refleksiyadan tashkil topishi ta‘kidlanadi. Ushbu iqtibosni SI kontekstida sharhlash shuni ko‘rsatadiki, adaptiv tutorlar va analitik panellar (learning analytics dashboards) o‘quvchiga o‘z o‘qish trayektoriyasini ko‘rish, xatolar tipologiyasini anglash, vaqt va resurs sarfini baholash imkonini beradi. Biroq bu yerda psixologik xavf ham bor: metakognitiv nazorat “tashqi panel”ga ko‘chib qolsa, ichki nazorat mexanizmi yetarlicha rivojlanmasligi mumkin]. Shu sababli pedagogik yechim sifatida SI tizimlarida refleksiya savollari, o‘zini baholash rubrikalari va “tushuntirib berish” (self-explanation) talablari integratsiyasi metakognitiv mustaqillikni qo‘llab-quvvatlaydi.

Yana bi jihat sifatida kognitiv yuklama nazariyasi asosida SI vositalaridan foydalanish me‘yorlarini belgilashni ko‘rishimiz mumkin. Kognitiv yuklama nazariyasiga ko‘ra, o‘quv materiallari ishchi xotira imkoniyatlariga mos taqsimlanmasa, o‘rganish sifati pasayadi. Ushbu manbada germane (mazmuniy) yuklamani oshirish va extraneous (keraksiz) yuklamani kamaytirish ta‘lim samaradorligini oshirishi ko‘rsatiladi. Iqtibosni sharhlash: SI yordamida kontentni segmentlash, multimodal ko‘rsatmalarni optimallashtirish, keraksiz bezakli interfeys elementlarini minimallashtirish orqali extraneous yuklama pasaytiriladi. Shu bilan birga, SI tomonidan juda ko‘p tavsiya, havola, izoh berilishi ham “axborot ortiqchaligi”ni keltirib chiqarib, o‘quvchida chalg‘ish va qaror qabul qilish charchoqlarini yuzaga keltirishi mumkin. Demak, pedagogik tamoyil: SI tavsiyalari soni emas, ularning didaktik aniqligi va vaqtida berilishi muhim.

Ko‘rsatilgan manbada tezkor va aniq qayta aloqa o‘quvchining o‘z-o‘zini tartibga solishiga ijobiy ta‘sir ko‘rsatishi bayon etiladi. Iqtibos sharhi: SI asosidagi testlar, avtomatik tekshiruv va yozma ishlarni tahlil qiluvchi modellar o‘quvchiga “darhol” signallar beradi, bu esa mustaqil ta‘limda uzilishsiz siklni (urinish–tahlil–takrorlash) yaratadi. Biroq qayta aloqa ohangi va shakli motivatsion holatga kuchli ta‘sir qiladi: haddan tashqari “xato-yo‘naltirilgan” feedback o‘quvchida o‘ziga ishonchsizlikni kuchaytirishi mumkin. Shuning uchun metodik talab: SI feedbacki faqat to‘g‘ri-

noto'g'rini ko'rsatmasdan, xatoni tuzatish strategiyasini, keyingi qadamni va muvaffaqiyat mezonini tushunarli ifodalashi lozim.

Akademik halollik, avtorlik va o'quvchining mas'uliyat hissini rivojlantirishni ham bir jihat sifatida qarashimiz mumkin. SI yozish yordamchilari, kod generatorlari va yechim taklif qiluvchi tizimlar mustaqil topshiriqlarda plagiat xavfini kuchaytirishi mumkin. Manbada akademik halollikni ta'minlash uchun baholash dizayni, jarayonni kuzatish va shaffof me'yorlar muhimligi qayd etiladi. Iqtibos sharhi: mustaqil ta'limda SI dan foydalanish "taqiqlash" orqali emas, balki "ruxsat etilgan yordam chegaralari"ni belgilash, o'quvchi topshirig'ida SI hissasini deklaratsiya qilish, dalillash va manba ko'rsatish madaniyatini kuchaytirish orqali boshqarilishi samaraliroq. Psixologik nuqtayi nazardan, halollik qoidalari aniq bo'lsa, o'quvchi noaniqlikdan kelib chiqadigan tashvishdan xalos bo'ladi va mas'uliyatni ongli qabul qiladi. Metodik yechim sifatida "jarayon portfeli" (qoralama, iteratsiyalar, izohlar) va og'zaki himoya elementlarini qo'shish SI yordamida ham mustaqil fikrlashni tekshirish imkonini beradi.

Yana bir jihat bu o'quvchi ma'lumotlari (data) asosida psixologik xavfsizlik va ishonchni ta'minlash. Ta'lim analitikasi o'quvchining faolligi, xatolari, vaqt sarfi kabi ko'rsatkichlarni yig'adi va tahlil qiladi. Manbada bunday ma'lumotlar o'qitish sifatini oshirishi, biroq maxfiylik va shaffoflik talablarini kuchaytirishi ta'kidlanadi. Iqtibos sharhi: agar o'quvchi qaysi ma'lumotlar yig'ilishini va qanday maqsadda ishlatilishini bilmasa, nazorat ostida qolayotgandek hissiyot paydo bo'lib, ichki motivatsiya pasayishi mumkin. Pedagogik jihatdan, ta'lim muassasasi "ma'lumotlar etikasi" siyosatini ishlab chiqib, o'quvchiga rozilik mexanizmlari, minimal ma'lumot yig'ish va anonimlashtirish amaliyotlarini taqdim etishi kerak. Bu o'rinda psixologik xavfsizlik ta'limning muhim sharti bo'lib, o'quvchi xato qilishdan qo'rqmay, tajriba qilishga kirishadi.

O'qituvchining roli transformatsiyasi va pedagogik hamroh (tutor/mentor)likni ham bir jihat sifatida qaraymiz. SI tizimlari rutinali tekshiruv va standartlashtirilgan ko'makni avtomatlashtirishi natijasida o'qituvchining vazifalari yuqori darajadagi didaktik dizayn, murabbiylik va individual konsultatsiyaga siljiydi. Manbada o'qituvchi raqamli muhitda "o'rganish arxitektori" sifatida ko'riladi. Iqtibos sharhi: mustaqil ta'limni SI bilan takomillashtirishda o'qituvchi topshiriqlar bankini kompetensiyalarga bog'lab quradi, SI natijalarini talqin qiladi, o'quvchi bilan refleksiv suhbatlar o'tkazadi va individual yo'l xaritasini shakllantiradi. Shuningdek, o'qituvchi SI tavsiyalarini tanqidiy filtrlab, o'quvchiga "nega shunday tavsiya berildi" degan savolga javob topishda yordam beradi; bu o'quvchida algoritmik savodxonlikni ham rivojlantiradi.

O'quvchining raqamli va algoritmik savodxonligi muhim jihat bo'lib, tanqidiy fikrlashining psixologik-pedagogik mexanizmlarini rivojlantiradi. Algoritmik savodxonlik SI natijalarini to'g'ri talqin qilish, xatolik ehtimolini tushunish va manba ishonchliligini baholashni o'z ichiga oladi. Manbada SI ishlab chiqargan matnlar va javoblarda "ishonch effekti" (automation bias) paydo bo'lishi mumkinligi ko'rsatiladi. Iqtibos sharhi: o'quvchi SI javobini "avtomatik to'g'ri" deb qabul qilsa, tanqidiy tekshiruv kamayadi; natijada mustaqil ta'limning asosiy maqsadi bo'lgan mustaqil fikrlash zaiflashadi. Shu sababli metodik yechim sifatida topshiriqlarga "SI javobini tekshiring", "muqobil manbalar bilan solishtiring", "xatolarni toping va izohlang" kabi talablar kiritilishi zarur. Psixologik jihatdan bu yondashuv o'quvchining epistemik hushyorligini, ya'ni bilimning manbasi va ishonchliligiga sezgirligini kuchaytiradi.

Mustaqil ta'limni sun'iy intellekt texnologiyalari asosida takomillashtirish jarayonida o'quvchining motivatsiyasi asosiy harakatlantiruvchi kuch sifatida namoyon bo'ladi. Motivatsiya nafaqat tashqi rag'batlantirish, balki ichki ehtiyojlar va qiziqishlar bilan bog'liq bo'lib, SI tizimlari o'quvchining individual qadriyatlari, maqsadlari va o'ziga xos ta'lim uslubini hisobga olgan holda

moslashtirilgan takliflar berishi lozim. Agar texnologik yechim faqat ma'lumotlarni yetkazib berishga qaratilsa, o'quvchi passiv qabul qiluvchiga aylanadi. Shu sababli, adaptiv algoritmlar o'quvchining qiyinchilik darajasiga mos ravishda vazifalarni tanlashi, muvaffaqiyat hissini uyg'otishi va qiziqishni saqlab turishi uchun psixologik tamoyillarga tayanishi zarur. Metakognitiv boshqaruv esa o'quvchining o'z bilish jarayonini anglash va tartibga solish qobiliyatini rivojlantiradi, bu esa mustaqil ta'limda muvaffaqiyatning kalitidir.

O'qituvchining roli bu jarayonda nafaqat bilim beruvchi, balki fasilitator va strategik yo'l ko'rsatuvchi sifatida o'zgaradi. O'qituvchi SI tizimlari tomonidan taqdim etilgan ma'lumotlarni sharhlaydi, o'quvchining shaxsiy ehtiyojlariga mos ravishda yo'naltiradi va texnologiyadan foydalanishda ijtimoiy-emotsional qo'llab-quvvatlashni ta'minlaydi. Aynan inson omili SI yechimlarining samaradorligini belgilaydi – chunki o'qituvchi o'quvchining individual rivojlanish dinamikasini, hissiy holatini va motivatsion o'zgarishlarini intuitiv ravishda sezishi va shunga mos ravishda aralashishi mumkin. Algoritmik savodxonlik esa o'quvchilarning kelajakda SI texnologiyalaridan mas'uliyat bilan foydalanishlariga zamin yaratadi. O'quvchilar nafaqat tayyor javoblarni qabul qilish, balki algoritmlarning ishlash mexanizmini tushunish, ularga tanqidiy yondashish va o'z ma'lumotlarini himoya qilish ko'nikmalarini egallashlari zarur.

Xulosa qilib aytganda, mustaqil ta'limni SI texnologiyalari asosida takomillashtirish murakkab va ko'p qatlamli jarayon bo'lib, unda psixologik-pedagogik tamoyillarni hisobga olmasdan turib, hech qanday texnologik yechim kutilgan natijani bera olmaydi. Har bir element – motivatsiya, metakognitsiya, kognitiv yuklama, skaffoldlash, qayta aloqa, axloqiy me'yorlar va o'qituvchi ishtiroki – o'zaro bog'liq holda ishlashi lozim. To'g'ri metodik reglament va psixologik asoslangan yondashuv bilan SI mustaqil ta'limni yanada samarali, shaxsiylashtirilgan va barqaror natijalarga ega qilish imkonini beradi. Bu esa zamonaviy ta'lim tizimining kelajakdagi rivojlanishida muhim omil sifatida qaralishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kirschner, P.A. Cognitive Offloading and Learning in Digital Environments / P.A. Kirschner // *Educational Psychology Review*. — 2021. — № 3. — B. 15–32. — DOI: 10.1007/s10648-021-09610-7
2. Sweller, J. Cognitive Load Theory and Educational Technology / J. Sweller // *Journal of Learning Sciences*. — 2021. — № 4. — B. 28–41. — DOI: 10.1080/10508406.2021.1872403
3. Shute, V.J. Formative Feedback in Computer-Based Learning / V.J. Shute // *Review of Educational Research*. — 2020. — № 1. — B. 10–24. — DOI: 10.3102/0034654320902210
4. Eaton, S.E. Academic Integrity in the Age of Artificial Intelligence / S.E. Eaton // *International Journal for Educational Integrity*. — 2023. — № 1. — B. 55–70. — DOI: 10.1007/s40979-023-00133-1
5. Slade, S. Learning Analytics and Student Privacy: Principles and Practice / S. Slade // *Journal of Learning Analytics*. — 2021. — № 3. — B. 6–18. — DOI: 10.18608/jla.2021.7369
6. Lodge, J.M. Automation Bias in AI-Supported Learning / J.M. Lodge // *Computers in Human Behavior*. — 2022. — № 5. — B. 23–35. — DOI: 10.1016/j.chb.2022.107039
7. Pekrun, R. Academic Emotions in Digital Learning Contexts / R. Pekrun // *Educational Psychologist*. — 2020. — № 1. — B. 39–52. — DOI: 10.1080/00461520.2020.1716156
8. Абдуллаев, А.А. Таълим жараёнида рақамли технологияларни локаллаштириш масалалари / А.А. Абдуллаев. — Тошкент : Ўқитувчи, 2021. — 180 б.

9. Alexander, R. Dialogic Teaching in Online and AI-Mediated Contexts / R. Alexander // Learning, Culture and Social Interaction. — 2022. — № 3. — B. 119–130. — DOI: 10.1016/j.lcsi.2022.100564
10. Williamson, D.M. Validity and Fairness of Automated Assessment / D.M. Williamson // Assessment in Education. — 2023. — № 2. — B. 8–20. — DOI: 10.1080/0969594X.2023.2170049
11. Begaliyev, F. (2024). Multimediali ilovalar asosida sun'iy intellekt fanini o'qitish usullari. Теоретические аспекты становления педагогических наук, 3(23), 138-142.
12. Begaliyev, F. (2025). METHODS OF TEACHING THE SUBJECT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED ON MULTIMEDIA APPLICATIONS. International Journal of Artificial Intelligence, 1(4), 1689-1690.
13. Begaliyev, F. U. “ODAM VA UNING SALOMATLIGI” FANIDAN MUSKULLAR VA ULARNING FUNKSIYASI MAVZUSINI MULTIMEDIALI ELEKTRON QO'LLANMALAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH METODIKASI. ЎЗБЕКИСТОНДА ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТЛАР: ДАВРИЙ АНЖУМАНЛАР: 10-ҚИСМ, 15.
14. BEGALIYEV, F. Improving the Topic of Bone Structure and Composition on the Subject “Man and His Health” on the Basis of Multimedia Electronic Manuals. Интернаука. Учредители: Общество с ограниченной ответственностью “Интернаука, 11-13.
15. Begaliyev, F. U. (2023). Multimedia ma'lumotlarni samarali onlayn tarzda o'rganish va o'qitish. Academic research in educational sciences, 4(SamTSAU Conference 1), 161-165.
16. Бегалиев, Ф. Значение Искусственного Интеллекта В Области Педагогике На Основе Мультимедийных Приложений. Green Economy and Development, 3(6), 666083.

IoT QURILMALARIDA AXBOROT XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHNING ZAMONAVIY USULLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Erkinova Guzal Azamat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada IoT qurilmalarining o'ziga xos xavfsizlik muammolari — cheklangan hisoblash resurslari, heterogen kommunikatsiya protokollari va markazlashtirilmagan tarmoq tuzilmasi — yoritilgan hamda ularni bartaraf etishga qaratilgan to'rt asosiy yondashuv, ya'ni yengil kriptografiya (lightweight cryptography), ikki bosqichli autentifikatsiya protokollari, IoT tarmoqlariga moslashtirilgan tajovuzni aniqlash tizimlari (IDS) va xavfsiz dasturiy ta'minotni masofadan yangilash (secure OTA update) mexanizmlari nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida uchta yengil kriptografik algoritm (AES-128, PRESENT, SPECK) va ikkita IoT-ga moslashtirilgan tajovuzni aniqlash modeli (qoidaga asoslangan va mashinali o'qitishga asoslangan) simulyatsiya muhitida (Raspberry Pi va NodeMCU asosidagi test stendi) sinovdan o'tkazilib, ularning hisoblash resurslariga bo'lgan talabi va xavfsizlik samaradorligi qiyoslangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, SPECK algoritmi eng past energiya sarfi va tezkor ishlash ko'rsatkichlariga ega bo'lgan, mashinali o'qitishga asoslangan tajovuzni aniqlash modeli esa qoidaga asoslangan modelga nisbatan tarmoq anomaliyalarini 23 foizga yuqori aniqlik bilan aniqlagan, biroq ko'proq hisoblash resursini talab qilgan. Maqola yakunida cheklangan resursli IoT*

qurilmalari uchun moslashuvchan, ko'p qatlamli xavfsizlik arxitekturasini loyihalash bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: narsalar interneti, IoT xavfsizligi, yengil kriptografiya, tajovuzni aniqlash tizimi, autentifikatsiya protokoli, kiberxavfsizlik, xavfsiz yangilash.

Annotation. The article examines the specific security challenges of IoT devices — limited computing resources, heterogeneous communication protocols, and decentralized network structure — and theoretically and practically analyzes four main approaches to addressing them: lightweight cryptography, two-factor authentication protocols, IoT-adapted intrusion detection systems (IDS), and secure over-the-air (OTA) firmware update mechanisms. Within the study, three lightweight cryptographic algorithms (AES-128, PRESENT, SPECK) and two IoT-adapted intrusion detection models (rule-based and machine learning-based) were tested in a simulation environment (a Raspberry Pi and NodeMCU-based testbed), comparing their computational resource requirements and security effectiveness. The results show that the SPECK algorithm had the lowest energy consumption and fastest performance, while the machine learning-based intrusion detection model detected network anomalies with 23 percent higher accuracy than the rule-based model, though it required more computational resources. The article concludes with recommendations for designing an adaptive, multi-layered security architecture for resource-constrained IoT devices.

Key words: Internet of Things, IoT security, lightweight cryptography, intrusion detection system, authentication protocol, cybersecurity, secure update.

Аннотация. В статье рассматриваются специфические проблемы безопасности IoT-устройств — ограниченные вычислительные ресурсы, гетерогенные протоколы связи и децентрализованная сетевая структура — а также теоретически и практически проанализированы четыре основных подхода к их решению: лёгкая криптография (lightweight cryptography), протоколы двухфакторной аутентификации, адаптированные для IoT-сетей системы обнаружения вторжений (IDS) и механизмы безопасного удалённого обновления прошивки (secure OTA update). В рамках исследования три алгоритма лёгкой криптографии (AES-128, PRESENT, SPECK) и две адаптированные для IoT модели обнаружения вторжений (на основе правил и на основе машинного обучения) протестированы в имитационной среде (тестовый стенд на базе Raspberry Pi и NodeMCU) с сравнением их требований к вычислительным ресурсам и эффективности безопасности. Результаты показывают, что алгоритм SPECK имел наименьшее энергопотребление и наивысшую скорость работы, тогда как модель обнаружения вторжений на основе машинного обучения обнаруживала сетевые аномалии с точностью на 23% выше, чем модель на основе правил, хотя и требовала больше вычислительных ресурсов. В заключение статьи даны рекомендации по проектированию адаптивной многоуровневой архитектуры безопасности для IoT-устройств с ограниченными ресурсами.

Ключевые слова: интернет вещей, безопасность IoT, лёгкая криптография, система обнаружения вторжений, протокол аутентификации, кибербезопасность, безопасное обновление.

KIRISH

Narsalar interneti (IoT) texnologiyasining jadal rivojlanishi bilan aqlli uy qurilmalaridan tortib sanoat sensorlari va tibbiy qurilmalargacha bo'lgan millionlab qurilmalar internetga ulanmoqda. Bu

qurilmalarning katta qismi cheklangan hisoblash quvvati, xotira va energiya resurslariga ega bo'lib, an'anaviy kompyuter tizimlarida qo'llaniladigan og'ir kriptografik va xavfsizlik mexanizmlarini to'liq qo'llash imkoniyatiga ega emas.

Bu cheklovlar IoT qurilmalarini kiberhujumlar uchun ayniqsa zaif nishonga aylantiradi — zaif autentifikatsiya, shifrlanmagan kommunikatsiya va yangilanmagan dasturiy ta'minot kabi muammolar IoT tarmoqlarida keng tarqalgan bo'lib, bu qurilmalar ko'pincha yirik botnet hujumlarining bir qismiga aylanishi mumkin. Shu sababli, cheklangan resursli qurilmalar uchun maxsus moslashtirilgan, samarali va yengil xavfsizlik yechimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — IoT qurilmalarida axborot xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy usullarini tizimlashtirish hamda yengil kriptografik algoritmlar va tajovuzni aniqlash modellarining resurslarga bo'lgan talabi va samaradorligini eksperimental tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) IoT qurilmalarining o'ziga xos xavfsizlik muammolarini yoritish; 2) asosiy xavfsizlik yondashuvlarini (kriptografiya, autentifikatsiya, IDS, xavfsiz yangilash) tavsiflash; 3) tanlangan kriptografik algoritmlar va IDS modellarini test stendida sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun ikkita yo'nalishda eksperimental sinov o'tkazildi. Birinchi yo'nalishda uchta yengil kriptografik algoritmlar — AES-128 (bazaviy taqqoslash sifatida), PRESENT va SPECK — Raspberry Pi 4 va NodeMCU (ESP8266) qurilmalaridan tashkil topgan test stendida amalga oshirildi va ularning shifrlash/deshifrlash tezligi, xotiradan foydalanishi hamda energiya sarfi o'lchandi.

Ikkinchi yo'nalishda ikkita tajovuzni aniqlash modeli taqqoslandi:

1) qoidaga asoslangan IDS — oldindan belgilangan chegara qiymatlari va imzolar asosida anomal trafikni aniqlovchi an'anaviy tizim;

2) mashinali o'qitishga asoslangan IDS — engil og'irlikdagi qaror daraxti algoritmi asosida qurilgan, IoT tarmoq trafigi xususiyatlari (paket hajmi, chastotasi, manzil naqshlari) asosida o'qitilgan model.

Ikkala IDS modeli ham simulyatsiya qilingan IoT tarmoq trafigidagi, jumladan BoT-IoT ochiq ma'lumotlar to'plamidan olingan hujum namunalarini (DDoS, portlarni skanerlash, ma'lumotlarni o'g'irlash urinishlari) asosida sinovdan o'tkazildi. Modellarining samaradorligi accuracy, precision, recall, F1-ko'rsatkich hamda resurslarga bo'lgan talab (prosessor yuklamasi, xotira sarfi, aniqlash kechikishi) mezonlari asosida baholandi.

NATIJALAR

Kriptografik algoritmlarni taqqoslash natijasida SPECK algoritmi eng past energiya sarfi (AES-128'ga nisbatan 34% kam) va eng tezkor shifrlash ko'rsatkichiga (AES-128'ga nisbatan 28% tezroq) ega bo'ldi, PRESENT algoritmi esa xotiradan eng kam foydalanishni (AES-128'ga nisbatan 41% kam) namoyon etdi. Bu natijalar cheklangan resursli mikrokontroller asosidagi qurilmalar (masalan, NodeMCU) uchun SPECK va PRESENT kabi yengil algoritmlarning AES-128'ga nisbatan amaliy afzalliklarga ega ekanligini tasdiqladi.

Tajovuzni aniqlash modellarini taqqoslash natijasida mashinali o'qitishga asoslangan IDS qoidaga asoslangan modelga nisbatan yuqori aniqlik ko'rsatdi (accuracy — 94,7% va 77,1%, mos ravishda 23 foizlik farq), ayniqsa yangi yoki o'zgartirilgan hujum naqshlarini aniqlashda sezilarli ustunlikka ega bo'ldi. Biroq mashinali o'qitishga asoslangan model qoidaga asoslangan modelga

nisbatan taxminan 3,2 baravar ko'proq protsessor resursini va 2,1 baravar ko'proq xotirani talab qildi, bu esa uni juda cheklangan resursli qurilmalarda (masalan, sensor tugunlari) to'g'ridan-to'g'ri joylashtirish imkoniyatini cheklaydi.

Qo'shimcha tahlil shuni ko'rsatdiki, mashinali o'qitishga asoslangan IDS'ni qurilmaning o'zida emas, balki tarmoq chetidagi (edge) yoki bulutli hisoblash tugunida joylashtirish orqali resurslarga bo'lgan talabni qurilma darajasida sezilarli kamaytirish mumkin, bu holda faqat yengil xususiyat ajratish (feature extraction) jarayoni qurilmada, asosiy tasniflash esa markaziy tugunda amalga oshiriladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar IoT qurilmalarida xavfsizlikni ta'minlashda "bir o'lchov barchaga mos" yondashuvining mavjud emasligini, balki qurilmaning resurs profiliga qarab moslashuvchan strategiya tanlash zarurligini tasdiqlaydi. Yuqori resursli IoT qurilmalari (masalan, aqlli kameralar, shlyuzlar) uchun mashinali o'qitishga asoslangan IDS va standart kriptografik algoritmlarni to'g'ridan-to'g'ri qo'llash mumkin bo'lsa, juda cheklangan resursli sensor tugunlari uchun yengil kriptografiya va edge-based IDS arxitekturasini maqsadga muvofiqroq hisoblanadi.

Bu xulosa IoT xavfsizligi sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham ko'p qatlamli (layered) xavfsizlik arxitekturasini — qurilma darajasida yengil himoya, tarmoq chetida kuchliroq nazorat va bulutda markazlashtirilgan tahlil — cheklangan resursli IoT ekotizimlari uchun eng maqbul yondashuv sifatida tavsiya etiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar IoT qurilmalari ishlab chiqaruvchilari va tizim integratorlariga qurilma turi va uning ishlatilish kontekstiga (masalan, tibbiy qurilma, sanoat sensori, uy-ro'zg'or buyumi) qarab moslashtirilgan, ko'p qatlamli xavfsizlik arxitekturasini loyihalashni, shuningdek xavfsiz OTA yangilash mexanizmlarini boshidanoq dizayn bosqichida integratsiya qilishni tavsiya etadi, chunki keyinchalik xavfsizlikni "qo'shib qo'yish" odatda ancha qimmat va samarasiz yechim hisoblanadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Yengil kriptografik algoritmlar (SPECK, PRESENT) an'anaviy AES-128 algoritmiga nisbatan cheklangan resursli IoT qurilmalari uchun energiya va xotira sarfi jihatidan sezilarli afzalliklarga ega.
2. Mashinali o'qitishga asoslangan tajovuzni aniqlash modellari qoidaga asoslangan modellarga nisbatan yuqori aniqlik (23% yuqori) ko'rsatadi, biroq ko'proq hisoblash resursini talab qiladi.
3. Mashinali o'qitishga asoslangan tahlilni tarmoq chetida yoki bulutda joylashtirish orqali qurilma darajasidagi resurs talabini sezilarli kamaytirish mumkin.
4. IoT qurilmalarida xavfsizlikni ta'minlashda universal yechim mavjud emas — strategiya qurilmaning resurs profili va ishlatilish kontekstiga moslashtirilishi zarur.
5. Ko'p qatlamli xavfsizlik arxitekturasini va xavfsiz OTA yangilash mexanizmini loyihalash bosqichidayoq integratsiya qilish IoT tizimlarining uzoq muddatli xavfsizligini ta'minlashning eng samarali strategiyasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
3. Рахимов Б.Ж. Компьютер тармоқларида кибертаҳдидларни аниқлашнинг интеллектуал усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 33–41.
4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнаli. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. Beaulieu R., Shors D., Smith J., Treatman-Clark S., Weeks B., Wingers L. The SIMON and SPECK Lightweight Block Ciphers // Proceedings of the 52nd Annual Design Automation Conference. — 2015. — P. 1–6.
6. Bogdanov A., Knudsen L.R., Leander G. et al. PRESENT: An Ultra-Lightweight Block Cipher // Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES). — 2007. — P. 450–466.
7. Sicari S., Rizzardi A., Grieco L.A., Coen-Porisini A. Security, Privacy and Trust in Internet of Things: The Road Ahead // Computer Networks. — 2015. — Vol. 76. — P. 146–164.
8. Koroniotis N., Moustafa N., Sitnikova E., Turnbull B. Towards the Development of Realistic Botnet Dataset in the Internet of Things for Network Forensic Analytics: Bot-IoT Dataset // Future Generation Computer Systems. — 2019. — Vol. 100. — P. 779–796.
9. Roman R., Zhou J., Lopez J. On the Features and Challenges of Security and Privacy in Distributed Internet of Things // Computer Networks. — 2013. — Vol. 57, No. 10. — P. 2266–2279.
10. Hassija V., Chamola V., Saxena V., Jain D., Goyal P., Sikdar B. A Survey on IoT Security: Application Areas, Security Threats, and Solution Architectures // IEEE Access. — 2019. — Vol. 7. — P. 82721–82743.

RAQAMLI TA'LIM MUHITIDA PEDAGOGIK KATEGORIYA VA ATAMALARNING MAZMUNY TRANSFORMATSIYASI

Oqnezarov To'liqin Jalilovich

Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Iqisodiyot va pedagogika universiteti, Samarqand kampusi

***Annotatsiya.** Mazkur tezisdagi raqamli ta'lim muhitining rivojlanishi sharoitida pedagogik kategoriya va atamalarning mazmuniy transformatsiyasi masalasi tahlil qilinadi. Raqamli texnologiyalarning ta'lim jarayoniga jadal kirib kelishi natijasida an'anaviy pedagogik tushunchalarning mazmuni kengayib, yangi terminologik birliklar shakllanmoqda. Xususan, "ta'lim", "ta'lim muhiti", "pedagogik texnologiya", "kompetensiya", "mustaqil ta'lim" kabi kategoriyalar raqamli muhit ta'sirida yangi mazmuniy xususiyatlarga ega bo'lmoqda. Shuningdek, "raqamli ta'lim", "raqamli kompetensiya", "raqamli pedagogika", "masofaviy ta'lim", "aralash ta'lim", "adaptiv ta'lim" kabi yangi atamalarning pedagogik kategoriyalar tizimidagi o'rnini aniqlashtirish zarurati yuzaga kelmoqda. Tezisdagi pedagogik atamalarning transformatsiyasini o'rganish mezonlari va raqamli ta'lim sharoitida ularni aniqlashtirishning metodologik yondashuvlari taklif etiladi.*

***Kalit so'zlar:** raqamli ta'lim, pedagogik kategoriya, pedagogik atama, kategoriyal-atamashunoslik, terminologiya, raqamli pedagogika, raqamli kompetensiya, masofaviy ta'lim, aralash ta'lim, transformatsiya.*

Annotation. *This paper analyzes the conceptual transformation of pedagogical categories and terms within the context of the evolving digital educational environment. The rapid integration of digital technologies into the educational process is expanding the scope of traditional pedagogical concepts and giving rise to new terminological units. Specifically, categories such as "education," "educational environment," "pedagogical technology," "competence," and "independent learning" are acquiring new conceptual dimensions under the influence of the digital environment. Furthermore, there is a growing need to define the role of new terms—such as "digital education," "digital competence," "digital pedagogy," "distance learning," "blended learning," and "adaptive learning"—within the system of pedagogical categories. The paper proposes criteria for studying the transformation of pedagogical terms and outlines methodological approaches for defining them in the context of digital education.*

Key words: *digital education, pedagogical category, pedagogical term, categorical terminology, terminology, digital pedagogy, digital competence, distance education, blended learning, transformation.*

Аннотация. *В статье анализируется концептуальная трансформация педагогических категорий и терминов в условиях развития цифровой образовательной среды. Стремительное внедрение цифровых технологий в образовательный процесс расширяет содержание традиционных педагогических понятий и порождает новые терминологические единицы. В частности, под влиянием цифровой среды такие категории, как «образование», «образовательная среда», «педагогическая технология», «компетенция» и «самостоятельное обучение», приобретают новые концептуальные измерения. Кроме того, возрастает потребность в определении места новых терминов — таких как «цифровое образование», «цифровая компетентность», «цифровая педагогика», «дистанционное обучение», «смешанное обучение» и «адаптивное обучение» — в системе педагогических категорий. В статье предложены критерии изучения трансформации педагогических терминов и обозначены методологические подходы к их определению в контексте цифрового образования.*

Ключевые слова: *цифровое образование, педагогическая категория, педагогический термин, категориальная терминология, терминология, цифровая педагогика, цифровая компетентность, дистанционное образование, смешанное обучение, трансформация.*

KIRISH

XXI asrda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi jamiyat hayotining barcha sohalari, jumladan, ta'lim tizimida ham tub o'zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Ta'lim jarayoniga raqamli platformalar, elektron ta'lim resurslari, masofaviy ta'lim texnologiyalari, sun'iy intellekt, virtual laboratoriyalar va boshqa raqamli vositalarning joriy etilishi pedagogik jarayonning mazmuni, shakllari va metodlarini o'zgartirmoqda.

Mazkur o'zgarishlar pedagogikaning tushunchaviy-kategoriyal apparatiga ham bevosita ta'sir ko'rsatmoqda. Avval mavjud bo'lgan pedagogik kategoriyalar yangi ta'lim sharoitida qo'shimcha mazmun kasb etmoqda, ayrim yangi tushunchalar esa pedagogik terminologik tizimga kirib kelmoqda.

Masalan, an'anaviy ta'lim jarayonida "ta'lim muhiti" asosan o'qituvchi, o'quvchi, ta'lim muassasasi, o'quv qurollari va ijtimoiy-pedagogik sharoitlar bilan bog'liq holda talqin qilingan

bo'lsa, raqamli ta'lim muhitida unga raqamli platformalar, virtual kommunikatsiya, elektron resurslar, onlayn hamkorlik va raqamli baholash vositalari ham kiradi.

Demak, raqamlashtirish jarayoni pedagogik tushunchalarning nafaqat nomlanishiga, balki ularning mazmuni, tarkibi, funksiyasi va o'zaro munosabatlariga ham ta'sir ko'rsatmoqda.

1. Raqamli ta'lim muhitida pedagogik kategoriyalarning transformatsiyasi

Pedagogik kategoriya — ta'lim-tarbiya jarayonining muhim, umumiy va barqaror jihatlarini ifodalovchi fundamental tushunchadir. Pedagogik atama esa muayyan pedagogik tushunchani ifodalash uchun ishlatiladigan maxsus terminologik birlik hisoblanadi.

Raqamli transformatsiya natijasida an'anaviy pedagogik kategoriyalarning mazmuni kengaymoqda.

Buni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

Bu jarayonni oddiy terminologik yangilanish sifatida emas, balki pedagogik tushunchalar mazmunining transformatsiyasi sifatida o'rganish lozim.

2. "Raqamli ta'lim" tushunchasining mazmuniy transformatsiyasi

"Ta'lim" pedagogikaning fundamental kategoriyalaridan biridir. Raqamli texnologiyalar ta'lim jarayonining mazmuni, tashkil etilishi va kommunikatsiya usullarini o'zgartirgani sababli "raqamli ta'lim" tushunchasi shakllandi.

Raqamli ta'limni faqat kompyuter yoki internetdan foydalanish bilan izohlash yetarli emas. Uning tarkibiga:

- raqamli o'quv resurslari;
- elektron ta'lim platformalari;
- virtual ta'lim muhiti;
- onlayn kommunikatsiya;
- raqamli baholash;
- individual ta'lim trayektoriyasi;
- sun'iy intellektga asoslangan ta'lim vositalari

kabi komponentlar kiradi.

Shu sababli "raqamli ta'lim" tushunchasi an'anaviy "ta'lim" kategoriyasining raqamli muhitdagi yangi tashkiliy, texnologik va kommunikativ shakllarini qamrab oladi.

3. "Kompetensiya" tushunchasining raqamli transformatsiyasi

Zamonaviy ta'limda kompetensiyaviy yondashuv muhim metodologik asoslardan biridir. Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi natijasida "raqamli kompetensiya" tushunchasi ham keng qo'llanilmoqda.

Raqamli kompetensiyani faqat kompyuterdan foydalanish ko'nikmasi sifatida talqin qilish tor yondashuv hisoblanadi.

U quyidagi tarkibiy qismlarni o'z ichiga olishi mumkin:

Raqamli kompetensiya = bilim + amaliy ko'nikma + axborot bilan ishlash + raqamli kommunikatsiya + xavfsiz foydalanish + raqamli muhitda muammoni hal qilish.

Demak, "kompetensiya" umumiy pedagogik kategoriya bo'lsa, "raqamli kompetensiya" uning raqamli ta'lim sharoitidagi ixtisoslashgan ko'rinishi sifatida qaralishi mumkin.

Bu yerda terminologik jihatdan muhim savol paydo bo'ladi:

“Raqamli kompetensiya” mustaqil pedagogik kategoriya hisoblanadimi yoki “kompetensiya” kategoriyasining maxsus turi hisoblanadimi?

Mazkur savolga aniq javob berish pedagogik kategoriyalarning ierarxik tizimini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

4. Pedagogik atamalarning mazmuniy transformatsiyasini aniqlash mezonlari

Raqamli ta’lim sharoitida pedagogik atamalarni aniqlashtirish uchun quyidagi mezonlardan foydalanish taklif etiladi:

№	Mezon	Mazmuni
1	Mazmuniy mezon	Atamaning yangi sharoitdagi mazmuni aniqlanadi
2	Funksional mezon	Tushunchaning ta’lim jarayonidagi yangi funksiyasi belgilanadi
3	Tizimli mezon	Atamaning pedagogik kategoriyalar tizimidagi o’rni aniqlanadi
4	Farqlovchi mezon	Yaqin tushunchalardan farqi belgilanadi
5	Texnologik mezon	Raqamli texnologiyalar ta’siri aniqlanadi
6	Amaliy mezon	Atamaning real ta’lim jarayonida qo’llanish imkoniyati baholanadi

Shu asosda har bir yangi yoki transformatsiyalangan pedagogik atama “ta’rif → mazmun → tarkib → funksiya → chegaralar → amaliy qo’llanish” ketma-ketligida tahlil qilinishi mumkin.

5. Raqamli ta’limdagi ayrim pedagogik atamalarning transformatsiyasi

Raqamli muhitda pedagogik atamalarning mazmuniy o’zgarishini quyidagi model orqali ifodalash mumkin:

Bu tushunchalar o’zaro yaqin bo’lsa-da, ularni to’liq sinonim sifatida ishlatish metodologik jihatdan to’g’ri emas.

Demak, ularning nomlanishi o’xshash bo’lsa-da, kategoriyaviy va funksional chegaralari farqlanadi.

6. Pedagogik kategoriyalarni aniqlashtirishning metodologik modeli

Raqamli ta’lim muhitida pedagogik kategoriya va atamalarni aniqlashtirish uchun quyidagi model taklif etiladi:

1-bosqich — Identifikatsiya

Yangi yoki mazmunan o’zgargan pedagogik atamani aniqlash.

2-bosqich — Terminologik tahlil

Atamaning ilmiy manbalarda qanday ta’riflanganini o’rganish.

3-bosqich — Qiyosiy tahlil

Turli mualliflarning yondashuvlarini taqqoslash.

4-bosqich — Mazmuniy chegaralash

Atamaning asosiy va ikkilamchi belgilarini ajratish.

5-bosqich — Kategoriyalash

Tushunchaning umumiy pedagogik kategoriyalar tizimidagi o’rnini aniqlash.

6-bosqich — Aniqlashtirilgan ta’rif

Tadqiqot maqsadiga mos ilmiy ta’rifni shakllantirish.

7-bosqich — Amaliy verifikatsiya

Aniqlashtirilgan atamaning pedagogik amaliyotdagi qo’llanish imkoniyatini tekshirish.

Ushbu model quyidagicha ifodalanadi:

XULOSA

Raqamli texnologiyalarning ta'lim jarayoniga chuqur kirib kelishi pedagogikaning kategoriyal va terminologik apparatida sezilarli o'zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. An'anaviy pedagogik kategoriyalar yangi raqamli sharoitda qo'shimcha mazmun va funksiyalarga ega bo'lmoqda, shu bilan birga yangi terminologik birliklar shakllanmoqda.

“Raqamli ta'lim”, “raqamli ta'lim muhiti”, “raqamli kompetensiya”, “raqamli pedagogika”, “aralash ta'lim”, “adaptiv ta'lim” va “sun'iy intellektga asoslangan ta'lim” kabi tushunchalarning pedagogik kategoriyalar tizimidagi o'rnini aniqlashtirish zamonaviy pedagogik tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biridir.

Tadqiqot natijasida pedagogik atamalarni mazmuniy, funksional, tizimli, farqlovchi, texnologik va amaliy mezonlar asosida tahlil qilish maqsadga muvofiqligi aniqlandi.

Shuningdek, pedagogik kategoriya va atamalarni aniqlashtirishning “aniqlash → tahlil → qiyoslash → chegaralash → kategoriyalash → ta'riflash → amaliy tekshirish” modeli taklif etildi.

Mazkur yondashuv raqamli ta'lim sharoitida pedagogik terminologiyaning ilmiy aniqligini ta'minlash, yaqin tushunchalarni farqlash hamda pedagogik tadqiqotlarda yagona tushunchaviy apparatni shakllantirish uchun metodologik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit xulosa: raqamli transformatsiya faqat ta'lim vositalarini emas, balki pedagogikaning tushunchaviy-kategoriyal tizimini ham transformatsiya qilmoqda. Shu sababli zamonaviy pedagogik tadqiqotlarda raqamli ta'lim bilan bog'liq tushunchalarni shunchaki yangi atama sifatida emas, balki ularning kategoriyaviy maqomi, mazmuniy chegaralari va o'zaro munosabatlari nuqtayi nazaridan o'rganish zarur.

SUN'IY INTELEKTNING JAMIYAT TARAQQIYOTDAGI O'RNI VA AHAMIYATI

Nuriddinov Asliddin Erkinovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Samarqand kampusi o'qituvchisi

Annotatsiya: *Sun'iy intellekt inson hayotining turli jabhalarini, jumladan, rivojlanish sohasini o'zgartirish imkoniyatiga ega. Ushbu maqola sun'iy intellektning rivojlanishdagi rolini o'rganadi va u taqdim etadigan imkoniyatlar va muammolarni ta'kidlaydi. Tadqiqot sog'liqni saqlash, ta'lim va qishloq xo'jaligini yaxshilash kabi rivojlanishda sun'iy intellektning potentsial qo'llanilishi va afzalliklarini aniqlaydi. Shu bilan birga, u undan foydalanish bilan bog'liq muammolarni, jumladan, axloqiy tashvishlar, noto'g'ri qarashlar va raqamli tafovutni ham tan oladi.*

Kalit so'zlar: *Sun'iy intellekt, sog'liqni saqlash, ta'lim, qishloq xo'jaligi, raqamli tafovut, barqaror rivojlanish maqsadlari, moliya sohasida, rivojlangan mamlakatlardagi sun'iy intellektning rivojlanilayotgani.*

Аннотация: *Искусственный интеллект обладает потенциалом для преобразования различных аспектов жизни человека, в том числе в сфере развития. В этой статье рассматривается роль искусственного интеллекта в развитии и освещаются возможности и проблемы, которые он представляет. В исследовании определяются потенциальные области применения и преимущества искусственного интеллекта в развитии, например, в улучшении здравоохранения, образования и сельского хозяйства. В то же время он также*

признает проблемы, связанные с его использованием, включая этические проблемы, предубеждения и цифровой разрыв.

Ключевые слова: Искусственный интеллект в здравоохранении, образовании, сельском хозяйстве, финансовом секторе и проблема цифрового неравенства; развитие искусственного интеллекта в развитых странах.

Abstract: Artificial intelligence has the potential to transform various aspects of human life, including the field of development. This article explores the role of artificial intelligence in development and highlights the opportunities and challenges it presents. The study identifies potential applications and benefits of artificial intelligence in development, such as improving health, education, and agriculture. However, it also acknowledges the challenges associated with its use, including ethical concerns, biases, and the digital divide.

Key words: Artificial intelligence in healthcare, education, agriculture, the digital divide, and the financial sector; the development of artificial intelligence in developed countries.

Bugungi kunda keng qo'llanilib kelinayotgan sun'iy intellekt texnologiyalariga aqlli veb-qidiruv tizimlari (masalan, YouTubeSearch), tavsiya tizimlari (YouTube, Amazon va Netflix), tabiiy tilni tushunish (Google Assistant, Siri va Alexa), o'zini-o'zi boshqaradigan avtomobillar (masalan, Waymo) va boshqalarni misol qilish mumkin.

Alan Turing sun'iy intellekt sohasida olib borilgan ilk tadqiqot muallifi bo'lgan. Sun'iy intellektga 1956-yili mustaqil fan sohasi sifatida asos solingan. Shu yilning yozida Dartmouth kollejida o'tgan anjumanda John McCarthy „sun'iy intellekt“ atamasini birinchi marta ishlatgan va tarixga mazkur atama muallifi o'laroq kirgan. Sun'iy intellekt bo'yicha tadqiqotlar XX asr o'rtalaridan beri qilinib kelinsa-da, unga nisbatan ommaviy qiziqish 2012-yilda chuqur o'rganuv boshqa sun'iy intellekt metodlaridan ustunligini namoyon etganda hamda 2017-yilda transformer arxitekturasida erishilgan yutuqlar ortidan keskin ortgan. 2020-yillar boshlarida mazkur soha gurkirab rivojlanib, ko'plab shirkatlar, universitetlar va laboratoriyalar sun'iy intellekt sohasida sezilarli yutuqlarga erishib kelishmoqda

Sun'iy intellekt - bu kompyuter fanining sohasi bo'lib, u odatda inson aqlini talab qiladigan vazifalarni bajara oladigan aqlli mashinalarni yaratishga qaratilgan. Ushbu mashinalar ularning tajribalarini o'rganish va yangi vaziyatlarga moslashish uchun mo'ljallangan bo'lib, ularni minimal inson aralashuvi bilan murakkab vazifalarni bajarishga qodir.

Ushbu soha Homosapiensning aql-zakovati shu qadar aniq tasvirlanishi mumkinki, uni hatto aqlli mavjudotlarning asosiy xususiyati bo'lgan mashina tomonidan modellashtirish mumkin degan taxminga asoslanadi. Falsafa bo'limida Dartmut taklifiga qarang. Bu esa aqlning tabiati va sun'iy mavjudotlarni yaratish axloqi haqidagi falsafiy savollarni, qadim zamonlardan beri afsona, fantastika va falsafada o'rganilgan savollarni keltirib chiqaradi. Sun'iy intellektga optimizm bilan qaraladi. Optimizm dastlabki sun'iy intellekt tadqiqotchilarining bashoratlarida mavjud edi (qarang: SI tarixidagi optimizm, shuningdek, Rey Kurzveyl kabi zamonaviy transhumanistlarning fikrlashlarida). Ammo inqirozlarni ham boshdan kechirdi.

Inqirozlarni 1966-yilda ALPAC e'lonida, 1970-yilda perseptronlarning yetishmasligi, 1973-yilda Lighthill e'lonida va 1987-yilda lisp mashinalari bozorining rivojlanishida ko'rish mumkin. Hozirgi vaqtda sun'iy intellekt texnologiya sanoatining muhim qismiga aylandi va kompyuter fanidagi ko'plab eng qiyin muammolarga yechim taklif qiladi. Sun'iy intellekt tadqiqotlari yuqori texnologiyali va ixtisoslashgan soha bo'lib, u ko'pincha bir-biri bilan aloqa qila

olmaydigan kichik sohalarga „chuqur“ bo‘linadi. Ixtisoslashgan muammolarni hal qilish, ixtisoslashgan muassasalar, individual tadqiqotchilar ishi va juda turli xil vositalardan foydalanish va sun‘iy intellektni qanday amalga oshirish kerakligi haqidagi uzoq vaqtdan beri mavjud bo‘lgan fikr farqlari atrofida kichik sohalar paydo bo‘ldi. SIning zamirida fikrlash, bilish, rejalashtirish, o‘rganish, muloqot qilish, his qilish, obyektlarni boshqarish va harakatlantirish qobiliyati kabi ko‘nikmalar to‘plami mavjud. Umumiy razvedka (yoki „kuchli SI“) sanoatning uzoq muddatli maqsadlaridan biridir.

Sun‘iy intellektning asosiy afzalliklaridan biri uning katta hajmdagi ma'lumotlarni tez va aniq qayta ishlash va tahlil qilish qobiliyatidir. Sun‘iy intellekt bemorning natijalarini yaxshilash, xarajatlarni kamaytirish va samaradorlikni oshirish orqali sog'liqni saqlashni o'zgartirish imkoniyatiga ega. Sog'liqni saqlashda sun‘iy intellektning asosiy qo'llanilishidan biri tibbiy diagnostikada. Sun‘iy intellekt algoritmari naqshlarni aniqlash va aniq tashxis qo'yish uchun tasvirlar va tibbiy yozuvlar kabi katta hajmdagi tibbiy ma'lumotlarni tahlil qilishi mumkin.

Bu kasalliklarni erta aniqlashga va ko'proq shaxsiylashtirilgan davolash rejalariga olib kelishi mumkin. Sun‘iy intellekt sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan yana bir soha - bu dori kashfiyotidir. Sun‘iy intellekt algoritmari potentsial dori nomzodlarini aniqlash va ularning samaradorligini bashorat qilish uchun katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilishi mumkin. Bu doridarmonlarni aniqlash jarayonini tezlashtirishi va samaraliroq davolash usullarini ishlab chiqishga olib kelishi mumkin. Masalan 2019-yilda karona virus chiqqan bo'lsa uni davosani aniqlashda juda ham ko'plab yordam berdi. Sun‘iy intellekt yordamida karona virusning belgilarini sun‘iy intellektga kiritilda va sun‘iy bu virusga qarshi dori mahsulotlarini topishga harakat qildi.

19 Sun‘iy intellekt, shuningdek, resurslarni taqsimlashni optimallashtirish, kutish vaqtlarini qisqartirish va bemorlar oqimini yaxshilash orqali sog'liqni saqlash operatsiyalarini yaxshilashi mumkin. Misol uchun, sun‘iy intellekt algoritmari bemorlarga bo'lgan talabni bashorat qilishi va bemorlarni tezda ko'rishni ta'minlash uchun xodimlar darajasini optimallashtirishi mumkin. Biroq, sog'liqni saqlashda sun‘iy intellektidan foydalanish maxfiylik va ma'lumotlar xavfsizligi, shuningdek, algoritmik qarorlar qabul qilishda noxolislik ehtimoli kabi axloqiy muammolarni keltirib chiqaradi. Sun‘iy intellekt moliya sohasida o'z o'rniga ega masalan:

1. Firibgarlikni aniqlash: Sun‘iy intellekt algoritmari firibgarlik faoliyatini ko'rsatishi mumkin bo'lgan naqsh va anomalialarni aniqlash uchun katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilishi mumkin.

2. Savdo: sun‘iy intellektga asoslangan savdo tizimlari bozor ma'lumotlarini tahlil qilishi va kelajakdagi tendentsiyalar haqida bashorat qilishi mumkin, bu esa treyderlarga ko'proq asosli qarorlar qabul qilishga yordam beradi.

3. Risklarni boshqarish: Sun‘iy intellekt potentsial xavflarni aniqlash va ularni kamaytirish yo'llarini taklif qilish uchun tarixiy ma'lumotlarni tahlil qilishi mumkin.

4. Mijozlarga xizmat ko'rsatish: Sun‘iy intellekt tomonidan boshqariladigan chatbotlar mijozlarga 24/7 kun davomida yordam ko'rsatishi, umumiy savollarga javob berishi va muammolarni tezda hal qilishi mumkin.

5. Shaxsiylashtirilgan tavsiyalar: Sun‘iy intellekt algoritmari mijozlar ma'lumotlarini tahlil qilib, ularning risklarga chidamliligi, investitsiya maqsadlari va boshqa omillarga asoslangan shaxsiylashtirilgan investitsiya tavsiyalarini taqdim etishi mumkin.

6. Kredit reytingi: Sun‘iy intellekt kreditga layoqatlilikni baholash va aniqroq kredit qarorlarini qabul qilish uchun keng ko'lamli ma'lumotlar nuqtalarini tahlil qilishi mumkin.

7. Portfelni boshqarish: sun‘iy intellektga asoslangan portfelni boshqarish vositalari investorlarga o'zlarining investitsiya maqsadlari, risklarga bardoshlilik va boshqa omillar asosida

portfellarini optimallashtirishga yordam beradi. Sun'iy intellekt ta'lim sohasini ko'p jihatdan o'zgartiradi, jumladan:

1. Shaxsiylashtirilgan ta'lim: sun'iy intellekt algoritmlari o'quvchilarning shaxsiy ehtiyojlari va o'rganish uslublariga moslashtirilgan shaxsiylashtirilgan ta'lim yo'llarini yaratish uchun talabalar ma'lumotlarini tahlil qilishi mumkin.

2. Intellektual repetitorlik tizimlari: sun'iy intellekt asosida ishlaydigan repetitorlik tizimlari talabalarga real vaqt rejimida fikr-mulohaza va yordam ko'rsatishi mumkin, bu ularga qiyin tushunchalarni o'zlashtirishga va ish faoliyatini yaxshilashga yordam beradi.

3. Baholash va baholash: Sun'iy intellekt talabalar ishini tahlil qilishi va avtomatlashtirilgan baholash va fikr-mulohazalarni taqdim etishi, o'qituvchilarning vaqtini tejash va talabalarga darhol fikr-mulohazalarni taqdim etishi mumkin.

4. Til o'rganish: sun'iy intellekt yordamida til o'rganish vositalari o'quvchilarga til ko'nikmalarini yaxshilashga yordam berish uchun shaxsiylashtirilgan ko'rsatmalar va amaliyot mashqlarini taqdim etishi mumkin.

5. Virtual yordamchilar: sun'iy intellekt asosida ishlaydigan virtual yordamchilar talabalarga 24/7 yordam va yo'l-yo'riq ko'rsatishi, savollarga javob berishi va talab bo'yicha ma'lumotlarni taqdim etishi mumkin.

6. O'quv dasturlarini loyihalash: sun'iy intellekt o'quv dasturlarini ishlab chiqish va ishlab chiqish haqida ma'lumot berish uchun talabalarning ishlash ma'lumotlarini tahlil qilishi mumkin, bu kurslar barcha o'quvchilar uchun samarali va qiziqarli bo'lishini ta'minlaydi. Qishloq xo'jaligida ekinlar hosildorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish va samaradorlikni oshirish uchun sun'iy intellekt qo'llanilmoqda. Qishloq xo'jaligida sun'iy intellektning ba'zi misollari quyidagilardan iborat:

Umuman olganda, sun'iy intellekt fermerlarga ko'proq ongli qarorlar qabul qilish, xarajatlarni kamaytirish va samaradorlikni oshirishga yordam beradi va natijada yanada barqaror va daromadli qishloq xo'jaligi sanoatiga olib keladi. Sun'iy intellekt hozirda rivojlangan mamlakatlarda rivojlanishiga sabab bu mamlakatlar o'zlarini ular o'z mamlakatni rivojlanishi uchun ko'plab ishlarni olib bormoqda bular biri sun'iy intellektidir bu davlatlarga misol qilib aytadigan bo'lsak AQSH, Yaponiya, Germaniya, Fransiya, Singapur davlatlari kiradi, Yaponiya davlati sun'iy intellektni ko'plab sohalarda ishlatyapdi; sog'liqni saqlash, moliya, transport, ishlab chiqarish va robototexnika kabi turli soha va tarmoqlarda qo'llaniladi. Yaponiyada sun'iy intellekt qo'llaniladigan ba'zi bir aniq sohalarga quyidagilar kiradi: Sog'liqni saqlash: Sun'iy intellekt tibbiy tasvirlarni tahlil qilish, kasalliklarga tashxis qo'yish va bemorlar uchun moslashtirilgan davolash rejalarini ishlab chiqish uchun qo'llaniladi.

Xususan O'zbekistonda ham sun'iy intellektni jadal rivojlantirish bo'yicha ko'plab chora tadbirlar qatnashgan loyiha ishlab chiqildi bu loyiha "Raqamli 30" loyihasidir bu loyihada sun'iy intellektni rivojlantirish uchun ko'plab ishlar borilyapti misol qilib aytadigan bo'lsam 21 sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llovchi dasturiy ta'minot ishlab chiquvchilariga raqamli ma'lumotlardan foydalanish uchun sharoit yaratish, shuningdek, davlat organlari va tashkilotlarining tegishli ma'lumotlarini tezkor raqamlashtirishni ta'minlash; sun'iy intellekt sohasidagi ilmiy ishlar va ishlanmalarning investitsion jozibadorligini shakllantirish, shu jumladan tovarlarning (ish va xizmatlarning) ichki va tashqi bozorlarda raqobatbardoshligini oshirish va boshqalar kiradi.

XULOSA

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, sun'iy intellekt bir nechta sohasini inqirozga uchratishi va jamiyatga katta foydalar keltirishi mumkin. Lekin, ish o'rnidan chiqish va maxfiylik muammolari

kabi potentsial manfiy ta'sirlarni hisobga olgan holda etik va inkluziv tarzda sun'iy intellektni rivojlantirish zarur. Sun'iy intellektning barcha jamiyat a'zolari, shuningdek, qattiq hayotiy ko'rsatkichlarga ega bo'lishi kerak. Shuning uchun, insoniyatning keng ko'rsatkichli foydasi uchun etika va inkluzivlikka e'tibor berilgan SIn rivojlantirishni ustuvor qilib olish zarur.

ADABIYOTLAR RUYXATI:

1. "Sun'iy intellekt: zamonaviy yondashuv" Styuart Russell va Piter Norvig
2. "Hayot 3.0: Sun'iy intellekt davrida inson bo'lish" Maks Tegmark
3. "AI super kuchlari: Xitoy, Silikon vodiysi va yangi dunyo tartibi" Kai-Fu Li
4. Sun'iy intellekt. Internet Encyclopedia of Philosophy. (inglizcha)
5. Thomason, Richmond. „Mantiq va sun'iy intellekt“. Zalta, Edward N. (nash.). Stanford Encyclopedia of Philosophy.
6. Sun'iy intellekt, BBC Radio – John Agar, Alison Adam & Igor Aleksander (In Our Time, 2005-yil 8-dekabr) (inglizcha)

DASTURLASH TILLARINI O'QITISHDA INNOVATSION USULLAR

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Berdiyorov Bexruz Bahodirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada dasturlash tillarini o'qitish jarayonida qo'llaniladigan innovatsion pedagogik usullarning nazariy va amaliy ahamiyati tahlil qilingan. An'anaviy ma'ruzaga asoslangan o'qitish usulining o'quvchilarda dasturlash mantiqini tushunish va amaliy kod yozish ko'nikmalarini shakllantirishdagi cheklovlari, shuningdek dasturlash kurslarida kuzatiladigan yuqori muvaffaqiyatsizlik va ta'limni tark etish ko'rsatkichlari asoslab berilgan. Tadqiqotda o'yinlashtirish (gamifikatsiya), teskari sinf (flipped classroom), juftlikda dasturlash (pair programming), blokli-vizual dasturlash vositalari va loyihaviy o'qitish kabi innovatsion usullarning mohiyati yoritilgan. Pedagogik tajriba doirasida an'anaviy va innovatsion usullar asosida tashkil etilgan dasturlash darslarining o'quvchilar bilim va ko'nikmalariga ta'siri qiyoslangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, innovatsion usullarni qo'llagan tajriba guruhida kodni tushunish, masala yechish va o'quv motivatsiyasi ko'rsatkichlari sezilarli darajada yuqori bo'lgan. Maqola so'ngida dasturlash tillarini o'qitishda innovatsion usullarni samarali joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan.*

***Kalit so'zlar:** dasturlash tillari, innovatsion o'qitish usullari, gamifikatsiya, teskari sinf, juftlikda dasturlash, loyihaviy o'qitish, dasturlash ta'limi, hisoblash tafakkuri.*

***Аннотация.** В данной статье проанализировано теоретическое и практическое значение инновационных педагогических методов, применяемых в процессе преподавания языков программирования. Обоснованы ограничения традиционного лекционного метода обучения в формировании у учащихся понимания логики программирования и навыков практического написания кода, а также высокие показатели неуспеваемости и отсева, наблюдаемые на курсах программирования. В статье раскрыта сущность таких инновационных методов, как геймификация, перевёрнутый класс (flipped classroom), парное*

программирование (pair programming), блочно-визуальные средства программирования и проектное обучение. В рамках педагогического эксперимента сопоставлено влияние традиционного и инновационных методов на знания и навыки учащихся на уроках программирования. Результаты показывают, что в экспериментальной группе, где применялись инновационные методы, показатели понимания кода, решения задач и учебной мотивации были значительно выше. В конце статьи приведены практические рекомендации по эффективно внедрению инновационных методов в преподавание языков программирования.

Ключевые слова: языки программирования, инновационные методы обучения, геймификация, перевёрнутый класс, парное программирование, проектное обучение, обучение программированию, вычислительное мышление.

Annotation. This article analyzes the theoretical and practical significance of innovative pedagogical methods applied in the process of teaching programming languages. It substantiates the limitations of the traditional lecture-based teaching method in helping learners understand programming logic and develop practical coding skills, as well as the high failure and dropout rates observed in programming courses. The article explains the essence of innovative methods such as gamification, the flipped classroom, pair programming, block-based visual programming tools, and project-based learning. Within a pedagogical experiment, the impact of traditional and innovative methods on learners' knowledge and skills in programming lessons is compared. The results show that in the experimental group, where innovative methods were applied, indicators of code comprehension, problem-solving, and learning motivation were significantly higher. The article concludes with practical recommendations for effectively implementing innovative methods in teaching programming languages.

Keywords: programming languages, innovative teaching methods, gamification, flipped classroom, pair programming, project-based learning, programming education, computational thinking.

KIRISH

Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi dasturlash ko'nikmalarini zamonaviy kadrlar tayyorlashning ajralmas qismiga aylantirdi. Biroq, xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, dasturlashning kirish kurslarida o'quvchilar va talabalar orasida muvaffaqiyatsizlik va ta'limni tark etish ko'rsatkichlari boshqa texnik fanlarga nisbatan ancha yuqori bo'lib qolmoqda. Bunga asosiy sabab sifatida ko'pincha an'anaviy, ma'ruzaga asoslangan o'qitish usulining dasturlashga xos mavhum va mantiqiy tafakkurni yetarli darajada shakllantira olmasligi ko'rsatiladi: o'quvchi nazariy jihatdan sintaksisni o'rgansa-da, real masalani mustaqil dasturiy yechimga aylantirishda jiddiy qiyinchiliklarga duch keladi.

Ushbu muammoni bartaraf etish maqsadida so'nggi yillarda dasturlash ta'limida bir qator innovatsion pedagogik usullar keng qo'llanila boshlandi. Bularga o'quv jarayonini o'yin elementlari (ball, daraja, reyting) bilan boyitish orqali motivatsiyani oshiruvchi o'yinlashtirish (gamifikatsiya); nazariy materialni uyda video darslar orqali o'rganib, sinf vaqtini amaliy mashqlarga bag'ishlovchi teskari sinf (flipped classroom) modeli; ikki nafar o'quvchining birgalikda bitta kompyuterda kod yozishi asosidagi juftlikda dasturlash (pair programming); dasturlash mantiqini vizual bloklar yordamida tushuntiruvchi Scratch kabi blokli dasturlash vositalari; hamda o'quvchilarni real muammolarni hal qiluvchi to'liq loyihalar ustida ishlashga undovchi loyihaviy o'qitish kiradi.

Ushbu innovatsion usullar o'quvchilarning faol ishtirokini, amaliy tajriba orttirishini va o'zaro hamkorlikda o'rganishini rag'batlantirish orqali dasturlashni o'zlashtirish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shu sababli, ularning nazariy asoslarini va amaliy samaradorligini ilmiy jihatdan o'rganish dolzarb pedagogik-metodik ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — dasturlash tillarini o'qitishda qo'llaniladigan innovatsion usullarning mohiyatini yoritish, ularning o'quvchilar bilim va ko'nikmalariga ta'sirini pedagogik tajriba asosida baholash hamda ushbu usullarni samarali joriy etish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: gamifikatsiya, teskari sinf, juftlikda dasturlash, blokli dasturlash va loyihaviy o'qitish usullarining nazariy asoslarini tavsiflash; an'anaviy va innovatsion usullarni qiyosiy tahlil qilish; pedagogik tajriba natijalari asosida innovatsion usullarning samaradorligini baholash; dasturlash darslarida innovatsion usullarni joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar shakllantirish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot uchun kompleks pedagogik-metodologik yondashuv qo'llanildi. Birinchidan, dasturlash ta'limida innovatsion usullarga oid xorijiy va mahalliy ilmiy-metodik adabiyotlar, jumladan gamifikatsiya, teskari sinf va juftlikda dasturlash mavzusidagi tadqiqot maqolalari tizimli tahlil qilindi (kontent-tahlil metodi).

Ikkinchidan, tadqiqotning amaliy qismida pedagogik tajriba o'tkazildi. Bunda dasturlash asoslarini o'rganuvchi ikkita parallel guruh tanlab olindi: tajriba guruhida darslar innovatsion usullar — teskari sinf modeli, juftlikda dasturlash mashqlari, gamifikatsiya elementlari (ball va reyting tizimi) va kichik loyihaviy topshiriqlar — asosida tashkil etildi, nazorat guruhida esa an'anaviy ma'ruza va yakka tartibdagi mashqlarga asoslangan usul qo'llanildi. Tajriba boshida va oxirida ikkala guruhda ham bir xil mezonlar (kodni tushunish, masala yechish qobiliyati, amaliy loyiha bajarish) bo'yicha baholash topshiriqlari o'tkazildi (pedagogik tajriba metodi).

Uchinchidan, olingan natijalar tavsiflovchi statistika yordamida qayta ishlandi va guruhlar o'rtasidagi farqlar qiyosiy tahlil qilindi. To'rtinchidan, o'quvchilar orasida so'rovnomma o'tkazilib, innovatsion usullarga nisbatan motivatsiya va qoniqish darajasi baholandi (so'rovnomma metodi).

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida dasturlash tillarini o'qitishda qo'llaniladigan asosiy innovatsion usullar va ularning afzalliklari aniqlandi hamda 1-jadvalda umumlashtirildi.

Usul	Mohiyati	Asosiy afzalligi
Gamifikatsiya	O'quv jarayoniga ball, daraja, reyting elementlarini kiritish	Motivatsiya va faollikni oshiradi
Teskari sinf	Nazariyani uyda, amaliyotni sinfda o'rganish	Sinf vaqtidan amaliyot uchun ko'proq foydalanish
Juftlikda dasturlash	Ikki o'quvchining birgalikda kod yozishi	Xatolarni kamaytiradi, hamkorlikni rivojlantiradi
Blokli-vizual dasturlash	Kodni vizual bloklar orqali tuzish (masalan, Scratch)	Mantiqni sintaksisdan ajratgan holda o'rgatadi
Loyihaviy o'qitish	Real muammoni hal qiluvchi to'liq loyiha yaratish	Amaliy ko'nikma va ijodiy fikrlashni rivojlantiradi

An'anaviy va innovatsion usullar asosida o'tkazilgan pedagogik tajriba natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

Mezon	An'anaviy usul (nazorat guruhi)	Innovatsion usullar (tajriba guruhi)
Kodni tushunish darajasi	O'rtacha	Yuqori
Masala yechish qobiliyati	Past-o'rta	Yuqori
Amaliy loyiha bajarish sifati	O'rtacha	Sezilarli darajada yuqori
O'quv motivatsiyasi	O'rtacha	Yuqori

Pedagogik tajriba natijalariga ko'ra, innovatsion usullar qo'llanilgan tajriba guruhida o'quvchilarning kodni tushunish va masala yechish ko'rsatkichlari tajriba oxirida nazorat guruhiga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'lgan. Shuningdek, o'tkazilgan so'rovnoma natijalariga ko'ra, tajriba guruhi o'quvchilarining aksariyati juftlikda dasturlash va loyihaviy topshiriqlarni an'anaviy yakka tartibdagi mashqlarga nisbatan qiziqarliroq va foydaliroq deb baholagan.

MUHOKAMA

Olingan natijalar innovatsion usullarning dasturlash tillarini o'qitish sifatini oshirishda yuqori salohiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi. Juftlikda dasturlash va loyihaviy o'qitish o'quvchilarni faol muloqot va hamkorlikka undaydi, bu esa nafaqat texnik ko'nikmalarni, balki jamoaviy ishlash va kommunikatsiya ko'nikmalarini ham rivojlantiradi. Gamifikatsiya elementlari esa, ayniqsa boshlang'ich bosqichda, o'quvchilarning darsga bo'lgan qiziqishini va davomiyligini sezilarli darajada oshiradi.

Shu bilan birga, innovatsion usullarni joriy etish bir qator amaliy qiyinchiliklar bilan bog'liq. Birinchidan, teskari sinf modeli o'quvchilarning uyda mustaqil ravishda video darslarni ko'rib chiqishini talab qiladi, bu esa barcha o'quvchilarda bir xilda ta'minlanmasligi mumkin. Ikkinchidan, gamifikatsiya tizimini samarali loyihalash va uni haqiqiy o'quv natijalari bilan bog'lash o'qituvchidan qo'shimcha vaqt va metodik tayyorgarlikni talab qiladi. Uchinchidan, juftlikda dasturlash samaradorligi juftlikning tarkibiga (bilim darajasi va shaxsiy moslik) sezilarli darajada bog'liq bo'lib, buni to'g'ri tashkil etish o'qituvchidan alohida e'tibor talab qiladi.

Tadqiqot natijalari Papert, Resnik va hammualliflari, Uilyams va Kessler, shuningdek Vihavainen va hammualliflarining ilmiy ishlarida ilgari surilgan xulosalar bilan mos keladi: dasturlashni faqat nazariy tushuntirish orqali emas, balki amaliy, hamkorlikka asoslangan va motivatsion elementlarni o'z ichiga olgan faol o'qitish usullari orqali o'rgatish uzoq muddatli istiqbolda yuqori natijalarga olib keladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, an'anaviy ma'ruzaga asoslangan o'qitish usuli dasturlash mantiqini va amaliy kod yozish ko'nikmalarini yetarli darajada shakllantira olmaydi, bu esa dasturlash ta'limida innovatsion usullarni joriy etish zaruriyatini kuchaytiradi.

Ikkinchidan, gamifikatsiya, teskari sinf, juftlikda dasturlash, blokli-vizual vositalar va loyihaviy o'qitish kabi innovatsion usullar o'quvchilarning kodni tushunish, masala yechish va o'quv motivatsiyasi ko'rsatkichlarini sezilarli darajada oshirishi pedagogik tajriba natijalari bilan ham tasdiqlangan.

Uchinchidan, innovatsion usullarni muvaffaqiyatli joriy etish o'qituvchining maxsus metodik tayyorgarligini, tegishli texnik va o'quv-metodik resurslarni, shuningdek o'quvchilar guruhini to'g'ri tashkil etishni talab qiladi.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ta'kidlash mumkin: dasturlashga kirish kurslarida boshlang'ich bosqichda blokli-vizual vositalardan foydalanib, keyinchalik matnli dasturlash tillariga bosqichma-bosqich o'tish; darslarda muntazam ravishda juftlikda dasturlash va kichik loyihaviy topshiriqlarni qo'llash; imkon qadar gamifikatsiya elementlari va avtomatlashtirilgan baholash tizimlaridan (online judge platformalari) foydalanish; o'qituvchilarni innovatsion pedagogik texnologiyalar bo'yicha muntazam malaka oshirish kurslariga jalb qilish. Kelgusi tadqiqotlarda sun'iy intellekt asosidagi individuallashtirilgan o'qitish tizimlarining dasturlash ta'limiga integratsiyasini o'rganish istiqbolli yo'nalish bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Papert S. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. – 2nd ed. – New York: Basic Books, 1993. – 230 p.
2. Resnick M., Maloney J., Monroy-Hernández A. et al. *Scratch: Programming for All* // *Communications of the ACM*. – 2009. – Vol. 52, No. 11. – P. 60–67.
3. Bergmann J., Sams A. *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. – Washington, D.C.: ISTE / ASCD, 2012. – 112 p.
4. Williams L., Kessler R. *Pair Programming Illuminated*. – Boston: Addison-Wesley, 2003. – 288 p.
5. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification"* // *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*. – ACM, 2011. – P. 9–15.
6. Robins A., Rountree J., Rountree N. *Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion* // *Computer Science Education*. – 2003. – Vol. 13, No. 2. – P. 137–172.
7. Vihavainen A., Airaksinen J., Watson C. *A Systematic Review of Approaches for Teaching Introductory Programming and Their Influence on Success* // *Proceedings of the 10th Annual Conference on International Computing Education Research (ICER)*. – ACM, 2014. – P. 19–26.
8. Tursunova Sh.B. *Dasturlash asoslarini o'qitishda innovatsion pedagogik texnologiyalar* // *Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy-texnik jurnali*. – 2022. – №3. – B. 75–81.
9. Otabekov F.R., Rustamova D.Sh. *Dasturlashni o'rgatishda o'yinlashtirish (gamifikatsiya) texnologiyasidan foydalanish* // *O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi ilmiy jurnali*. – 2023. – №1. – B. 48–55.
10. Ismoilov Q.T. *Dasturlash tillarini o'qitish metodikasi: o'quv qo'llanma*. – Toshkent: TATU nashriyoti, 2020. – 204 b.

АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ И УСКОРЕНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Мухамадиева Кибриё Бахадировна

Узбекский государственный университет мировых языков, Ташкент 100174, Узбекистан,
mkb78@mail.ru

Аннотация. В данной работе представлен расширенный анализ математических методов оптимизации, являющихся фундаментом для обучения современных архитектур обработки естественного языка, таких как Transformer. С увеличением масштаба языковых моделей до сотен миллиардов параметров классические подходы к минимизации эмпирического риска оказываются вычислительно несостоятельными. В статье подробно разбирается топология функции потерь в многомерных пространствах, анализируется семейство адаптивных градиентных алгоритмов (Adam, AMSGrad, LAMB) и их математические отличия от стандартного стохастического градиентного спуска. Особое внимание уделено геометрической разнице между L_2 -регуляризацией и прямым убыванием весов в неевклидовых пространствах оптимизации. Рассматриваются передовые методы алгоритмического и аппаратного ускорения, включая низкоранговую аппроксимацию матриц весов, квантование и градиентное накопление. Демонстрируется, как синергия этих подходов обеспечивает устойчивую сходимость и обобщающую способность моделей в условиях жестких ограничений VRAM.

Ключевые слова: большие языковые модели, математическая оптимизация, адаптивные градиентные алгоритмы, регуляризация, низкоранговая адаптация (LoRA), квантование нейронных сетей, архитектура Transformer

Abstract. This paper presents a comprehensive analysis of the mathematical optimization methods that serve as the foundation for training modern natural language processing architectures, such as the Transformer. As language models scale to hundreds of billions of parameters, classical approaches to empirical risk minimization become computationally intractable. The article examines in detail the topology of the loss function in multidimensional spaces, analyzing the family of adaptive gradient algorithms (Adam, AMSGrad, LAMB) and their mathematical distinctions from standard stochastic gradient descent. Particular attention is given to the geometric difference between L_2 - regularization and direct weight decay in non-Euclidean optimization spaces. Advanced methods of algorithmic and hardware acceleration are considered, including low-rank weight matrix approximation, quantization, and gradient accumulation. It is demonstrated how the synergy of these approaches ensures robust convergence and generalization capability of the models under severe VRAM constraints.

Keywords: large language models, mathematical optimization, adaptive gradient algorithms, regularization, low-rank adaptation, neural network quantization, Transformer architecture.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Transformer kabi zamonaviy tabiiy tilni qayta ishlash arxitekturalarini o'qitish uchun asos bo'lib xizmat qiladigan matematik optimallashtirish usullarining kengaytirilgan tahlili taqdim etilgan. Til modellarining ko'lami yuz milliardlab parametrlargacha kengayib borishi bilan, empirik xavfni minimallashtirishga qaratilgan klassik yondashuvlar hisoblash nuqtai nazaridan yaroqsiz bo'lib qolmoqda. Maqolada ko'p o'lchovli

fazolarda yo'qotish funksiyasi topologiyasi batafsil ko'rib chiqiladi, shuningdek, adaptiv gradient algoritmlari (Adam, AMSGrad, LAMB) oilasi va ularning standart stoxastik gradient tushish (SGD) usulidan matematik farqlari tahlil qilinadi. Noevklid optimallashtirish fazolarida $\mathbf{L}_2$ - regularizatsiyasi va vaznlarning to'g'ridan-to'g'ri kamayishi o'rtasidagi geometrik farqqa alohida e'tibor qaratilgan. Algoritmik va apparat darajasida tezlashtirishning ilg'or usullari, jumladan, vazn matritsalarining past rangli approksimatsiyasi, kvantlash va gradientlarni jamlash ko'rib chiqiladi. Ushbu yondashuvlarning sinergiyasi VRAM bo'yicha qat'iy cheklovlar sharoitida modellarning barqaror yaqinlashishini va umumlashtirish qobiliyatini qanday ta'minlashi ko'rsatib berilgan.

Kalit so'zlar: yirik til modellari, matematik optimallashtirish, adaptiv gradient algoritmlari, regularizatsiya, past rangli adaptatsiya, neyron tarmoqlarni kvantlash, Transformer arxitekturasini.

ВВЕДЕНИЕ

Обучение современных NLP-моделей формулируется как задача минимизации эмпирического риска на огромных корпусах текстовых данных. Если $\theta \in \mathbf{R}^d$ - вектор параметров модели (где d может достигать 10^{11}), а $L(\theta, x_i, y_i)$ - функция потерь для отдельного токена или предложения, то общая задача оптимизации имеет вид:

$$\min_{\theta \in \mathbf{R}^d} J(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(\theta, x_i, y_i) \quad (1)$$

В контексте глубоких архитектур Transformer [1] поверхность функции потерь $J(\theta)$ является сильно невыпуклой, изобилует седловыми точками и областями с исчезающе малым градиентом (плато). Классический стохастический градиентный спуск (SGD) обновляет параметры в направлении антиградиента:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \nabla_{\theta} L(\theta_t) \quad (2)$$

Однако в NLP-моделях SGD сталкивается с критической проблемой: дисперсия градиентов по различным слоям (от эмбеддингов до выходных полносвязных слоев) варьируется на несколько порядков. Это приводит к плохой обусловленности матрицы Гессе $\nabla^2 J(\theta)$ и зигзагообразному движению в оврагах функции потерь, что делает базовый SGD практически неприменимым для предварительного обучения (pre-training) моделей масштаба BERT или GPT.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для решения проблемы плохой обусловленности применяются методы, масштабирующие шаг обучения для каждого параметра индивидуально на основе истории градиентов.

Adam (Adaptive Moment Estimation) использует экспоненциальное скользящее среднее (ЕМА) для первого $\mathbf{m}_t$ и второго $\mathbf{v}_t$ нецентральных моментов градиента $\mathbf{g}_t$ [2]:

$$\mathbf{m}_t = \beta_1 \mathbf{m}_{t-1} + (1 - \beta_1) \mathbf{g}_t \quad (3)$$

$$\mathbf{v}_t = \beta_2 \mathbf{v}_{t-1} + (1 - \beta_2) \mathbf{g}_t \odot \mathbf{g}_t \quad (4)$$

где $\odot$ — поэлементное умножение. После коррекции смещения ($\hat{\mathbf{m}}_t = \frac{\mathbf{m}_t}{1 - \beta_1^t}$, $\hat{\mathbf{v}}_t = \frac{\mathbf{v}_t}{1 - \beta_2^t}$), правило обновления принимает вид:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{\hat{\mathbf{v}}_t + \epsilon}} \odot \hat{\mathbf{m}}_t \quad (5)$$

Несмотря на популярность, математически доказано (Reddi et al., 2018), что Adam может не сходиться к оптимальному решению даже для простых выпуклых одномерных функций из-за того, что эффективный шаг обучения $\frac{\eta}{\sqrt{\hat{v}_t}}$ может немонотонно возрастать.

AMSGrad и LAMB. Для устранения этой уязвимости был предложен AMSGrad, который принудительно делает последовательность вторых моментов неубывающей [3-4]:

$$\hat{v}_t = \max(\hat{v}_{t-1}, v_t) \quad (6)$$

Для обучения больших моделей на огромных батчах (Large Batch Training) применяется алгоритм LAMB (Layer-wise Adaptive Moments for Batch training). Он вводит послойную нормализацию шага обновления, вычисляя доверительное отношение (trust ratio) $r_t^{(l)}$ для каждого слоя l :

$$r_t^{(l)} = \frac{\|\theta_t^{(l)}\|_2}{\|u_t^{(l)}\|_2} \quad (7)$$

где $u_t^{(l)}$ - обновление Adam для данного слоя. Это позволяет масштабировать размер батча до десятков тысяч примеров без потери обобщающей способности, что критически сокращает время претрейна LLM[5].

Математическая регуляризация и геометрия функции потерь. Высокая репрезентативная емкость Transformer-моделей требует строгих механизмов регуляризации для предотвращения переобучения на обучающей выборке.

AdamW: Разделение L_2 - регуляризации и Weight Decay. В стандартном SGD L_2 -регуляризация (добавление штрафа $\frac{\lambda}{2} \|\theta\|^2$ к функции потерь) и Weight Decay (уменьшение весов на каждом шаге) математически эквивалентны. Однако для адаптивных оптимизаторов градиент регуляризационного члена также масштабируется на $\frac{1}{\sqrt{\hat{v}_t}}$. Это приводит к тому, что параметры с большими градиентами штрафуются меньше, что геометрически искажает пространство регуляризации.

AdamW решает эту проблему, вынося шаг регуляризации за пределы адаптивного масштабирования:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \left(\frac{\hat{m}_t}{\sqrt{\hat{v}_t + \epsilon}} \right) - \eta \lambda \theta_t \quad (8)$$

Layer Normalization как регуляризатор. В архитектуре Transformer нормализация слоя (LayerNorm) не только стабилизирует прямое распространение, но и действует как неявный регуляризатор. Математически она преобразует вектор активаций x слоя:

$$\text{LN}(x) = \frac{x - \mu}{\sqrt{\sigma^2 + \epsilon}} \odot \gamma + \quad (9)$$

Анализ гессиана показывает, что LayerNorm сглаживает спектр матрицы вторых производных, уменьшая максимальное собственное значение $\lambda_{\max}(\nabla^2 \mathcal{J})$, что позволяет использовать более высокую скорость обучения η без риска расходимости.

Алгоритмическое ускорение и управление памятью. Обучение NLP-моделей ограничено объемом видеопамяти (VRAM). Хранение состояний оптимизатора (Adam требует хранения m_t и v_t , что в 2 раза превышает размер самой модели) диктует необходимость математических аппроксимаций.

Низкоранговая адаптация (LoRA). Вместо обновления полной матрицы весов $W \in \mathbb{R}^{d_{\text{out}} \times d_{\text{in}}}$, метод LoRA опирается на гипотезу о том, что изменение весов при дообучении имеет

низкую внутреннюю размерность (low intrinsic dimension) [6]. Матрица обновления ΔW аппроксимируется произведением двух матриц низкого ранга $\mathbf{r}$:

$$W_{\text{tuned}} = W + \Delta W = W + \mathbf{B}\mathbf{A} \quad (10)$$

где $\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{d_{\text{out}} \times \mathbf{r}}$, $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{\mathbf{r} \times d_{\text{in}}}$, при этом $\mathbf{r} \ll \min(d_{\text{out}}, d_{\text{in}})$.

В процессе обратного распространения ошибки (Backpropagation) матрица $\mathbf{W}$ остается замороженной (градиенты по ней не вычисляются), а оптимизируются только матрицы $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$. Это снижает количество обучаемых параметров на 99%, радикально уменьшая затраты памяти на состояния оптимизатора, при этом математически сохраняя выразительную способность на уровне полного Fine-Tuning за счет свойств сингулярного разложения (SVD) в контексте текстовых представлений.

Квантование и QLoRA. Квантование проецирует веса модели из пространства чисел с плавающей точкой высокой точности (FP32/FP16) в дискретное пространство низкой разрядности (например, INT8 или NF4) [7]. Для вектора весов $\mathbf{W}$ симметричное линейное квантование определяется как:

$$W_Q = \text{Round} \left(W \cdot \frac{2^{b-1}-1}{\max(|W|)} \right) \quad (11)$$

где $\mathbf{b}$ - количество бит. Метод QLoRA комбинирует 4-битное квантование базовой модели (с использованием информационно-теоретически оптимального типа данных NormalFloat4) с 16-битными адаптерами LoRA, что позволяет дообучать модели класса 65B параметров на одном потребительском GPU.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Интеграция описанных математических методов формирует современный стандарт обучения LLM. Эмпирические исследования показывают следующую синергию:

1. Использование планировщиков шага обучения в связке с AdamW нивелирует начальную нестабильность моментов $\hat{\mathbf{v}}_t$, предотвращая раннее затухание градиентов в глубоких слоях Self-Attention.

2. Градиентное контрольное сохранение позволяет достичь суб-линейной $\mathcal{O}(\sqrt{L})$ сложности по памяти относительно глубины сети $\mathbf{L}$ за счет перевычисления активаций, что в комбинации со смешанной точностью (BF16) и QLoRA снижает требования к VRAM с 80 ГБ до 12-16 ГБ для моделей размера 7B [8].

3. Математически обоснованное снижение ранга $\mathbf{r}$ в LoRA (обычно $\mathbf{r} \in [8, 64]$) выступает в роли естественного информационного фильтра, предотвращая катастрофическое забывание (catastrophic forgetting) базовых знаний при адаптации под узкоспециализированные домены, сохраняя высокие баллы метрик BLEU и ROUGE.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные NLP-системы неразрывно связаны с прогрессом в области вычислительной математики и методов стохастической оптимизации. Эволюция от базового SGD к многоуровневым адаптивным методам (LAMB, AdamW) иллюстрирует переход от наивного градиентного спуска к сложной навигации в искривленных высокоразмерных пространствах с учетом кривизны и моментов.

Методы низкоранговой аппроксимации и квантования доказали, что избыточность параметров глубоких сетей можно математически редуцировать без потери качества. Будущее

развитие алгоритмов оптимизации направлено на разработку методов второго порядка (использующих аппроксимацию обратного Гессияна) с линейной вычислительной сложностью, а также на создание оптимизаторов, специфичных для мультиагентных архитектур и методов топологической фильтрации (включая абстрактные синтаксические деревья для структурированного вывода), что позволит демократизировать процесс создания ИИ-систем следующего поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., et al. (2017). Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30. (Базовая архитектура и топология функции потерь).
2. Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR).
3. Reddi, S. J., Kale, S., & Kumar, S. (2018). On the Convergence of Adam and Beyond (AMSGrad). International Conference on Learning Representations.
4. Loshchilov, I., & Hutter, F. (2019). Decoupled Weight Decay Regularization (AdamW). International Conference on Learning Representations.
5. You, Y., Li, J., Reddi, S., et al. (2019). Large Batch Optimization for Deep Learning: Training BERT in 76 minutes (LAMB). International Conference on Learning Representations.
6. Hu, E. J., Shen, Y., Wallis, P., et al. (2021). LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models. arXiv preprint arXiv:2106.09685.
7. Dettmers, T., Pagnoni, A., Holtzman, A., & Zettlemoyer, L. (2023). QLoRA: Efficient Finetuning of Quantized LLMs. Advances in Neural Information Processing Systems.
8. Micikevicius, P., Narang, S., Alben, J., et al. (2017). Mixed Precision Training. arXiv preprint arXiv:1710.03740.

MUHANDISLIK GRAFIKASI DARSLARIDA 2D CHIZMALARDAN 3D MODELLARGA O'TISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

Boymuratov Farrux Xamzayevich

Qarshi davlat texnika universiteti katta o'qituvchisi.

tel.93-422-27-17, f.boymuratov@kstu.uz

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada muhandislik grafikasi darslarida talabalarning ikki o'lchamli chizmalarni o'qish, ulardagi geometrik ma'lumotlarni tahlil qilish va ular asosida uch o'lchamli modellar yaratish ko'nikmalarini rivojlantirish masalalari ko'rib chiqilgan. 2D chizmalardan 3D modellarga o'tishning geometrik dekompozitsiya, proyeksion bog'lanishlarni aniqlash, fazoviy obrazni shakllantirish, kompyuterda modellashtirish va teskari tekshirish bosqichlaridan iborat takomillashtirilgan metodikasi taklif etilgan. Metodikada AutoCAD dasturining 2D va 3D modellashtirish vositalaridan o'zaro bog'liq holda foydalanish nazarda tutilgan. Taklif etilgan topshiriqlar tizimi talabalarning fazoviy tasavvuri, chizmani o'qish, geometrik shakllarni tahlil qilish va grafik masalalarni mustaqil yechish ko'nikmalarini rivojlantirishga yo'naltirilgan. Mazkur metodikadan oliy ta'lim muassasalarida muhandislik grafikasi fanining amaliy mashg'ulotlarini tashkil etishda foydalanish mumkin.*

Kalit soʻzlar: muhandislik grafikasi, 2D chizma, 3D model, AutoCAD, fazoviy tasavvur, geometrik dekompozitsiya, proyeksion bogʻlanish, kompyuter grafikasi, grafik kompetentlik.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы развития у студентов навыков чтения и анализа двухмерных чертежей, а также создания на их основе трёхмерных моделей на занятиях по инженерной графике. Предложена усовершенствованная методика перехода от 2D-чертежей к 3D-моделям, включающая геометрическую декомпозицию детали, выявление проекционных связей, формирование пространственного образа, планирование последовательности моделирования, создание компьютерной модели и её обратную проверку. Методика предусматривает взаимосвязанное использование средств двухмерного черчения и трёхмерного моделирования программы AutoCAD. Разработанная система заданий направлена на развитие пространственного представления студентов, навыков чтения чертежей, анализа геометрической формы и самостоятельного решения графических задач. Предложенная методика может применяться при организации практических занятий по инженерной и компьютерной графике в высших образовательных учреждениях.

Ключевые слова: инженерная графика, 2D-чертёж, 3D-модель, AutoCAD, пространственное представление, геометрическая декомпозиция, проекционная связь, компьютерная графика, графическая компетентность.

Abstract. This article examines the development of students' skills in reading and analysing two-dimensional drawings and creating three-dimensional models based on them in engineering graphics classes. An improved methodology for transitioning from 2D drawings to 3D models is proposed. It includes geometric decomposition of a part, identification of projection relationships, formation of a spatial representation, planning of the modelling sequence, creation of a computer model, and reverse verification. The methodology involves the integrated use of AutoCAD's two-dimensional drafting and three-dimensional modelling tools. The developed system of tasks is aimed at improving students' spatial visualization, drawing-reading skills, geometric-form analysis, and ability to solve graphical problems independently. The proposed methodology can be applied in organizing practical classes in engineering and computer graphics at higher education institutions.

Keywords: engineering graphics, 2D drawing, 3D model, AutoCAD, spatial visualization, geometric decomposition, projection relationship, computer graphics, graphical competence.

KIRISH

Muhandislik grafikasi texnika yoʻnalishlarida tahsil olayotgan talabalarning kasbiy tayyorgarligini shakllantiradigan asosiy umumtexnik fanlardan biridir. Mazkur fanni oʻzlashtirish jarayonida talabalar buyumlarning geometrik shaklini tahlil qilish, chizmalarni oʻqish va bajarish, fazoviy obyektlarni tekislikda tasvirlash hamda konstruktorlik hujjatlarini rasmiylashtirish koʻnikmalariga ega boʻladilar.

Zamonaviy muhandislik faoliyatida anʼanaviy 2D chizmalar bilan bir qatorda avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarida yaratiladigan uch oʻlchamli modellar ham keng qoʻllanilmoqda. Shu sababli muhandislik grafikasi fanini oʻqitishda talabalarga faqat tayyor grafik tasvirlarni bajarishni emas, balki ikki oʻlchamli proyeksiyalar asosida buyumning fazoviy shaklini aniqlash va uning 3D modelini yaratishni ham oʻrgatish zarur [1, 2].

Fazoviy tasavvur muhandislik ta'limidagi muhim kognitiv qobiliyatlardan biri hisoblanadi. Fazoviy qobiliyatlarning yetarli darajada rivojlanmaganligi talabalarning chizma geometriya, muhandislik grafikasi, konstruktorlik va kompyuterda loyihalashga oid masalalarni bajarishida qiyinchiliklarni yuzaga keltirishi mumkin [3, 4]. Tadqiqotlarda CAD dasturlari va 3D modellashtirish topshiriqlaridan foydalanish talabalarning fazoviy tasavvuri hamda obyektlarning geometrik tuzilishini tushunishiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [2–5]. (link.springer.com)

An'anaviy o'qitishda talabaga detalning ikki yoki uchta ko'rinishi taqdim etilib, uning yaqqol tasvirini qurish talab qilinadi. Biroq ayrim talabalar ko'rinishlar o'rtasidagi proyeksion bog'lanishlarni aniqlash, detalning ko'rinmaydigan qismlarini tasavvur qilish hamda tekis tasvir asosida yaxlit fazoviy obrazni shakllantirishda qiynaladilar. Natijada ular 3D modellashtirish dasturida detalni yaratishda geometrik va konstruktiv xatolarga yo'l qo'yadilar.

2D chizmadan bevosita 3D model yaratishga o'tish talaba uchun murakkab kognitiv jarayon hisoblanadi. Bunda talaba chizmadagi chiziqlarni shunchaki takrorlamasdan, ularning qanday geometrik sirt va elementlarni ifodalashini tushunishi kerak. Shuningdek, detalni sodda geometrik jismlarga ajratish, modelning bazaviy elementini tanlash va modellashtirish operatsiyalarining maqbul ketma-ketligini belgilash talab etiladi.

Mavjud o'qitish amaliyotida 2D chizma va 3D modellashtirish mavzulari ko'pincha bir-biridan alohida o'rganiladi. Dastlab proyeksion chizmachilik mavzulari o'tilib, keyinchalik kompyuter grafikasi bo'limida 3D modellashtirish buyruqlari o'rgatiladi. Bunday yondashuvda talaba 2D proyeksiyalar va 3D model o'rtasidagi mantiqiy bog'lanishni har doim ham to'liq anglab yetmaydi. Shu sababli 2D chizmani o'qish, fazoviy shaklni aniqlash va 3D model yaratish jarayonlarini yagona metodik tizimga birlashtirish zarurati yuzaga keladi.

Kompyuterda modellashtirish vositalari talabaga detalni turli rakurslardan kuzatish, uni aylantirish, kesish, konstruktiv elementlarini o'zgartirish va modeldan avtomatik ravishda ortogonal proyeksiyalar olish imkonini beradi [1, 5]. Bunda 3D model faqat yakuniy grafik mahsulot emas, balki chizmani tushunish, farazni tekshirish va yo'l qo'yilgan xatolarni aniqlash vositasi sifatida ham xizmat qiladi.

Muhandislik grafikasi mashg'ulotlarida 2D va 3D tasvirlarni o'zaro bog'lashga asoslangan topshiriqlardan foydalanish talabalarning darsdagi faolligini oshirish, grafik masalalarni mustaqil bajarish va fazoviy fikrlash ko'nikmalarini rivojlantirish uchun zarur sharoit yaratadi. Bunda talabaning faoliyati "tayyor chizmani ko'chirish"dan "geometrik shaklni tahlil qilish va modelni konstruksiyalash" darajasiga o'tadi.

TADQIQOTNING MAQSADI

Muhandislik grafikasi darslarida 2D chizmalarni tahlil qilish va ular asosida 3D model yaratish jarayonlarini o'zaro integratsiyalash orqali talabalarning fazoviy tasavvuri hamda grafik kompetentligini rivojlantirishga yo'naltirilgan metodikani takomillashtirish.

Tadqiqot maqsadidan kelib chiqib quyidagi vazifalar belgilandi:

1. 2D chizmalardan 3D modellarga o'tishda talabalar duch keladigan asosiy qiyinchiliklarni aniqlash.
2. Detal chizmasini geometrik tahlil qilish bosqichlarini ishlab chiqish.
3. 2D proyeksiyalar va 3D model o'rtasidagi bog'lanishni ta'minlaydigan topshiriqlar tizimini shakllantirish.
4. AutoCAD dasturida 3D model yaratishning bosqichma-bosqich algoritmini ishlab chiqish.

5. Yaratilgan modelni dastlabki 2D chizma bilan teskari taqqoslash va baholash mezonlarini belgilash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi. Muhandislik grafikasi darslarida 2D chizmalardan 3D modellarga o'tish metodikasi detalni geometrik dekompozitsiya qilish, proyeksion bog'lanishlarni aniqlash, fazoviy obrazni shakllantirish, modellashtirish operatsiyalarini rejalashtirish va tayyor modelni teskari proyeksiyalash orqali tekshirish bosqichlarini o'zaro integratsiyalash asosida takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati. Taklif etilayotgan metodikadan muhandislik grafikasi va kompyuter grafikasi fanlarining amaliy mashg'ulotlarini tashkil etish, AutoCAD bo'yicha topshiriqlarni ishlab chiqish hamda talabalarining mustaqil ta'lim faoliyatini yo'lga qo'yishda foydalanish mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda ilmiy-pedagogik adabiyotlarni tahlil qilish, kuzatish, taqqoslash, grafik topshiriqlarni modellashtirish hamda talabalarining bajarilgan ishlarini sifat jihatidan baholash usullaridan foydalanildi. Metodikani ishlab chiqishda 2D chizmani o'qishdan 3D modelni yaratishgacha bo'lgan o'quv faoliyati o'zaro bog'langan bosqichlarga ajratildi.

CAD dasturlaridan foydalanishning o'zi talabalarining fazoviy tasavvurini avtomatik ravishda rivojlantirmaydi. Buning uchun dasturiy vositalar aniq pedagogik maqsad, bosqichma-bosqich topshiriqlar va muntazam teskari aloqa bilan uyg'unlashtirilishi kerak [1, 2, 5]. Shu asosda 2D chizmalardan 3D modellarga o'tishning yetti bosqichli metodikasi ishlab chiqildi.

Birinchi bosqichda talabaga detalning bosh ko'rinishi, ustidan va chapdan ko'rinishi taqdim etiladi. Talaba chizmadagi gabarit o'lchamlar, simmetriya o'qlari, kontur chiziqlari, ko'rinmas elementlar va o'lchamlar o'rtasidagi bog'lanishlarni aniqlaydi.

O'qituvchi quyidagi yo'naltiruvchi savollardan foydalanishi mumkin:

Detalning umumiy shakli qanday?

Qaysi ko'rinish detal haqida eng ko'p ma'lumot beradi?

Shtrix chiziqlar qanday elementni ifodalaydi?

Detalda nechta teshik, o'yi yoki bo'rtiq mavjud?

Qaysi geometrik elementlar barcha ko'rinishlarda aks etgan?

Mazkur savollar talabaning chizmani oddiy grafik tasvir emas, balki fazoviy obyekt haqidagi kodlangan ma'lumot sifatida qabul qilishga yordam beradi.

Ikkinchi bosqichda detal shakli sodda geometrik jismlarga ajratiladi. Ushbu jarayon geometrik dekompozitsiya deb qaraladi. Talaba detal tarkibidagi prizma, silindr, konus, teshik, paz, faska va yumaloqlash kabi elementlarni aniqlaydi.

Masalan, murakkab detal quyidagicha tahlil qilinishi mumkin:

Detal=asosiy prizma+silindrik bo'rtiq-teshik-paz+yumaloqlash.

Geometrik dekompozitsiya talabaning model yaratishdan oldin bajariladigan operatsiyalarni mantiqiy rejalashtirishiga imkon beradi. Fazoviy obyektlarni sodda geometrik tarkibiy qismlarga ajratish 2D va 3D tasvirlar o'rtasidagi bog'lanishni tushunishni yengillashtiradi [2-4].

Uchinchi bosqichda talaba detalning bir ko'rinishida tasvirlangan element boshqa ko'rinishlarda qanday aks etishini aniqlaydi. Bunda proyeksion bog'lanish chiziqlaridan foydalaniladi.

Masalan, bosh ko'rinishdagi aylana ustidan ko'rinishda to'g'ri to'rtburchak shaklida namoyon bo'lishi mumkin. Shuningdek, bir ko'rinishda ko'rinadigan kontur boshqa ko'rinishda shtrix chiziq

bilan ifodalanishi mumkin. Talaba ushbu bog‘lanishlarni aniqlash orqali detalning fazoviy tuzilishi haqidagi dastlabki farazini shakllantiradi.

Talaba AutoCAD dasturiga o‘tishdan oldin 3D modelni yaratish ketma-ketligini yozma yoki grafik shaklda rejalashtiradi. Bu bosqichda bazaviy geometrik element va modelni yaratish uchun zarur buyruqlar aniqlanadi.

Namunaviy algoritmi:

Beshinchi bosqichda talaba ishlab chiqilgan algoritmi asosida detalning uch o‘lchamli modelini yaratadi. O‘qituvchi dastlab barcha operatsiyalarni tayyor ko‘rinishda namoyish etmaydi. Talabaga bazaviy element va maqbul modellash ketma-ketligini mustaqil tanlash imkoniyati beriladi.

Topshiriqlar murakkablik darajasiga ko‘ra uch guruhga ajratiladi:

Daraja	Topshiriq xususiyati	Talaba faoliyati
Reproduktiv	Tayyor algoritmi va 2D chizma beriladi	Ko‘rsatma asosida 3D model yaratadi
Produktiv	2D chizma beriladi, algoritmi berilmaydi	Modellashtirish ketma-ketligini mustaqil tanlaydi
Ijodiy	Detalga qo‘yilgan talablar beriladi	2D chizma va 3D modelni mustaqil ishlab chiqadi

Topshiriqlarning bunday ketma-ketligi talabaning tayyor namuna asosida ishlashdan mustaqil konstruktiv faoliyatga bosqichma-bosqich o‘tishini ta‘minlaydi.

Yaratilgan 3D modelning to‘g‘riligi undan qayta hosil qilingan ortogonal proyeksiyalarni boshlang‘ich 2D chizma bilan taqqoslash orqali tekshiriladi. Ushbu jarayon metodikaning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi.

Tekshirish quyidagi mezonlar asosida amalga oshiriladi: tashqi konturlarning mosligi; teshik va o‘yiqning joylashuvi; gabarit o‘lchamlarning to‘g‘riligi; ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan chiziqlarning mosligi; simmetriya o‘qlarining joylashuvi; qirg‘im va kesimlarning to‘g‘ri hosil qilinishi.

Agar modeldan olingan ko‘rinishlar dastlabki chizmaga mos kelmasa, talaba xato sababini aniqlaydi va modelga tuzatish kiritadi. Natijada baholash faqat tayyor modelga emas, balki uni yaratish va tekshirish jarayoniga ham qaratiladi.

Yakuniy bosqichda talaba bajargan ishini tahlil qilib, quyidagi savollarga javob beradi: Detalni qanday geometrik jismlarga ajratdim? Bazaviy element sifatida qaysi qismni tanladim? Qaysi modellash operatsiyalari murakkab bo‘ldi? Dastlabki modelda qanday xatolar mavjud edi? Teskari proyeksiyalash yordamida qaysi xatolar aniqlandi? Topshiriqni boshqa algoritmi bilan bajarish mumkinmi?

Refleksiv tahlil talabaning o‘z faoliyatini nazorat qilish, xatolarni anglash va maqbul yechimni asoslash ko‘nikmalarini rivojlantiradi.

Taklif etilgan metodika quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi: 2D chizmani o‘qish→geometrik dekompozitsiya→fazoviy obraz→modellash rejasi→3D model→teskari tekshirish→refleksiya.

An‘anaviy yondashuvda asosiy e‘tibor tayyor 3D modelni yaratishga qaratilsa, takomillashtirilgan metodikada talabaning chizmani o‘qishi, detal shaklini tahlil qilishi, harakatlar ketma-ketligini rejalashtirishi va natijani mustaqil tekshirishi yagona o‘quv jarayoniga birlashtiriladi.

XULOSA.

Muhandislik grafikasi darslarida 2D chizmalardan 3D modellarga o'tish jarayoni talabalardan chizmani o'qish, proyeksion bog'lanishlarni aniqlash, detalning fazoviy shaklini tasavvur qilish va kompyuterda modellashtirish ko'nikmalarini o'zaro uyg'un holda qo'llashni talab etadi. Mazkur jarayonni faqat AutoCAD buyruqlarini o'rgatish bilan cheklash talabalarning fazoviy va grafik kompetentligini yetarli darajada rivojlantirish imkonini bermaydi.

Tadqiqot doirasida 2D chizmani tahlil qilish, detalni sodda geometrik elementlarga ajratish, proyeksion bog'lanishlarni aniqlash, modellashtirish operatsiyalarini rejalashtirish, 3D model yaratish, teskari proyeksiyalash orqali tekshirish hamda reflektiv baholashdan iborat yetti bosqichli metodika taklif etildi.

Takomillashtirilgan metodika asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. 2D chizmani geometrik dekompozitsiya qilish talabaning murakkab detal shaklini sodda fazoviy jismlar majmui sifatida tushunishiga yordam beradi.

2. Detalning turli ko'rinishlari o'rtasidagi proyeksion bog'lanishlarni aniqlash uning yaxlit fazoviy obrazini shakllantirish uchun muhim didaktik bosqich hisoblanadi.

3. 3D modelni yaratishdan oldin modellashtirish operatsiyalarini rejalashtirish talabalarning tasodifiy harakatlarini kamaytirib, grafik topshiriqlarni ongli va izchil bajarishiga sharoit yaratadi.

4. Topshiriqlarni reproduktiv, produktiv va ijodiy darajalarga ajratish talabalarni tayyor algoritm asosida ishlashdan mustaqil loyihalash faoliyatiga bosqichma-bosqich olib o'tish imkonini beradi.

5. 3D modeldan qayta olingan ortogonal proyeksiyalarni boshlang'ich 2D chizma bilan taqqoslash geometrik va konstruktiv xatolarni aniqlashning samarali vositasi bo'lib xizmat qiladi.

6. Reflektiv baholash talabalarda yo'l qo'yilgan xatolarni aniqlash, modellashtirish ketma-ketligini tahlil qilish va tanlangan yechimni asoslash ko'nikmalarini shakllantiradi.

Taklif etilgan metodikaning asosiy afzalligi 2D chizma va 3D modelni alohida o'quv mavzulari sifatida emas, balki o'zaro bog'langan yagona grafik faoliyat jarayoni sifatida o'rganishga asoslanganidir. Mazkur metodikadan oliy ta'lim muassasalarida muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarining amaliy mashg'ulotlarini tashkil etishda, AutoCAD bo'yicha grafik topshiriqlar tizimini ishlab chiqishda hamda talabalarning mustaqil ta'limini yo'lga qo'yishda foydalanish mumkin.

Kelgusida taklif etilgan metodikaning samaradorligini tajriba va nazorat guruhlari ishtirokidagi pedagogik tajriba-sinov ishlari orqali aniqlash, natijalarni statistik tahlil qilish hamda uni boshqa CAD dasturlarida qo'llash imkoniyatlarini o'rganish maqsadga muvofiq.

DASTLABKI FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. González Campos J.S., Rodríguez-Andrés C., Molina-Soto J. An empirical study of the effect that a computer graphics course has on visual-spatial abilities // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2019. Vol. 16. Article 41. DOI: 10.1186/s41239-019-0169-7.

2. Dilling F., Vogler A. Fostering spatial ability through computer-aided design: a case study // *Digital Experiences in Mathematics Education*. 2021. Vol. 7. P. 323–336. DOI: 10.1007/s40751-021-00084-w.

3. Marunić G., Glažar V. Improvement and assessment of spatial ability in engineering education // *Engineering Review*. 2014. Vol. 34, No. 2. P. 139–150.

4. Nagy-Kondor R. Development of spatial ability extra tasks for engineering students // *Quality & Quantity*. 2022. Vol. 56. P. 371–389. DOI: 10.1007/s11135-021-01284-7.

5. Kösas T., Karakuş F. The effects of computer-aided design software on engineering students' spatial visualization skills // European Journal of Engineering Education. 2018. Vol. 43, No. 2. P. 296–308. DOI: 10.1080/03043797.2017.1370578.

6. Gracia-Ibáñez V., Sancho-Bru J.L., Pérez-González A., Andrés-Romano C. Applying action research in CAD teaching to improve the learning process and academic performance // International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2016. Vol. 13. Article 9. DOI: 10.1186/s41239-016-0010-5.

MICROSERVICES ARXITEKTURASINING ZAMONAVIY AXBOROT TIZIMLARIDA QO'LLANILISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Berdiyev Bexruz Bahodirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada mikroservis arxitekturasiga o'tishning asosiy tashkiliy va texnik sabablari — jamoa avtonomiyasi, mustaqil joylashtirish (deployment) imkoniyati va texnologik xilma-xillik — nazariy jihatdan yoritilgan. Tadqiqot uchun mikroservis arxitekturasiga o'tgan O'zbekistondagi turli sohalarga (moliya, elektron tijorat, telekommunikatsiya) mansub 22 nafar IT-tashkilotning arxitektura bo'yicha mas'ul mutaxassisi (tex-lid, dasturiy ta'minot arxitektori) ishtirokida so'rovnoma va yarim tuzilgan intervyu o'tkazilgan bo'lib, ular o'tishdan oldingi va keyingi holatni besh o'lchov bo'yicha — yetkazib berish tezligi, jamoa avtonomiyasi, operatsion murakkablik, tizim barqarorligi va rivojlantirish xarajatlari — baholashgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, respondentlarning aksariyati (86%) yetkazib berish tezligi va jamoa avtonomiyasi ko'rsatkichlari bo'yicha sezilarli yaxshilanishni qayd etgan, biroq shu bilan birga 77% respondent operatsion murakkablik (monitoring, log yig'ish, xizmatlararo aloqani boshqarish) sezilarli darajada oshganini tan olgan. Rivojlantirish xarajatlari bo'yicha natijalar aralash bo'lib, kichik jamoalar (10 nafardan kam) uchun xarajatlar ko'pincha oshgani, yirik jamoalar (30 nafardan ortiq) uchun esa uzoq muddatli istiqbolda pasaygani aniqlangan. Maqola yakunida mikroservis arxitekturasiga o'tishning muvaffaqiyat shartlari bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: mikroservis arxitekturasini, dasturiy ta'minot arxitekturasini, jamoa avtonomiyasi, operatsion murakkablik, taqsimlangan tizimlar, dasturiy injiniring.

Annotation. The article theoretically examines the main organizational and technical reasons for adopting microservices architecture — team autonomy, independent deployment capability, and technological diversity. For the study, a survey and semi-structured interviews were conducted with 22 architecture-responsible specialists (tech leads, software architects) from IT organizations in Uzbekistan across various sectors (finance, e-commerce, telecommunications) that had adopted microservices architecture, evaluating their organizations' before-and-after states across five dimensions — delivery speed, team autonomy, operational complexity, system reliability, and development costs. The results show that a majority of respondents (86 percent) reported significant improvement in delivery speed and team autonomy indicators, but at the same time, 77 percent of respondents acknowledged a significant increase in operational complexity (monitoring, log

aggregation, managing inter-service communication). Results regarding development costs were mixed: costs often increased for smaller teams (fewer than 10 members), while they decreased in the long term for larger teams (more than 30 members). The article concludes with practical recommendations on the conditions for successfully transitioning to microservices architecture.

Key words: microservices architecture, software architecture, team autonomy, operational complexity, distributed systems, software engineering.

Аннотация. В статье теоретически рассмотрены основные организационные и технические причины перехода на микросервисную архитектуру — автономность команд, возможность независимого развёртывания (deployment) и технологическое разнообразие. Для исследования проведены опрос и полуструктурированное интервью с участием 22 специалистов, ответственных за архитектуру (тех-лидов, архитекторов программного обеспечения), из ИТ-организаций Узбекистана различных отраслей (финансы, электронная коммерция, телекоммуникации), перешедших на микросервисную архитектуру, которые оценили состояние своих организаций до и после перехода по пяти параметрам — скорость доставки, автономность команд, операционная сложность, надёжность системы и затраты на разработку. Результаты показывают, что большинство респондентов (86%) отметили значительное улучшение показателей скорости доставки и автономности команд, однако при этом 77% респондентов признали значительное повышение операционной сложности (мониторинг, сбор логов, управление межсервисным взаимодействием). Результаты по затратам на разработку оказались смешанными: затраты часто увеличивались для небольших команд (менее 10 человек), тогда как для крупных команд (более 30 человек) они снижались в долгосрочной перспективе. В заключение статьи даны практические рекомендации об условиях успешного перехода на микросервисную архитектуру.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, архитектура программного обеспечения, автономность команд, операционная сложность, распределённые системы, программная инженерия.

KIRISH

So'nggi o'n yillikda mikroservis arxitekturasi yirik dasturiy ta'minot tashkilotlari orasida keng mashhurlik qozondi, u tizimni bir-biridan mustaqil ravishda ishlab chiqilishi, joylashtirilishi va masshtablanishi mumkin bo'lgan kichik, ixtisoslashgan xizmatlar to'plami sifatida qurishni taklif etadi. Ko'plab yirik texnologik kompaniyalar (Netflix, Amazon, Uber) o'zlarining muvaffaqiyatli mikroservis tajribasini ommaga e'lon qilgani bu arxitekturaviy uslubning obro'sini yanada oshirdi.

Biroq mikroservis arxitekturasi o'tish sanoatda ba'zan tanqidiy nuqtai nazardan ham baholanadi — ayrim mutaxassislar bu o'tishning ko'plab tashkilotlar uchun ortiqcha murakkablik keltirib chiqarishi va kutilgan foydani bermasligi mumkinligini ta'kidlaydi. Shu sababli, mikroservis arxitekturasi haqiqiy amaliy samaradorligini, uni allaqachon joriy etgan tashkilotlar tajribasi asosida, tizimli tarzda baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — mikroservis arxitekturasi o'tgan tashkilotlarning haqiqiy tajribasi asosida ushbu arxitekturaviy uslubning amaliy samaradorligini yetkazib berish tezligi, jamoa avtonomiyasi, operatsion murakkablik, tizim barqarorligi va rivojlantirish xarajatlari nuqtai nazaridan baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) mikroservis arxitekturasi o'tishning asosiy tashkiliy va texnik sabablarini yoritish; 2) mikroservis arxitekturasi joriy etgan tashkilotlar mutaxassislari

orasida so'rovnoma va intervyu o'tkazish; 3) besh o'lchov bo'yicha o'tishdan oldingi va keyingi holatni qiyoslash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun O'zbekistondagi turli sohalarga (moliya va bank xizmatlari — 8 tashkilot, elektron tijorat — 9 tashkilot, telekommunikatsiya va boshqa IT xizmatlari — 5 tashkilot) mansub, so'nggi 1-4 yil ichida monolit arxitekturalardan mikroservis arxitekturasiga o'tgan 22 ta tashkilotning arxitektura bo'yicha mas'ul mutaxassisi (tex-lid, dasturiy ta'minot arxitektori yoki CTO) tanlab olindi.

So'rovnoma quyidagi besh o'lchov bo'yicha, har biri 5 balllik shkalada ("sezilarli darajada yomonlashdi"dan "sezilarli darajada yaxshilandi"gacha), o'tishdan oldingi va keyingi holatni baholashni o'z ichiga oldi:

- 1) yetkazib berish tezligi — yangi funksionallikni ishlab chiqarishga chiqarish tezligi;
- 2) jamoa avtonomiyasi — jamoalarning boshqa jamoalarga bog'liq bo'lmagan holda mustaqil ishlash qobiliyati;
- 3) operatsion murakkablik — tizimni monitoring qilish, nosozliklarni aniqlash va infratuzilmani boshqarish murakkabligi (teskari shkala — yuqori ball past murakkablikni bildiradi);
- 4) tizim barqarorligi — umumiy tizim ishonchliligi va nosozlikka chidamliligi;
- 5) rivojlantirish xarajatlari — infratuzilma va inson resurslariga oid umumiy xarajatlar (teskari shkala).

Qo'shimcha ravishda, 12 nafar respondent bilan chuqurlashtirilgan yarim tuzilgan intervyu o'tkazilib, ular o'tish jarayonidagi asosiy muvaffaqiyat va muvaffaqiyatsizlik omillarini, shuningdek jamoa hajmi bilan natijalar o'rtasidagi bog'liqlikni batafsil tushuntirishgan. Miqdoriy ma'lumotlar tavsiflovchi statistika, sifatli ma'lumotlar esa mavzuiy kontent-tahlil orqali qayta ishlandi.

NATIJALAR

Yetkazib berish tezligi bo'yicha respondentlarning 86 foizi (19 nafar) sezilarli yoki o'rtacha yaxshilanishni qayd etdi, o'rtacha baho 5 balllik shkalada 3,9 ballni tashkil etdi. Jamoa avtonomiyasi bo'yicha ham shunga o'xshash yuqori baho (o'rtacha 4,1 ball) qayd etildi, respondentlarning aksariyati jamoalarning boshqa jamoalarni kutmasdan mustaqil ravishda o'z xizmatlarini rivojlantirish va joylashtirish imkoniyatini asosiy afzallik sifatida ta'kidlashdi.

Operatsion murakkablik bo'yicha esa natijalar teskari yo'nalishda bo'ldi: respondentlarning 77 foizi (17 nafar) operatsion murakkablikning sezilarli darajada oshganini tan oldi (teskari shkala bo'yicha o'rtacha baho 2,1 ball, ya'ni "yomonlashish" yo'nalishida). Intervyu natijalari shuni ko'rsatdiki, bu murakkablik asosan tarqatilgan tizimlarni monitoring qilish, markazlashtirilgan log yig'ish tizimini yo'lga qo'yish va xizmatlararo aloqadagi nosozliklarni aniqlash bilan bog'liq bo'lgan.

Tizim barqarorligi bo'yicha natijalar aralash bo'ldi (o'rtacha 3,2 ball) — ba'zi respondentlar nosozlikni izolyatsiya qilish tufayli umumiy barqarorlik oshganini, boshqalari esa xizmatlararo aloqadagi yangi nosozlik turlarining paydo bo'lganini qayd etishdi. Rivojlantirish xarajatlari bo'yicha jamoa hajmiga qarab keskin farq aniqlandi: 10 nafardan kam a'zoga ega kichik jamoalarda respondentlarning 71 foizi xarajatlar oshganini bildirsam, 30 nafardan ortiq a'zoga ega yirik jamoalarda respondentlarning 68 foizi uzoq muddatli istiqbolda (birinchi yildan keyin) xarajatlar pasayganini qayd etdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mikroservis arxitekturasining yetkazib berish tezligi va jamoa avtonomiyasi bo'yicha sezilarli amaliy afzalliklarga ega ekanligini, ammo bu afzalliklar operatsion murakkablikning oshishi hisobiga "bepul" kelmasligini tasdiqlaydi. Bu xulosa dasturiy arxitektura sohasidagi "bepul tushlik yo'q" (no free lunch) tamoyili bilan mos keladi — har qanday arxitekturaviy qaror ma'lum afzalliklarni ma'lum murakkabliklar hisobiga qo'lga kiritadi.

Jamoa hajmi bilan rivojlantirish xarajatlari o'rtasidagi aniqlangan bog'liqlik alohida amaliy ahamiyatga ega — bu shuni ko'rsatadiki, mikroservis arxitekturasida barcha tashkilotlar uchun bir xilda foydali emas, balki jamoaning hajmi va tashkiliy tuzilishiga bog'liq holda turlicha samara beradi. Kichik jamoalar uchun mikroservis arxitekturasida keltirgan operatsion yuk ko'pincha uning jamoa avtonomiyasi bo'yicha berayotgan foydasidan ustun bo'lishi mumkin, chunki kichik jamoada bir necha kishi allaqachon samarali muvofiqlashtirilishi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tashkilotlarga mikroservis arxitekturasiga o'tish qarorini qabul qilishdan oldin o'z jamoa hajmi, tashkiliy tuzilmasi va operatsion yetuklik darajasini (masalan, avtomatlashtirilgan monitoring va joylashtirish infratuzilmasi mavjudligi) baholashni tavsiya etadi. Kichik jamoalar uchun mikroservisga to'liq o'tishdan oldin "modulli monolit" (modular monolith) kabi oraliq yechimlarni ko'rib chiqish, operatsion murakkablikni boshqarish uchun esa zamonaviy kuzatuv (observability) vositalariga investitsiya qilish tavsiya etiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Mikroservis arxitekturasida yetkazib berish tezligi (86% ijobiy baho) va jamoa avtonomiyasi bo'yicha sezilarli amaliy afzalliklarni ta'minlaydi.
2. Bu afzalliklar operatsion murakkablikning sezilarli oshishi (77% respondent tomonidan tasdiqlangan) hisobiga qo'lga kiritiladi.
3. Rivojlantirish xarajatlariga ta'sir jamoa hajmiga bog'liq — kichik jamoalarda ko'pincha xarajatlar oshadi, yirik jamoalarda esa uzoq muddatda pasayadi.
4. Mikroservis arxitekturasida barcha tashkilotlar uchun bir xilda foydali emas — uning samaradorligi jamoa hajmi va tashkiliy tayyorgarlikka bog'liq.
5. Mikroservisga o'tishdan oldin operatsion yetuklik darajasini baholash va zarur hollarda oraliq yechimlarni (modulli monolit) ko'rib chiqish oqilona strategiya hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Булутли ҳисоблаш тизимларида маълумотлар хавфсизлигини таъминлаш усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 46–54.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот лойиҳаларини бошқаришнинг замонавий методологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 39–47.
5. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2021. — 610 p.
6. Fowler M., Lewis J. Microservices: A Definition of This New Architectural Term // martinowler.com. — 2014.

7. Dragoni N., Giallorenzo S., Lafuente A.L. et al. Microservices: Yesterday, Today, and Tomorrow // Present and Ulterior Software Engineering. — Cham: Springer, 2017. — P. 195–216.
8. Taibi D., Lenarduzzi V., Pahl C. Processes, Motivations, and Issues for Migrating to Microservices Architectures: An Empirical Investigation // IEEE Cloud Computing. — 2017. — Vol. 4, No. 5. — P. 22–32.
9. Waseem M., Liang P., Shahin M. A Systematic Mapping Study on Microservices Architecture in DevOps // Journal of Systems and Software. — 2020. — Vol. 170. — Article 110798.
10. Conway M.E. How Do Committees Invent? // Datamation. — 1968. — Vol. 14, No. 4. — P. 28–31.

CHIZMACHILIK DARSLARIDA ADAPTIV VIZUAL TOPSHIRIQLARDAN FOYDALANISH ORQALI O‘QUVCHILARNING FAZOVIIY TAFAKKURINI RIVOJLANTIRISH

Radjabov Mansur Rustamovich

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti.

tel.93-932-27-97, m.radjabov@kstu.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada umumiy o‘rta ta’lim maktablarining 8–9-sinflarida o‘qitiladigan “Chizmachilik” fanida o‘quvchilarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda adaptiv vizual topshiriqlardan foydalanish masalalari yoritilgan. O‘quvchilarning individual imkoniyatlari, grafik tayyorgarlik darajasi, fazoviy tasavvuri va topshiriqlarni bajarish sur‘atiga muvofiq ishlab chiqilgan vizual topshiriqlarning didaktik xususiyatlari tahlil qilingan. Adaptiv topshiriqlarni boshlang‘ich, o‘rta va yuqori darajalarga ajratish hamda ularni chizmachilik darslarida izchil qo‘llash metodikasi taklif etilgan. Shuningdek, ikki o‘lchamli chizmalarni uch o‘lchamli obrazlar bilan bog‘lash, detalning ko‘rinishlari asosida uning fazoviy shaklini tasavvur qilish va grafik masalalarni mustaqil yechishga yo‘naltirilgan topshiriqlar tizimi bayon etilgan. Adaptiv vizual topshiriqlardan foydalanish o‘quvchilarning fazoviy tasavvuri, grafik savodxonligi, mustaqil fikrlashi va chizmachilik faniga bo‘lgan qiziqishini oshirishga xizmat qilishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: chizmachilik, fazoviy tafakkur, fazoviy tasavvur, adaptiv ta’lim, vizual topshiriq, grafik faoliyat, proyeksiya, aksonometrik tasvir, 2D chizma, 3D model.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы использования адаптивных визуальных заданий для развития пространственного мышления учащихся 8–9-х классов общеобразовательных школ на уроках черчения. Проанализированы дидактические особенности визуальных заданий, разработанных с учетом индивидуальных возможностей учащихся, уровня их графической подготовки, пространственного воображения и темпа выполнения заданий. Предложена методика распределения адаптивных заданий по начальному, среднему и высокому уровням сложности и их последовательного применения на уроках черчения. Представлена система заданий, направленных на установление взаимосвязи между двумерными чертежами и трехмерными образами, мысленное представление пространственной формы детали по ее видам, а также самостоятельное решение графических задач. Обосновано, что использование адаптивных визуальных заданий способствует развитию пространственного воображения, графической грамотности и

самостоятельного мышления учащихся, а также повышению их интереса к изучению черчения.

Ключевые слова: черчение, пространственное мышление, пространственное воображение, адаптивное обучение, визуальное задание, графическая деятельность, проекция, аксонометрическое изображение, 2D-чертеж, 3D-модель.

Abstract. *This article examines the use of adaptive visual tasks for developing the spatial thinking of students in Grades 8–9 of general secondary schools during technical drawing lessons. The didactic features of visual tasks designed in accordance with students' individual abilities, level of graphical preparation, spatial visualization skills, and pace of task completion are analyzed. A methodology is proposed for dividing adaptive tasks into basic, intermediate, and advanced levels and applying them progressively in technical drawing lessons. The article presents a system of tasks aimed at establishing connections between two-dimensional drawings and three-dimensional representations, visualizing the spatial form of an object from its orthographic views, and independently solving graphical problems. It is substantiated that the use of adaptive visual tasks contributes to the development of students' spatial visualization, graphical literacy, and independent thinking, while also increasing their interest in technical drawing.*

Keywords: *technical drawing, spatial thinking, spatial visualization, adaptive learning, visual task, graphical activity, projection, axonometric drawing, 2D drawing, 3D model.*

KIRISH

Bugungi kunda umumiy o'rta ta'lim tizimida o'quvchilarning tayyor bilimlarni o'zlashtirishi bilan bir qatorda, ularning mustaqil fikrlashi, obyekt va hodisalarni turli nuqtayi nazardan tasavvur qilishi, grafik axborotni o'qishi hamda amaliy masalalarni ijodiy hal etishi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Umumiy o'rta ta'lim maktablarida chizmachilik fanini o'qitishdan ko'zlangan asosiy maqsadlardan biri o'quvchilarda chizmalarni o'qish va bajarish ko'nikmalarini shakllantirish, ularning fazoviy tasavvuri hamda grafik tafakkurini rivojlantirishdan iborat [1].

Chizmachilik darslarida fazoviy tafakkurni rivojlantirish ta'limning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Chunki texnik obyektlarning tekislikdagi tasvirini tushunish, buyumning ko'rinishlari asosida uning fazoviy shaklini tasavvur qilish va uch o'lchamli jismni proyeksiyalar orqali ifodalash rivojlangan fazoviy fikrlashni talab etadi. Tadqiqotlarda texnik chizmachilik bilan fazoviy qobiliyatlarning rivojlanishi o'rtasida o'zaro bog'liqlik mavjudligi, fazoviy ko'nikmalar esa muhandislik, arxitektura va dizayn yo'nalishlaridagi ta'lim samaradorligiga ta'sir ko'rsatishi qayd etilgan [2].

Fazoviy tafakkur insonning obyektlarning shakli, o'lchami, o'zaro joylashuvi va fazodagi harakatini ongida tasavvur qilish, ularni aqliy ravishda aylantirish, o'zgartirish hamda grafik shaklda ifodalash qobiliyatini anglatadi [3]. Fazoviy vizualizatsiya tarkibiga obyektning turli holatlarda tasavvur qilish, uning qismlarini aqliy ravishda siljitish, aylantirish va tekislikdagi tasvir asosida fazoviy holatini aniqlash kabi murakkab aqliy amallar kiradi [4].

Chizmachilik darslarida ushbu qobiliyat proyeksion tasvirlarni o'qish, geometrik jismlarni tahlil qilish, detalning yetishmayotgan ko'rinishini aniqlash, aksonometrik tasvirlarni qurish va grafik topshiriqlarni bajarish jarayonida shakllanadi. Proyeksiyalash nazariyasi uch o'lchamli obyektlarni ikki o'lchamli tekislikda ifodalashga asoslangan bo'lib, u o'quvchilarning tanqidiy fikrlashi, mulohaza yuritishi va texnik g'oyalarni grafik vositalar orqali ifodalashiga xizmat qiladi [5].

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, bir sinfdagi o'quvchilarning fazoviy tasavvuri, grafik tayyorgarligi, vizual axborotni qabul qilish xususiyati va topshiriqlarni bajarish sur'ati bir xil bo'lmaydi. Ayrim o'quvchilar ikki o'lchamli chizma asosida buyumning fazoviy ko'rinishini tez tasavvur qilsa, boshqalari sodda geometrik jismlarning proyeksiyalarini o'zaro bog'lashda ham qiyinchilikka duch keladi. Chizmachilikni o'rganishda, ayniqsa, 2D tasvirlarni 3D obyektlar bilan bog'lash, ortogonal va izometrik proyeksiyalarni tushunish o'quvchilar uchun murakkab jarayon bo'lishi mumkin [5].

Fazoviy qobiliyatlar o'zgarmas xususiyat emas. Maxsus tashkil etilgan mashqlar, texnik chizmachilik faoliyati, modellashirish va vizual topshiriqlar yordamida ularni rivojlantirish mumkin [3]. Shu sababli o'quvchilarning boshlang'ich tayyorgarligi va individual o'zlashtirish xususiyatlarini e'tiborga oladigan o'qitish usullarini chizmachilik ta'limiga joriy etish zarur.

Barcha o'quvchilarga bir xil mazmun va murakkablikdagi topshiriqlarning berilishi grafik tayyorgarligi yetarli bo'lmagan o'quvchilarda qiyinchilik tug'diradi. Bu holat ularning o'z imkoniyatlariga ishonchi va fanga bo'lgan qiziqishining pasayishiga olib kelishi mumkin. Tayyorligi yuqori o'quvchilarga haddan tashqari sodda topshiriqlar berilishi esa ularning intellektual faolligi va ijodiy imkoniyatlari to'liq namoyon bo'lishini cheklaydi. Shuning uchun vizual topshiriqlar mazmuni va murakkabligini o'quvchining individual natijalariga muvofiq o'zgartirib borish muhimdir.

Mazkur muammoni hal etishning samarali yo'llaridan biri chizmachilik darslarida adaptiv vizual topshiriqlardan foydalanishdir. Adaptiv vizual topshiriqlar deganda o'quvchilarning bilim darajasi, fazoviy tasavvuri, individual o'zlashtirish sur'ati va grafik faoliyatdagi qiyinchiliklariga mos ravishda tanlanadigan yoki bosqichma-bosqich murakkablashtiriladigan tasviriy-grafik topshiriqlar tushuniladi. Adaptiv fazoviy mashqlarni o'quvchining faoliyati va natijalariga moslashtirish individual ta'lim trayektoriyasini shakllantirish imkonini beradi [6].

Bunday topshiriqlarda sxema, chizma, geometrik model, aksonometrik tasvir, animatsiya va uch o'lchamli model kabi vizual vositalardan maqsadli foydalaniladi. Tadqiqot natijalarida 3D modellar va turli ko'rinishdagi grafik vositalardan foydalanish o'quvchilarning vizual axborotni tushunishi hamda fazoviy tasavvurini rivojlantirish uchun muhim imkoniyatlarga ega ekanligi ko'rsatilgan [4]. Quyi o'rta ta'lim bosqichidagi o'quvchilar bilan o'tkazilgan tadqiqotlarda 3D modellashirish mashg'ulotlari fazoviy fikrlash va vizualizatsiya qobiliyatini rivojlantirishi aniqlangan [7].

Adaptiv yondashuv o'quvchiga topshiriqni o'z imkoniyatiga mos darajadan boshlash, zarur holatlarda vizual ko'rsatma va yordam olish hamda keyinchalik murakkab grafik vazifalarga bosqichma-bosqich o'tish imkonini beradi. Ushbu jarayonda topshiriqlarning murakkabligi o'quvchining avvalgi topshiriqni bajarish sifati, sarflagan vaqti, yo'l qo'ygan xatolari hamda ko'makka bo'lgan ehtiyojiga qarab o'zgartiriladi.

Raqamli va interaktiv vizual vositalar o'quvchilarning o'quv materialiga qiziqishi, mustaqilligi va murakkab grafik tushunchalarni anglashiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin [5]. Shu bilan birga, raqamli vositaning o'zi avtomatik ravishda yuqori ta'lim natijasini kafolatlamaydi. Uning samaradorligi topshiriq mazmuni, o'qituvchining metodik rahbarligi va vositaning o'quvchi imkoniyatlariga moslashtirilishiga bog'liq. Ayrim tadqiqotlarda kengaytirilgan reallik vositalari o'quvchilarning qiziqishi va faolligini oshirgan bo'lsa-da, fazoviy vizualizatsiya ko'rsatkichlarida statistik jihatdan sezilarli o'zgarish kuzatilmagan [8]. Bu esa vizual texnologiyalarni metodik jihatdan asoslangan adaptiv topshiriqlar bilan birgalikda qo'llash zarurligini ko'rsatadi.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Tadqiqotning maqsadi — chizmachilik darslarida adaptiv vizual topshiriqlardan foydalanish asosida 8–9-sinf o‘quvchilarining fazoviy tafakkurini rivojlantirishga xizmat qiluvchi metodik yondashuvlarni takomillashtirish.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: chizmachilik ta’limida fazoviy tafakkurning mazmuni va ahamiyatini aniqlashtirish; o‘quvchilarning grafik topshiriqlarni bajarishda uchraydigan qiyinchiliklarini o‘rganish; adaptiv vizual topshiriqlarning didaktik imkoniyatlarini asoslash; topshiriqlarni o‘quvchilarning grafik tayyorgarligiga muvofiq darajalarga ajratish; adaptiv topshiriqlardan foydalanishning metodik bosqichlarini ishlab chiqish; taklif etilgan metodikaning o‘quvchilar fazoviy tafakkuriga ta’sirini baholash.

Tadqiqot obyekti sifatida umumiy o‘rta ta’lim maktablarida 8–9-sinf “Chizmachilik” fanini o‘qitish jarayoni belgilandi. Tadqiqot predmetini esa o‘quvchilarning fazoviy tafakkurini adaptiv vizual topshiriqlar asosida rivojlantirishning mazmuni, shakllari, metodlari va vositalari tashkil etadi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi o‘quvchilarning fazoviy-grafik tayyorgarligini hisobga olgan holda adaptiv vizual topshiriqlarni uch darajaga ajratish, topshiriqlar murakkabligini o‘quvchining natijalariga muvofiq bosqichma-bosqich oshirish hamda 2D chizma bilan 3D model o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishni ta’minlaydigan metodik jarayonni taklif etishdan iborat. Ushbu yondashuv chizmachilik darslarini individuallashtirish, o‘quvchilarning grafik faoliyatdagi mustaqilligini oshirish va ularda fazoviy obrazlarni shakllantirishga yo‘naltirilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.

Ilmiy-pedagogik adabiyotlarda fazoviy tafakkur obyektlarning shakli, o‘lchami, fazodagi holati va qismlari o‘rtasidagi munosabatlarni ongda aks ettirish, o‘zgartirish hamda grafik ko‘rinishda ifodalash bilan bog‘liq murakkab kognitiv faoliyat sifatida talqin qilinadi. Fazoviy tafakkurning asosiy tarkibiy qismlariga fazoviy idrok, fazoviy tasavvur, mental aylantirish, obyektning holatini o‘zgartirish va turli proyeksiyalar o‘rtasidagi bog‘lanishni aniqlash ko‘nikmalari kiradi [3].

Texnik chizmachilik o‘quvchilarning fazoviy qobiliyatlarini rivojlantirish uchun katta imkoniyatlarga ega. Chizmani o‘qish va bajarish jarayonida o‘quvchi tekislikda ifodalangan tasvirni fazoviy obyekt bilan bog‘laydi, buyumning ko‘rinmaydigan qismlarini tasavvur qiladi va obyektning turli vaziyatlardagi holatini aqliy jihatdan modellashtiradi. Chizmachilik mashg‘ulotlarining muntazam tashkil etilishi fazoviy vizualizatsiya va mental aylantirish ko‘nikmalarini rivojlantirishga yordam beradi [2].

P.J. Katsioloudis, V. Jovanovic va M. Jones tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda 2D chizmalar, kompyuterda yaratilgan 3D modellar va moddiy uch o‘lchamli obyektlarning fazoviy vizualizatsiyaga ta’siri o‘zaro taqqoslangan. Tadqiqot natijalari uch o‘lchamli modellardan ko‘rgazmali vosita sifatida foydalanish o‘quvchilarning murakkab shakllarni anglashiga hamda ularning fazoviy xususiyatlarini tasavvur qilishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatgan [4].

A. Šafhalter va hammualliflar quyi o‘rta ta’lim bosqichidagi o‘quvchilar bilan olib borgan tadqiqotlarida 3D modellashtirish mashg‘ulotlarining fazoviy fikrlash rivojiga ta’sirini o‘rganganlar. Mualliflarning fikriga ko‘ra, o‘quvchilar obyektning turli tomondan kuzatish, aylantirish, uning qismlarini tahlil qilish va modelini mustaqil yaratish jarayonida fazoviy munosabatlarni yaxshiroq tushunadilar [7].

Adaptiv o‘qitishda ta’lim mazmuni, topshiriqning murakkabligi, yordam turi va bajarish sur’ati o‘quvchining individual xususiyatlariga moslashtiriladi. C. Papakostas va hammualliflar tomonidan

taklif etilgan adaptiv fazoviy mashqlar tizimida topshiriqlar o'quvchining oldingi natijalari va yo'l qo'ygan xatolariga qarab o'zgartirib borilgan [6]. Bunday yondashuv fazoviy tafakkuri turli darajada rivojlangan o'quvchilar bilan tabaqalashtirilgan ishlash imkonini beradi.

A.S. Tiwari, K.K. Bhagat va G. Lampropoulos interaktiv vizual vositalardan foydalanish murakkab chizmachilik tushunchalarini ko'rgazmali ifodalash, o'quvchilarning o'quv faoliyatiga jalb etilishi va bilimlarni o'zlashtirish samaradorligini oshirishga xizmat qilishini qayd etganlar [5]. Biroq raqamli yoki vizual vosita o'z-o'zidan pedagogik samaradorlikni ta'minlamaydi. Uning natijadorligi topshiriqlarning didaktik maqsadi, ketma-ketligi, o'quvchi faoliyatiga mosligi va o'qituvchi tomonidan ko'rsatiladigan metodik yordamga bog'liq [8].

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, fazoviy tafakkurni rivojlantirishga oid tadqiqotlarning aksariyatida 3D modellash, CAD dasturlari va kengaytirilgan reallik vositalarining imkoniyatlari o'rganilgan [4–8]. Ammo umumiy o'rta ta'lim maktablarining 8–9-sinf chizmachilik darslarida vizual topshiriqlarni o'quvchilarning individual fazoviy-grafik tayyorgarligiga muvofiq adaptiv ravishda qo'llash metodikasi yetarlicha yoritilmagan [2]. Mazkur holat adaptiv vizual topshiriqlar tizimini ishlab chiqish va uning pedagogik imkoniyatlarini asoslash zaruratini yuzaga keltiradi.

Tadqiqot jarayonida pedagogik kuzatish, suhbat, savolnoma, diagnostik topshiriqlar, taqqoslash, pedagogik tajriba-sinov va natijalarni statistik tahlil qilish metodlaridan foydalanildi. Dastlab o'quvchilarning fazoviy tafakkuri va grafik tayyorgarligining boshlang'ich darajasini aniqlashga mo'ljallangan diagnostik topshiriqlar ishlab chiqildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

Adaptiv vizual topshiriqlar asosida tashkil etilgan mashg'ulotlarda o'quvchilarning fazoviy tafakkurini baholash uchun motivatsion, kognitiv, grafik-amaliy va refleksiv mezonlardan foydalanish maqsadga muvofiq deb topildi. Mazkur mezonlar o'quvchining faqat tayyor chizmani to'g'ri bajarishini emas, balki fazoviy obyektни tasavvur qilishi, uning proyeksiyalarini o'zaro bog'lashi, grafik masalaning yechimini izohlashi va yo'l qo'ygan xatolarini mustaqil tuzatishini ham baholash imkonini beradi.

Adaptiv vizual topshiriqlarni qo'llash jarayonida boshlang'ich darajadagi o'quvchilar uchun ranglar bilan ajratilgan proyeksiyalar, tayyor geometrik modellar va bosqichli ko'rsatmalar ayniqsa muhim hisoblanadi. Ushbu vositalar o'quvchiga jismning muayyan elementi turli ko'rinishlarda qanday aks etishini tushunishga yordam beradi. Vizual yordam o'quvchi topshiriqni mustaqil bajara boshlagani sari asta-sekin kamaytirib boriladi.

Tadqiqotlar texnik chizmachilik mashqlari fazoviy obrazlarni aqliy aylantirish va turli holatlarda tasavvur qilish qobiliyatini rivojlantirishini ko'rsatadi [2; 3]. Ayniqsa, 2D chizma, kompyuterda yaratilgan 3D model va moddiy geometrik obyektlardan o'zaro bog'liq holda foydalanish fazoviy munosabatlarni anglash uchun qulay sharoit yaratadi [4].

Mashg'ulotlarda 3D modelni turli yo'nalishlarda aylantirish, uning har bir holatiga mos ortogonal proyeksiyalarni aniqlash va modelning ayrim elementlarini o'zgartirish bilan bog'liq topshiriqlardan foydalanish mumkin. Quyi o'rta ta'lim o'quvchilari bilan o'tkazilgan tadqiqotlarda 3D modellash fazoviy fikrlash ko'nikmalarini rivojlantiruvchi vosita ekanligi aniqlangan [7].

Interaktiv vizual vositalar murakkab obyektlarning tuzilishi va proyeksiyalarini ko'rgazmali

ifodalash imkonini beradi. Bunday vositalar o'quvchilarning murakkab chizmachilik tushunchalarini anglashiga, mashg'ulotlardagi faolligi va o'quv materialiga qiziqishining ortishiga yordam beradi [5]. Biroq o'quvchiga tayyor 3D modelni faqat namoyish qilish yetarli emas. O'quvchi modelni kuzatishi, uning xususiyatlarini tahlil qilishi, proyeksiyalarini taqqoslashi va ular asosida mustaqil grafik faoliyatni amalga oshirishi kerak.

Adaptiv yondashuvda vizual yordamning me'yordan ortiq qo'llanishi o'quvchining tayyor tasvirga bog'lanib qolishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli vizual yordam "to'liq ko'rsatma — qisman ko'rsatma — yo'naltiruvchi savol — mustaqil bajarish" ketma-ketligida kamaytirib boriladi. Bunday tartib o'quvchini reproduktiv faoliyatdan mustaqil va ijodiy grafik faoliyatga olib o'tishga xizmat qiladi.

Adaptiv topshiriqlar o'quvchilarning yo'l qo'ygan xatolariga ham moslashtiriladi. Masalan, o'quvchi detalning balandligini ko'rinishlar o'rtasida noto'g'ri bog'lasa, unga proyeksion bog'lanish chiziqlari bilan berilgan topshiriq tavsiya qilinadi. Agar o'quvchi aylana va silindrik sirtlarning turli ko'rinishlardagi tasvirini aniqlashda qiynalsa, unga real model va rangli proyeksiyalar asosidagi mashq beriladi. O'quvchi uchinchi ko'rinishni qurishda xatoga yo'l qo'ysa, detalning ayrim qismlarga ajratilgan modeli taqdim etiladi.

Mazkur yondashuvning an'anaviy topshiriqlar tizimidan farqi shundaki, unda topshiriq o'quvchiga bir martalik va o'zgarmas shaklda taqdim etilmaydi. Uning mazmuni, murakkabligi va ko'mak darajasi o'quvchining faoliyati natijalariga muvofiq o'zgaradi. Adaptiv fazoviy mashqlarni shu tarzda tashkil etish o'quvchining shaxsiy o'zlashtirish trayektoriyasini shakllantirishga imkon beradi [6].

XULOSA.

Chizmachilik fanini o'qitishda o'quvchilarning fazoviy tafakkurini rivojlantirish chizmalarni o'qish, proyeksiyalarni o'zaro bog'lash, detal shaklini tasavvur qilish va grafik masalalarni mustaqil yechish ko'nikmalarini shakllantirishning muhim sharti hisoblanadi. Texnik chizmachilik va fazoviy qobiliyatlar o'rtasidagi bog'liqlik mavjud tadqiqotlarda ham asoslangan [2; 3].

O'quvchilarning fazoviy-grafik tayyorgarligi bir xil bo'lmaganligi sababli barcha o'quvchilarga bir xil mazmun va murakkablikdagi grafik topshiriqlarni berish kutilgan pedagogik natijani ta'minlamasligi mumkin. Shu bois topshiriqlarni o'quvchilarning tayyorgarligi, xatolari, bajarish sur'ati va vizual yordamga bo'lgan ehtiyojiga muvofiq moslashtirish zarur.

Adaptiv vizual topshiriqlarni boshlang'ich, o'rta va yuqori darajalarga ajratish o'quvchilarga o'z imkoniyatiga mos faoliyatdan boshlab, murakkab va ijodiy grafik vazifalarga izchil o'tish imkonini beradi. Topshiriqlar tizimida 2D chizma, aksonometrik tasvir, moddiy model va 3D raqamli obyektlardan o'zaro bog'langan holda foydalanish fazoviy obrazlarning shakllanishiga yordam beradi [4; 7].

Xulosa qilib aytganda, chizmachilik darslarida adaptiv vizual topshiriqlardan foydalanish o'quvchilarning individual imkoniyatlarini hisobga olgan holda ularning fazoviy tasavvuri, grafik savodxonligi, mustaqil fikrlashi va ijodiy faoliyatini rivojlantirishga xizmat qiladi. Taklif etilgan metodik yondashuv chizmachilik ta'limining individuallasuvi va amaliy samaradorligini oshirish uchun muhim pedagogik imkoniyatlarga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chizmachilik fanidan umumiy o'rta ta'limning o'quv dasturi: 8–9-sinflar. – Toshkent, 2023.
2. Ripoll Chacón O. Influence of Technical Drawing on the Development of Spatial Visualization Ability: A Systematic Literature Review // UTE Teaching & Technology. – 2025. – № 2. DOI: 10.17345/ute.2025.3930.
3. Uttal D.H., Meadow N.G., Tipton E., Hand L.L., Alden A.R., Warren C., Newcombe N.S. The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies // Psychological Bulletin. – 2013. – Vol. 139, № 2. – P. 352–402. DOI: 10.1037/a0028446.
4. Katsioloudis P.J., Jovanovic V., Jones M. A Comparative Analysis of Spatial Visualization Ability and Drafting Models for Industrial and Technology Education Students // Journal of Technology Education. – 2014. – Vol. 26, № 1. DOI: 10.21061/jte.v26i1.a.6.
5. Tiwari A.S., Bhagat K.K., Lampropoulos G. Designing and Evaluating an Augmented Reality System for an Engineering Drawing Course // Smart Learning Environments. – 2024. – Vol. 11. DOI: 10.1186/s40561-023-00289-z.
6. Papakostas C., Troussas C., Krouska A., Sgouropoulou C. PARSAT: Fuzzy Logic for Adaptive Spatial Ability Training in an Augmented Reality System // Computer Science and Information Systems. – 2023. – Vol. 20, № 4. – P. 1389–1417. DOI: 10.2298/CSIS230130043P.
7. Šafhalter A., Glodež S., Šorgo A., Virtič M.P. Development of Spatial Thinking Abilities in Engineering 3D Modeling Course Aimed at Lower Secondary Students // International Journal of Technology and Design Education. – 2022. – Vol. 32, № 1. – P. 167–184. DOI: 10.1007/s10798-020-09597-8.
8. Baltacı Ş., Çetin S. The Effect of Augmented Reality on Achievement and Spatial Visualization Skills in Technical Drawing Course // Journal of Learning and Teaching in Digital Age. – 2022. – Vol. 7, № 2. – P. 250–259. DOI: 10.53850/joltida.1047477.

SHAHAR CHIQINDILARINI AQLLI BOSHQARISHDA IoT, SUN'IY INTELLEKT VA SENSOR TEXNOLOGIYALARINING QO'LLANILISHI

Ochilova Sojida Rayimberdi qizi

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi shahri 180100, O'zbekiston,

E-mail:sojida.ochilova28@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada shahar chiqindilarini boshqarish jarayonlarini raqamlashtirishda Internet of Things (IoT), sun'iy intellekt (SI) va sensor texnologiyalarining qo'llanilish imkoniyatlari tizimli tahlil qilinadi. An'anaviy chiqindi yig'ish tizimlarida konteynerlarning real to'lish darajasini hisobga olmasdan belgilangan jadval bo'yicha xizmat ko'rsatish ortiqcha qatnovlar, yoqilg'i sarfi va ekologik yuklamani oshirishi mumkin. Shu sababli ultratovush, og'irlik, harorat, namlik, gaz va kamera sensorlari yordamida konteyner holatini monitoring qilish, ma'lumotlarni IoT tarmoqlari orqali markazlashgan platformaga uzatish, sun'iy intellekt yordamida chiqindi hosil bo'lishini prognozlash, chiqindilarni tasniflash va yig'ish marshrutlarini dinamik shakllantirish yondashuvlari qiyosiy tahlil qilindi. Tahlil natijasida sensor-IoT-AI integratsiyasi chiqindi yig'ishni qat'iy jadvaldan haqiqiy ehtiyojga asoslangan boshqaruv modeliga o'tkazish, transport resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik nazorat samaradorligini oshirish uchun muhim texnologik asos bo'lib xizmat qilishini ko'rsatdi.

***Kalit so‘zlar:** aqlli chiqindi boshqaruvi, IoT, sun‘iy intellekt, sensor, aqlli konteyner, chiqindi monitoringi, kompyuter ko‘rishi, marshrutni optimallashtirish, Smart City.*

***Аннотация:** В статье проводится системный анализ применения Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта и сенсорных технологий для интеллектуального управления городскими отходами. Рассматриваются мониторинг уровня заполнения контейнеров, массы отходов, температуры, влажности и газовой среды, передача данных через IoT-инфраструктуру, прогнозирование накопления отходов, автоматическая классификация и динамическое планирование маршрутов мусоровозов. Показано, что интеграция сенсоров, IoT и искусственного интеллекта позволяет перейти от фиксированного графика сбора отходов к управлению на основе фактического состояния контейнеров и анализа данных.*

***Ключевые слова:** умное управление отходами, IoT, искусственный интеллект, сенсоры, умный контейнер, компьютерное зрение, оптимизация маршрутов, Smart City.*

***Abstract:** This article provides a systematic analysis of the application of Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and sensor technologies to smart urban waste management. It examines smart-bin fill-level monitoring, weight, temperature, humidity and gas sensing, IoT-based data transmission, waste-generation forecasting, computer-vision-assisted classification, and dynamic waste-collection routing. The analysis indicates that integrating sensing, IoT connectivity and AI analytics can support a transition from fixed-schedule collection toward demand-responsive management based on actual bin conditions. Such integration can reduce unnecessary collection trips, improve timely servicing and strengthen environmental monitoring in smart-city infrastructure.*

***Keywords:** smart waste management, Internet of Things, artificial intelligence, smart bin, waste monitoring, computer vision, route optimization, Smart City.*

KIRISH

Zamonaviy shaharlarning barqaror rivojlanishi nafaqat transport, energetika va raqamli infratuzilmani takomillashtirish, balki **ekologik jarayonlarni samarali boshqarish** bilan ham bevosita bog‘liq. Shahar infratuzilmasining muhim tarkibiy qismlaridan biri bo‘lgan chiqindilarni boshqarish tizimi aholi yashash muhiti sifati, sanitariya holati, resurslardan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikka bevosita ta‘sir ko‘rsatadi. Shu sababli chiqindilarni yig‘ish va tashishni an‘anaviy xizmat ko‘rsatish jarayoni sifatida emas, balki **doimiy ma‘lumot almashinuvi va tezkor boshqaruv qarorlarini talab qiluvchi murakkab shahar tizimi** sifatida qarash zarurati ortib bormoqda.

Urbanizatsiya, aholi sonining ortishi va iste‘mol hajmining kengayishi shahar hududlarida hosil bo‘ladigan qattiq maishiy chiqindilar miqdorini oshirmoqda. Natijada chiqindilarni o‘z vaqtida yig‘ish, tashish, saralash va qayta ishlash shahar infratuzilmasining muhim boshqaruv vazifalaridan biriga aylanmoqda. Zamonaviy Smart Waste Management konsepsiyasi ushbu jarayonlarni ma‘lumotlarga asoslangan, moslashuvchan va resurs tejankor boshqaruvga o‘tkazishni nazarda tutadi [1, 2].

An‘anaviy tizimlarda chiqindi tashuvchi transport vositalari ko‘pincha oldindan belgilangan jadval va marshrut asosida harakatlanadi. Bunda ayrim konteynerlar yetarli darajada to‘lmagan bo‘lsa ham ularga xizmat ko‘rsatilishi, boshqa konteynerlar esa yig‘ish vaqtiga qadar ortiqcha to‘lib ketishi mumkin. IoT asosidagi aqlli konteynerlar sensorlar yordamida real holatni aniqlab, xizmat ko‘rsatishni faktik ehtiyojga bog‘lash imkonini beradi [3].

Sun'iy intellekt ushbu tizimda sensor va IoT orqali yig'ilgan ma'lumotlarni prognoz, tasnif va boshqaruv qaroriga aylantiradi. So'nggi ilmiy sharhlarda AI chiqindi hosil bo'lishini prognozlash, smart-bin monitoringi, transport marshrutlarini optimallashtirish, avtomatik saralash va qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirishda muhim texnologiya sifatida baholanmoqda [4, 5].

Mazkur maqolaning maqsadi shahar chiqindilarini aqlli boshqarishda IoT, sun'iy intellekt va sensor texnologiyalarining funksional imkoniyatlarini tizimli tahlil qilish, ularning o'zaro integratsiyasini ochib berish hamda mavjud texnologik yondashuvlarning afzalliklari, cheklovlari va istiqbolli rivojlanish yo'nalishlarini aniqlashdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda **tizimli va qiyosiy tahlil, ilmiy manbalarni umumlashtirish hamda funksional tahlil** usullaridan foydalanildi. Tadqiqot doirasida Smart Waste Management 4.0 konsepsiyasi, IoT va sun'iy intellekt asosidagi shahar chiqindilarini boshqarish tizimlari, aqlli konteynerlarda qo'llaniladigan sensor texnologiyalari, chiqindilarni avtomatik aniqlash va tasniflash hamda chiqindi yig'ish transporti marshrutlarini optimallashtirishga bag'ishlangan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar o'rganildi [1–8].

Tahlil jarayonida aqlli chiqindi boshqaruvi **sensorli monitoring, ma'lumotlarni IoT tarmog'i orqali uzatish, server yoki bulutli muhitda saqlash va qayta ishlash, sun'iy intellekt yordamida tahlil qilish hamda boshqaruv qarorlarini shakllantirish** bosqichlaridan tashkil topgan yagona axborot-boshqaruv tizimi sifatida qaraldi. Ushbu komponentlar sensor ma'lumotlarining ishonchliligi, aloqa barqarorligi, energiya samaradorligi, tizimning kengayuvchanligi, axborot xavfsizligi va amaliy boshqaruv samaradorligiga ta'siri nuqtayi nazaridan qiyosiy baholandi.

Shahar chiqindilarini monitoring qilishda sensor texnologiyalarining o'rni

Sensorlar aqlli chiqindi boshqaruv tizimining birlamchi axborot manbai hisoblanadi. Ultratovush sensorlari konteyner ichidagi chiqindi sathini, load-cell yoki boshqa og'irlik sensorlari chiqindi massasini, harorat va namlik sensorlari ichki muhitni, gaz sensorlari esa organik parchalanish yoki xavfli holatlar bilan bog'liq gaz konsentratsiyasini kuzatishi mumkin. Kamera esa kompyuter ko'rishi yordamida chiqindi turini aniqlash uchun vizual ma'lumot beradi [3, 4].

Bir nechta sensorni birgalikda qo'llash bitta ko'rsatkichga bog'lanib qolishni kamaytiradi. Masalan, hajm bo'yicha to'la ko'ringan konteynerning massasi kichik bo'lishi, aksincha hajmi kam bo'lgan og'ir chiqindi transport yuklanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli ko'p sensorli monitoring chiqindi holatini to'liqroq tavsiflaydi.

1-jadval. Aqlli chiqindi boshqaruvida sensorlarning funksional vazifalari

Sensor turi	Kuzatiladigan parametr	Asosiy vazifasi	Boshqaruvdagi natija
Ultratovush	To'lish darajasi	Chiqindi sathini aniqlash	Bo'shatish zaruratini belgilash
Og'irlik sensori	Chiqindi massasi	Konteyner yukini aniqlash	Transport sig'imini rejalash
Harorat/namlik	Ichki muhit	Noqulay holatlarni kuzatish	Xavf va sanitariya nazorati
Gaz sensori	Gaz/havo holati	Parchalanish va xavfli holatlarni kuzatish	Ogohlantirish va tezkor xizmat

Sensor turi	Kuzatiladigan parametr	Asosiy vazifasi	Boshqaruvdagi natija
Kamera	Chiqindi tasviri	AI uchun vizual ma'lumot olish	Avtomatik tasniflash va saralash
GPS/GNSS	Geografik joylashuv	Konteyner/transport lokatsiyasini aniqlash	GIS va marshrutlash

IoT asosidagi aqlli chiqindi boshqaruv arxitekturasini

IoT texnologiyasi sensorlar, aloqa modullari, server yoki cloud platforma va foydalanuvchi interfeysini yagona axborot muhitiga birlashtiradi. Sensor tuguni konteyner holati haqidagi ma'lumotni davriy ravishda yoki kritik holat yuzaga kelganda uzatishi mumkin. Markaziy platforma esa barcha konteynerlarning holatini xarita va dashboardda ko'rsatib, xizmat ko'rsatish ustuvorligini shakllantiradi [2, 3].

Kommunikatsiya vositasini tanlash joylashuv, qamrov, energiya sarfi va ma'lumot hajmiga bog'liq. Lokal hududlarda Wi-Fi, uzoq masofali va kam quvvatli sensor tarmoqlarida LoRaWAN, operator infratuzilmasi mavjud joylarda NB-IoT/LTE-M yoki mobil tarmoqlardan foydalanish mumkin. MQTT kabi yengil xabar almashish protokollari telemetriya ma'lumotlarini broker orqali ko'p foydalanuvchi va servisga yetkazishda qulaydir.

2-jadval. Aqlli chiqindi tizimida kommunikatsiya va hisoblash texnologiyalarining qiyosiy tavsifi

Texnologiya	Afzalligi	Cheklovi	Maqbul qo'llanishi
Wi-Fi	Yuqori ma'lumot uzatish tezligi	Qamrov va energiya sarfiga bog'liq	Kampus, bino, yopiq yoki lokal hudud
LoRaWAN	Uzoq masofa va kam energiya	Past ma'lumot tezligi	To'lish darajasi kabi kichik telemetriya
NB-IoT/LTE-M	Mobil operator qamrovi va keng hudud	Operator xizmatiga bog'liqlik	Shahar bo'ylab tarqalgan smart-binlar
MQTT	Yengil publish/subscribe modeli	Broker infratuzilmasi kerak	Telemetriya va ogohlantirish xabarlarini
Edge computing	Lokal tezkor tahlil	Hisoblash resursi cheklangan	Kamera tasnifi va anomaliya aniqlash
Cloud	Katta saqlash va analitika	Internetga bog'liqlik	Tarixiy tahlil, dashboard va flot boshqaruvi

Sun'iy intellektning aqlli chiqindi boshqaruvidagi o'rni

Sun'iy intellekt sensor va IoT ma'lumotlarini operativ boshqaruv uchun foydali axborotga aylantiradi. AI bo'yicha zamonaviy sharhlar chiqindi boshqaruvida prognozlash, smart-bin monitoringi, transport marshrutlash, rejalashtirish va avtomatik saralashni asosiy qo'llanish sohalari sifatida ko'rsatadi [4, 5].

Birinchi yo'nalish - chiqindi hosil bo'lishini prognozlash. Tarixiy to'lish ma'lumotlari, kun va vaqt, hudud turi, mavsumiylik, ommaviy tadbirlar va boshqa kontekstual belgilar asosida

konteynerning qachon kritik darajaga yetishini oldindan baholash mumkin. Bunday prognoz reaktiv yig'ishdan proaktiv rejalashtirishga o'tish imkonini beradi.

Ikkinchi yo'nalish - kompyuter ko'rishi yordamida chiqindilarni tasniflash. AI asosidagi tasniflash bo'yicha 2024-yilgi sharh chiqindilarni avtomatik ajratish va kategoriyalashda chuqur o'rganish usullarining tez rivojlanayotganini ko'rsatadi [6]. Kamera asosidagi tizim plastik, qog'oz, shisha, metall, organik va boshqa toifalarni aniqlashda qo'llanilishi mumkin.

Uchinchi yo'nalish - anomaliyalarni aniqlash. Sensor ko'rsatkichlarining keskin o'zgarishi, haroratning noodatiy oshishi, gaz holatining yomonlashuvi yoki sensor nosozligiga o'xshash holatlar AI yordamida avtomatik ravishda aniqlanib, operatorga ogohlantirish yuborilishi mumkin.

Chiqindi yig'ish marshrutlarini intellektual boshqarish

An'anaviy yig'ish tizimida transport vositasi belgilangan marshrutdagi barcha konteynerlarga xizmat ko'rsatishi mumkin. Aqlli tizimda esa xizmat ko'rsatish talab qilinadigan konteynerlar ularning to'lish darajasi, ustuvorligi va geografik joylashuvi asosida tanlanadi. Keyin transport vositasining sig'imi, yo'l masofasi va xizmat ko'rsatish cheklovlari hisobga olinib dinamik marshrut shakllantiriladi.

IoT bilan integratsiyalashgan marshrut optimallashtirish bo'yicha 2025-yilgi sistematik sharh va meta-tahlil 11 ta tadqiqotning 21 ta namunasi asosida yig'ish masofasi o'rtacha 21,51 foizga qisqarganini aniqlagan; shu bilan birga real joriy etishlarda natija simulyatsiyalarga qaraganda kamroq bo'lgan [7]. Bu farq aqlli chiqindi tizimlarini baholashda faqat simulyatsion natijalarga tayanmaslik zarurligini ko'rsatadi.

Demak, dinamik marshrutlashning maqsadi shunchaki eng qisqa yo'lni topish emas. U xizmat talab qilinadigan konteynerlarni tanlash, transport sig'imini hisobga olish, ustuvor yoki xavfli konteynerlarga tezroq xizmat ko'rsatish va real shahar sharoitidagi cheklovlarga moslashishni ham qamrab oladi.

Bundan tashqari, tarixiy sensor ma'lumotlarini saqlash konteynerlarning to'lish dinamikasini tahlil qilish uchun asos yaratadi. Oldingi kuzatuvlar asosida muayyan hudud yoki konteynerda chiqindi to'planishining intensiv davrlarini aniqlash, kelgusida esa sun'iy intellekt yordamida uning qachon kritik darajaga yetishini prognozlash mumkin. Yuklangan maqolada ham real vaqt monitoringini keyinchalik **GPS asosidagi marshrut optimallashtirish va AI asosidagi to'lish darajasini prognozlash** bilan kengaytirish istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rsatilgan[11].

IoT, sun'iy intellekt va sensor texnologiyalarining integratsion tahlili

3-jadval. Sensor-IoT-AI integratsiyasida texnologiyalarning funksional bog'liqligi

Komponent	Asosiy vazifa	Hosil bo'ladigan ma'lumot/natija	Keyingi bosqichga ta'siri
Sensorlar	Fizik holatni o'lchash	To'lish, massa, harorat, gaz, tasvir	IoT tuguniga real ma'lumot beradi
IoT	Ma'lumotni uzatish	Telemetriya va ogohlantirish	Markaziy platformani yangilaydi
Cloud/DB	Saqlash va birlashtirish	Tarixiy va joriy ma'lumotlar bazasi	AI uchun ma'lumot manbai
AI/ML	Prognoz va anomaliya tahlili	To'lish prognozi, ustuvorlik	Yig'ish qarorini qo'llab-quvvatlaydi

Komponent	Asosiy vazifa	Hosil bo'ladigan ma'lumot/natija	Keyingi bosqichga ta'siri
Computer Vision	Tasvirni tahlil qilish	Chiqindi kategoriyasi	Saralash va qayta ishlashga yordam beradi
GPS/GIS	Fazoviy tahlil	Konteyner va transport lokatsiyasi	Dinamik marshrutlashni ta'minlaydi
Dashboard	Vizual nazorat	Xarita, holat, ogohlantirish	Operator qarorini tezlashtiradi

Tahlil shuni ko'rsatadiki, sensorning o'zi aqlli chiqindi boshqaruvini shakllantirmaydi. Sensor fizik holatni o'lchaydi, IoT ushbu ma'lumotni uzatadi, cloud platforma uni saqlaydi va birlashtiradi, AI esa undan prognoz va boshqaruv uchun bilim hosil qiladi. Shu sababli Smart Waste Management samaradorligi alohida qurilma yoki algoritmgaga emas, balki komponentlarning izchil integratsiyasiga bog'liq.

Mavjud tadqiqotlar aqlli konteynerlar, IoT, AI tasniflash va marshrut optimallashtirish bo'yicha sezilarli natijalarni ko'rsatadi. Biroq amaliy shahar tizimida sensor aniqligi, tarmoq barqarorligi, AI prognozi, transport logistika qarori, kiberxavfsizlik va texnik xizmat bir vaqtning o'zida ishlaydi. Shu sababli alohida komponentning yuqori samaradorligi butun tizimning samaradorligini avtomatik ravishda kafolatlamaydi.

Mazkur yo'nalishdagi asosiy ilmiy bo'shliq sensor monitoringi, IoT kommunikatsiyasi, AI prognozlash va tasniflash, GPS/GIS asosidagi dinamik marshrutlash, ma'lumot xavfsizligi hamda iqtisodiy ekspluatatsiya omillarini yagona shahar chiqindilarini boshqarish arxitekturasida doirasida kompleks baholash zarurati bilan ifodalanadi. Ayniqsa, real joriy etishlar bo'yicha uzoq muddatli ma'lumotlar va simulyatsion natijalarni real shahar sharoiti bilan solishtirish muhim[8].

Tahlil qilingan yondashuvlar turar joy massivlari, universitet kampuslari, bozorlar, savdo markazlari, parklar, aeroportlar va boshqa jamoat hududlaridagi chiqindi konteynerlarini boshqarishda qo'llanishi mumkin. Sensor ma'lumotlari asosida konteynerlar "normal", "xizmat talab qilinadi", "kritik" kabi holatlarga ajratilib, dashboardda xarita ko'rinishida aks ettirilishi mumkin.

Kommunal xizmat operatori shu ma'lumotlar asosida faqat xizmat talab qilinadigan nuqtalarni tanlaydi, AI esa tarixiy ma'lumotdan foydalanib yaqin vaqt ichida to'lishi kutilayotgan konteynerlarni ham marshrutga qo'shishi mumkin. Natijada boshqaruv qat'iy jadvaldan real ehtiyoj va prognozga asoslangan xizmat modeliga o'tadi.

Amaliy joriy etishda texnologiyani tanlash hududning aloqa qamrovi, konteynerlar soni, sensorning xizmat muddati, ma'lumot uzatish chastotasi, texnik xizmat xarajati va chiqindi tashish logistikasiga moslashtirilishi zarur.

XULOSA VA NATIJALAR

Tadqiqot natijasida shahar chiqindilarini aqlli boshqarishda IoT, sun'iy intellekt va sensor texnologiyalaridan samarali foydalanishga qaratilgan quyidagi tahliliy va metodik yondashuvlar shakllantirildi:

Sensorlar orqali chiqindi konteynerlarining to'lish darajasi, og'irligi va ekologik holatini monitoring qilish hamda olingan ma'lumotlarni IoT infratuzilmasi orqali yagona axborot muhitiga uzatishga asoslangan yondashuv tizimlashtirildi.

Shahar chiqindilarini yig'ishni oldindan belgilangan qat'iy jadval asosida emas, balki konteynerlarning real holati va xizmat ko'rsatishga bo'lgan ehtiyoji asosida tashkil etish maqsadga muvofiqligi asoslandi.

Sun'iy intellekt yordamida chiqindi hosil bo'lish dinamikasini tahlil qilish, konteynerlarning to'lish vaqtini prognozlash va kompyuter ko'rishi asosida chiqindilarni avtomatik tasniflash imkoniyatlari aniqlandi.

Sensor ma'lumotlari, konteynerlarning geografik joylashuvi va transport vositalari haqidagi ma'lumotlarni birlashtirish asosida chiqindi yig'ish marshrutlarini dinamik shakllantirish yondashuvi samarali yo'nalish sifatida belgilandi.

IoT, sun'iy intellekt, sensor, GPS/GIS, edge va cloud texnologiyalarini alohida vositalar sifatida emas, balki yagona Smart Waste Management arxitekturasining o'zaro bog'langan komponentlari sifatida qo'llash zarurligi asoslandi.

Aqlli chiqindi boshqaruv tizimlarini amaliy joriy etishda sensor aniqligi, aloqa barqarorligi, energiya sarfi, ma'lumotlar xavfsizligi, texnik xizmat ko'rsatish va iqtisodiy samaradorlikni birgalikda hisobga olish zarurligi aniqlandi.

Mavjud ilmiy tadqiqotlarning qiyosiy tahlili asosida simulyatsion natijalarni real shahar sharoitidagi uzoq muddatli tajriba ma'lumotlari bilan validatsiya qilish, interoperabellik va tizimning umumiy hayotiy sikl xarajatlarini baholash istiqbolli tadqiqot yo'nalishi sifatida belgilandi.

XULOSA

Shahar chiqindilarini aqlli boshqarishda IoT, sun'iy intellekt va sensor texnologiyalarining integratsiyasi an'anaviy chiqindi yig'ish tizimini ma'lumotlarga asoslangan va talabga mos boshqaruv modeliga transformatsiya qilish imkonini beradi. Sensorlar fizik holat haqida birlamchi ma'lumotni shakllantirsa, IoT ushbu ma'lumotlarni yagona raqamli muhitga uzatadi, sun'iy intellekt esa ularni tahlil qilish, prognozlash, tasniflash va boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlash imkonini beradi.

Tahlil natijalariga ko'ra, istiqbolli arxitektura ko'p sensorli monitoring, IoT kommunikatsiyasi, edge/cloud qayta ishlash, AI tahlili, GPS/GIS va dinamik marshrutlash komponentlarining o'zaro integratsiyasiga asoslanishi lozim. Bunday yondashuv konteynerlarni haqiqiy ehtiyojga qarab bo'shatish, transport resurslarini oqilona rejalashtirish va ekologik holatni tezkor nazorat qilish uchun texnologik asos yaratadi.

Kelgusida real shahar sharoitida uzoq muddatli pilot sinovlar, mahalliy chiqindi tarkibiga mos AI bazalari, energiya tejamkor sensor tugunlari, kiberxavfsiz kommunikatsiya va Digital Twin asosidagi boshqaruv ssenariylarini birgalikda o'rganish ushbu yo'nalishning ilmiy va amaliy samaradorligini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1]. Kannan D., Khademolqorani S., Janatyan N., Alavi S. Smart waste management 4.0: The transition from a systematic review to an integrated framework. Waste Management. 2024. Vol. 174. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.wasman.2023.08.041.

[2]. Artificial intelligence and IoT driven system architecture for municipality waste management in smart cities: A review. Measurement: Sensors. 2024. Vol. 36. 101395. DOI: 10.1016/j.measen.2024.101395.

- [3]. Zoumpoulis P., Konstantinidis F.K., Tsimiklis G., Amditis A. Smart bins for enhanced resource recovery and sustainable urban waste practices in smart cities: A systematic literature review. *Cities*. 2024. Vol. 152. 105150.
- [4]. Smart waste management: A paradigm shift enabled by artificial intelligence. *Waste Management Bulletin*. 2024. Vol. 2, No. 2. P. 244–263. DOI: 10.1016/j.wmb.2024.05.001.
- [5]. Turning trash into treasure: Exploring the potential of AI in municipal waste management – An in-depth review and future prospects. *Journal of Environmental Management*. 2025. Vol. 373. 123658. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.123658.
- [6]. Yevle D.V., Mann P.S. Artificial intelligence based classification for waste management: A survey based on taxonomy, classification & future direction. *Computer Science Review*. 2024. 100723. DOI: 10.1016/j.cosrev.2024.100723.
- [7]. The Impact of IoT-Enabled Routing Optimization on Waste Collection Distance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Logistics*. 2025. Vol. 9, No. 4. 161.
- [8]. Revolutionizing urban solid waste management with AI and IoT: A review of smart solutions for waste collection, sorting, and recycling. *Results in Engineering*. 2025. Vol. 25. 104018. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.104018.
- [9]. Artificial intelligence-related technologies for municipal solid waste management: A review and new insights from smart cities. *Sustainable Cities and Society*. 2026. Vol. 147. 107530. DOI: 10.1016/j.scs.2026.107530.
- [10]. Ochilova S., Norboboyev A. Chiqindi konteynerlari holatini sensor ma'lumotlari asosida baholash va hududiy xizmatni avtomatlashtirish // *Journal of Transport*. – 2026. – 3-jild, 3-son. – B. 110–114. – DOI: 10.56143/2181-2438-2026-3-110-114.
- [11]. Ochilova S., Norboboyev A. Real-Time Waste Monitoring System Based on IoT Sensors // *Academia Open*. – 2026. – Vol. 11, No. 2. – DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14969.

MUHANDISLIK GRAFIKASI DARSLARIDA KO'PYOQLIKLARNI 3D MODELLASHTIRISH ASOSIDA O'QITISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

Mustapaqulov Sodiq Ungiboyevich

Qarshi davlat texnika universiteti

s.mustapaqulov@kstu.uz

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada muhandislik grafikasi darslarida ko'pyoqliklar mavzusini o'qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanishning metodik imkoniyatlari yoritilgan. Ko'pyoqliklarning geometrik tuzilishi, elementlari va ortogonal proyeksiyalarini o'rganishda talabalar duch keladigan asosiy qiyinchiliklar tahlil qilingan. An'anaviy grafik usullarni raqamli modellashtirish vositalari bilan integratsiyalashga asoslangan bosqichli o'qitish metodikasi taklif etilgan. Mazkur metodika ko'pyoqlikning yaqqol tasvirini tahlil qilish, uning ortogonal proyeksiyalarini qurish, ko'rinadigan va ko'rinmaydigan qirralarini aniqlash, 3D modelini yaratish hamda 2D va 3D tasvirlarni o'zaro taqqoslash bosqichlarini qamrab oladi. 3D modellashtirish vositalaridan foydalanish talabalarning fazoviy tasavvuri, grafik tafakkuri, chizmalarni o'qish va geometrik obyektlarni modellashtirish ko'nikmalarini rivojlantirishga xizmat qilishi asoslangan.*

***Kalit so'zlar:** muhandislik grafikasi, ko'pyoqlik, 3D modellashtirish, ortogonal proyeksiya, fazoviy tasavvur, grafik tafakkur, vizuallashtirish, AutoCAD, interaktiv ta'lim.*

Аннотация. В статье рассматриваются методические возможности применения технологий 3D-моделирования при изучении темы «Многогранники» на занятиях по инженерной графике. Проанализированы основные трудности, возникающие у студентов при изучении геометрического строения, элементов и ортогональных проекций многогранников. Предложена поэтапная методика обучения, основанная на интеграции традиционных графических методов и средств цифрового моделирования. Методика включает анализ наглядного изображения многогранника, построение его ортогональных проекций, определение видимых и невидимых рёбер, создание 3D-модели, а также сравнение двухмерного чертежа с трёхмерной моделью. Обосновано, что использование 3D-моделирования способствует развитию пространственного представления, графического мышления, навыков чтения чертежей и моделирования геометрических объектов.

Ключевые слова: инженерная графика, многогранник, 3D-моделирование, ортогональная проекция, пространственное представление, графическое мышление, визуализация, AutoCAD, интерактивное обучение. **Abstract.** The article examines the methodological possibilities of using 3D modeling technologies in teaching polyhedra in engineering graphics classes. The main difficulties students encounter when studying the geometric structure, elements, and orthographic projections of polyhedra are analyzed. A step-by-step teaching methodology based on the integration of traditional graphical methods and digital modeling tools is proposed. The methodology includes analyzing a pictorial representation of a polyhedron, constructing its orthographic projections, identifying visible and hidden edges, creating a 3D model, and comparing the two-dimensional drawing with the three-dimensional model. The use of 3D modeling is shown to contribute to the development of students' spatial visualization, graphical thinking, technical drawing interpretation, and geometric modeling skills.

Keywords: engineering graphics, polyhedron, 3D modeling, orthographic projection, spatial visualization, graphical thinking, visualization, AutoCAD, interactive learning.

KIRISH.

Zamonaviy muhandislik ta'limida talabalarining fazoviy tasavvuri, konstruktiv fikrlashi va grafik axborotni idrok etish qobiliyatini rivojlantirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Muhandislik grafikasi fani mazkur kompetensiyalarni shakllantirishda alohida o'rin egallaydi. Muhandislik chizmalarini tuzish, o'qish va talqin qilish bo'lajak mutaxassislarining loyihalash hamda texnik muloqot kompetensiyalarini shakllantirishga xizmat qiladi [1]. Fan doirasida o'rganiladigan ko'pyoqliklar mavzusi geometrik jismlarning tuzilishi, ularning fazodagi holati va tekislikdagi proyeksiyalarini tushunishda muhim nazariy-amaliy asos hisoblanadi.

Fazoviy tasavvur muhandislik grafikasi fanini muvaffaqiyatli o'zlashtirishga ta'sir qiluvchi asosiy omillardan biridir [2]. Ko'pyoqliklar mavzusini o'rganish jarayonida talabalar fazoviy obyektning uning tekis chizmasi orqali tasavvur qilish, uchlar, qirralar va yoqlarning o'zaro joylashuvini aniqlash, ko'rinadigan hamda ko'rinmaydigan elementlarni farqlash, shuningdek, ortogonal proyeksiyalarni to'g'ri qurish bilan bog'liq qiyinchiliklarga duch keladilar [3]. Ayniqsa, fazoviy tasavvuri yetarlicha rivojlanmagan talabalar ikki o'lchamli tasvir bilan uch o'lchamli geometrik shakl o'rtasidagi bog'lanishni anglashda qiynaladilar [4].

An'anaviy o'qitish jarayonida ko'pyoqliklar asosan doskadagi chizmalar, plakatlar, statik tasvirlar va geometrik modellar yordamida tushuntiriladi. Bunday vositalar mavzuning asosiy mazmunini yoritishga imkon bersa-da, ko'pyoqlikni turli rakurslarda kuzatish, uning fazodagi holatini o'zgartirish hamda proyeksiyalardagi o'zgarishlarni bir vaqtda tahlil qilish imkoniyatlari

cheklangan. Tadqiqotlarda murakkab geometrik obyektlarning ikki o'lchamli tasvirlarini uch o'lchamli shakllar bilan bog'lash talabalarida eng ko'p uchraydigan muammolardan biri ekanligi ko'rsatilgan [1; 3].

loyihalash dasturlarining muhandislik grafikasi ta'limiga joriy etilishi chizmalarni yaratish, tahrirlash va geometrik modellarni fazoviy ko'rinishda namoyish etish imkoniyatlarini kengaytirdi [5]. AutoCAD, KOMPAS-3D, SolidWorks va SketchUp kabi dasturlar geometrik obyektlarning uch o'lchamli modellarini yaratish, ularni aylantirish, kesish, shaffof holatda ko'rsatish hamda turli proyeksiyalarda kuzatish imkonini beradi. CAD vositalari asosidagi ta'lim talabalarning fazoviy vizuallashtirish ko'nikmalarini rivojlantirishga ijobiy ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [2].

Raqamli va interaktiv vizuallashtirish vositalari statik 2D chizmalarni dinamik 3D modellar bilan bog'lash, murakkab geometrik shakllarni turli rakurslarda kuzatish hamda ularning fazoviy munosabatlarini yaxshiroq anglash imkonini beradi [1; 6]. Bunda talaba tayyor chizmani shunchaki takrorlamaydi, balki geometrik shaklning tuzilishini anglaydi, uning elementlari o'rtasidagi fazoviy munosabatlarni mustaqil tahlil qiladi.

Shu bilan birga, faqat 3D modellashtirish dasturidan foydalanishning o'zi kutilgan pedagogik natijani ta'minlamaydi. Raqamli vositalardan foydalanish an'anaviy chizmachilik, tavsifiy geometriya, amaliy grafik topshiriqlar va bosqichma-bosqich metodik ko'rsatmalar bilan uyg'unlashtirilishi zarur [5; 7]. Shu sababli ko'pyoqliklarni o'qitishda 2D chizma va 3D model o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni ta'minlaydigan yaxlit metodik tizimni ishlab chiqish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — muhandislik grafikasi darslarida ko'pyoqliklarni 3D modellashtirish asosida o'qitishning bosqichli metodikasini ishlab chiqish va uning talabalarning fazoviy-grafik tafakkurini rivojlantirishdagi imkoniyatlarini asoslashdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: ko'pyoqliklar mavzusini o'rganishda uchraydigan didaktik qiyinchiliklarni aniqlash; an'anaviy chizmachilik va 3D modellashtirish vositalarini integratsiyalash imkoniyatlarini tahlil qilish; 2D chizmalardan 3D modellarga o'tishning bosqichli metodikasini ishlab chiqish; talabalarning fazoviy tasavvuri va grafik faoliyatini rivojlantiruvchi amaliy topshiriqlarni shakllantirish; taklif etilgan metodikaning ta'lim jarayonidagi samaradorligini baholash mezonlarini belgilash.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot jarayonida pedagogik kuzatish, ilmiy-metodik manbalarni tahlil qilish, taqqoslash, modellashtirish, grafik topshiriqlar natijalarini o'rganish va umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Ko'pyoqliklarni o'qitishga doir mashg'ulotlar mazmunini ishlab chiqishda izchillik, ko'rgazmalilik, nazariya va amaliyot birligi, faollik hamda individual yondashuv tamoyillariga asoslanildi.

Taklif etilayotgan metodikaning asosiy xususiyati talabaning oddiy geometrik tushunchalardan murakkab grafik faoliyatga bosqichma-bosqich o'tishidir. Bosqichli o'qitish talabaga topshiriq mazmuni, uni yechish strategiyasi, bajarish jarayoni va erishilgan natijalarni izchil anglash imkonini beradi [5]. Bunda talaba dastlab ko'pyoqlikning tarkibiy elementlarini o'rganadi, keyin uning yaqqol tasviri va ortogonal proyeksiyalarini tahlil qiladi, so'ngra chizma asosida mustaqil ravishda uch o'lchamli model yaratadi.

Metodika quyidagi didaktik yondashuvlarning integratsiyasiga asoslanadi:

vizual yondashuv — ko'pyoqliklarni rangli, dinamik va turli rakurslarda namoyish etish [1; 6];

faoliyatli yondashuv — talabaning mustaqil chizma qurishi va 3D model yaratishini tashkil etish;

muammoli yondashuv — geometrik obyektning yetishmayotgan ko‘rinishi yoki elementini aniqlashga yo‘naltirilgan topshiriqlar;

differensial yondashuv — topshiriqlarni talabalarning boshlang‘ich tayyorgarligi va fazoviy tasavvur darajasiga qarab murakkablashtirish;

refleksiv yondashuv — bajarilgan 2D chizma va 3D modelni taqqoslash, yo‘l qo‘yilgan xatolarni aniqlash hamda tuzatish [5].

Ko‘pyoqliklarni o‘qitish jarayoni o‘zaro bog‘langan quyidagi bosqichlardan tashkil topadi:

1. Ko‘pyoqlik haqidagi tayanch bilimlarni faollashtirish.
2. Ko‘pyoqlikning uchlari, qirralari va yoqlarini aniqlash.
3. Ko‘pyoqlikning yaqqol tasvirini tahlil qilish.
4. Uning ortogonal proyeksiyalarini bosqichma-bosqich qurish.
5. Ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan qirralarni aniqlash.
6. Chizma asosida ko‘pyoqlikning 3D modelini yaratish.
7. Modelni turli rakurslarda aylantirib kuzatish.
8. 2D chizma bilan 3D modelni o‘zaro taqqoslash.
9. Grafik xatolarni aniqlash va tuzatish.
10. Mustaqil ijodiy topshiriqni bajarish.

Bunday bosqichli faoliyat nazariy bilimlarni amaliy grafik harakatlar bilan bog‘lashga, talabalarning mustaqil ishlashini faollashtirishga va fazoviy obyektlarni yaxlit tasavvur qilishiga yordam beradi [2; 5].

Ko‘pyoqliklarni 3D modellashtirish asosida o‘qitish bosqichlari

Taklif etilayotgan metodika an‘anaviy grafik usullarni 3D modellashtirish vositalari bilan uyg‘unlashtirishga asoslanadi. O‘qitish jarayoni uchta asosiy bosqichda tashkil etiladi.

Birinci — **tahliliy-vizual bosqichda** talabalarga prizma, piramida va boshqa ko‘pyoqliklarning yaqqol tasvirlari taqdim etiladi. Ular ko‘pyoqlikning uchlari, qirralari va yoqlarini aniqlaydi, geometrik shaklning fazodagi holatini tahlil qiladi. Ranglardan foydalanish orqali ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan elementlar o‘zaro farqlanadi.

Ikkinchi — **grafik-modellashtirish bosqichida** ko‘pyoqlikning frontal, gorizontaal va profil proyeksiyalari quriladi. Shundan so‘ng ushbu chizmalar asosida AutoCAD yoki KOMPAS-3D dasturida uning uch o‘lchamli modeli yaratiladi. Modelni aylantirish va turli rakurslarda kuzatish orqali 2D proyeksiyalar bilan 3D shakl o‘rtasidagi bog‘lanish aniqlanadi. Raqamli vizuallashtirish murakkab geometrik shakllar va fazoviy munosabatlarni tushunishni yengillashtiradi [1; 6].

Uchinchi — **mustaqil-amaliy bosqichda** talabalar berilgan proyeksiyalar bo‘yicha ko‘pyoqlik modelini yaratadi yoki 3D model asosida uning yetishmayotgan proyeksiyasini quradi. Yakunda 2D chizma va 3D model taqqoslanib, grafik xatolar aniqlanadi va tuzatiladi. Bosqichli topshiriqlar talabalarning mustaqil ishlashi hamda grafik masalalarni hal etish ko‘nikmalarini rivojlantiradi [5].

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

Taklif etilgan metodikani qo‘llash ko‘pyoqliklarning geometrik tuzilishi va ortogonal proyeksiyalarini tushuntirish imkoniyatini kengaytirdi. 3D modelni turli rakurslarda kuzatish talabalarga uchlar, qirralar va yoqlarning proyeksiyalardagi holatini aniqroq tasavvur qilishga yordam berdi.

2D chizma va 3D modelni o‘zaro taqqoslash ko‘rinadigan hamda ko‘rinmaydigan qirralarni

aniqlash, proyeksion bog‘lanishlarni tushunish va grafik xatolarni mustaqil tuzatishga xizmat qildi. Bu holat CAD texnologiyalaridan foydalanish talabalarning fazoviy vizuallashtirish ko‘nikmalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini qayd etgan tadqiqotlar natijalariga mos keladi [2; 3].

Shuningdek, topshiriqlarning oddiydan murakkabga qarab berilishi tayyorgarlik darajasi turlicha bo‘lgan talabalarni o‘quv faoliyatiga jalb qilish imkonini yaratdi. Biroq 3D dasturlar an’anaviy chizmachilikning o‘rnini to‘liq egallamasligi lozim. Eng samarali natija qo‘lda chizma bajarish, ortogonal proyeksiyalarni qurish va raqamli modellashtirish vositalarini o‘zaro uyg‘unlashtirish orqali ta’minlanadi [5; 7].

Demak, ko‘pyoqliklarni 3D modellashtirish asosida o‘qitish talabalarning fazoviy tasavvuri, chizmani o‘qish va geometrik obyektlarni modellashtirish ko‘nikmalarini rivojlantiruvchi samarali metodik vosita hisoblanadi.

XULOSA.

Muhandislik grafikasi darslarida ko‘pyoqliklarni 3D modellashtirish asosida o‘qitish talabalarning fazoviy tasavvuri, grafik tafakkuri va chizmalarni o‘qish ko‘nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Taklif etilgan bosqichli metodika ko‘pyoqlik elementlarini tahlil qilish, ortogonal proyeksiyalarni qurish, 3D model yaratish hamda 2D va 3D tasvirlarni o‘zaro taqqoslashni qamrab oladi. Natijada talabalar ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan qirralarni aniqlash, proyeksion bog‘lanishlarni tushunish va grafik xatolarni mustaqil tuzatish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Ko‘pyoqliklarni o‘qitishda an’anaviy chizmachilik usullarini AutoCAD yoki KOMPAS-3D kabi raqamli vositalar bilan uyg‘unlashtirish maqsadga muvofiq. Mazkur yondashuv mavzuni ko‘rgazmali va tushunarli o‘zlashtirish bilan birga, talabalarning mustaqil grafik faoliyati hamda kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga yordam beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tiwari A.S., Bhagat K.K., Lampropoulos G. Designing and evaluating an augmented reality system for an engineering drawing course // Smart Learning Environments. – 2024. – Vol. 11. – Article 1. DOI: 10.1186/s40561-023-00289-z. ([Springer Nature Link](#))
2. Kösa T., Karakuş F. The effects of computer-aided design software on engineering students’ spatial visualisation skills // European Journal of Engineering Education. – 2018. – Vol. 43, No. 2. – P. 296–308. DOI: 10.1080/03043797.2017.1370578. ([Springer Nature Link](#))
3. Marunić G., Glazar V. Spatial ability through engineering graphics education // International Journal of Technology and Design Education. – 2013. – Vol. 23, No. 3. – P. 703–715. DOI: 10.1007/s10798-012-9211-y. ([Springer Nature Link](#))
4. Branoff T.J., Dobelis M. The relationship between spatial visualization ability and students’ ability to model 3D objects from engineering assembly drawings // Engineering Design Graphics Journal. – 2012. – Vol. 76, No. 3. – P. 37–43. ([eric.ed.gov](#))
5. Gracia-Ibáñez V., Vergara M. Applying action research in CAD teaching to improve the learning experience and academic level // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2016. – Vol. 13. – Article 9. DOI: 10.1186/s41239-016-0010-5. ([Springer Nature Link](#))
6. Martín-Gutiérrez J., Contero M., Alcañiz M. Augmented reality to training spatial skills // Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 77. – P. 33–39. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.356. ([Springer Nature Link](#))
- Sorby S.A., Veurink N.L., Streiner S. Does spatial skills instruction improve STEM outcomes? The answer is “yes” // Learning and Individual Differences. – 2018. – Vol. 67. – P. 209–222.

BLOCKCHAIN TEXNOLOGIYASI ASOSIDA RAQAMLI MA'LUMOTLARNING YAXLITLIGI VA XAVFSIZLIGINI TA'MINLASH

Suropov Baxodir Maydonovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti professori, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada blockchain texnologiyasining asosiy tamoyillari — markazlashtirilmagan reestr, kriptografik xesh-zanjir, konsensus algoritmlari (Proof-of-Work, Proof-of-Stake, Practical Byzantine Fault Tolerance) va o'zgarmaslik (immutability) xususiyati — nazariy jihatdan yoritilgan hamda ularning an'anaviy markazlashtirilgan ma'lumotlar bazalariga nisbatan ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlashdagi afzalliklari tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida hujjatlarning yaxlitligini tasdiqlash tizimi (masalan, ta'lim sertifikatlari yoki davlat hujjatlari uchun) uchta arxitektura — an'anaviy markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasi, ochiq (public) blockchain (Ethereum asosida) va xususiy (private/consortium) blockchain (Hyperledger Fabric asosida) — asosida modellashtirilgan va simulyatsiya muhitida sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, blockchain asosidagi ikkala arxitektura ham hujjatlarga ruqsatsiz o'zgartirish kiritish urinishlarini 100% aniqlik bilan aniqlagan, xususiy blockchain esa ochiq blockchainga nisbatan tranzaksiyani tasdiqlash tezligi bo'yicha 340 baravar tezroq ishlagan, biroq markazlashtirilmaganlik darajasi pastroq bo'lgan. Maqola yakunida turli sohalar (ta'lim, davlat xizmatlari, moliya) uchun mos blockchain arxitekturasini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: blockchain, ma'lumotlar yaxlitligi, kriptografiya, markazlashtirilmagan reestr, konsensus algoritmi, kiberxavfsizlik, raqamli hujjat aylanishi.

Annotation. The article theoretically examines the core principles of blockchain technology — the decentralized ledger, cryptographic hash chain, consensus algorithms (Proof-of-Work, Proof-of-Stake, Practical Byzantine Fault Tolerance), and the immutability property — and analyzes their advantages over traditional centralized databases in ensuring data integrity. Within the study, a document integrity verification system (for example, for educational certificates or government documents) was modeled and tested in a simulation environment using three architectures: a traditional centralized database, a public blockchain (based on Ethereum), and a private/consortium blockchain (based on Hyperledger Fabric). The results show that both blockchain-based architectures detected unauthorized document modification attempts with 100 percent accuracy, and the private blockchain performed 340 times faster in transaction confirmation speed than the public blockchain, though with a lower degree of decentralization. The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate blockchain architecture for different sectors (education, public services, finance).

Key words: blockchain, data integrity, cryptography, distributed ledger, consensus algorithm, cybersecurity, digital document management.

Аннотация. В статье теоретически рассмотрены основные принципы технологии блокчейн — децентрализованный реестр, криптографическая хеш-цепочка, алгоритмы консенсуса (Proof-of-Work, Proof-of-Stake, Practical Byzantine Fault Tolerance) и свойство неизменности (immutability), — а также проанализированы их преимущества перед традиционными централизованными базами данных в обеспечении целостности данных. В рамках исследования система проверки целостности документов (например, для

образовательных сертификатов или государственных документов) была смоделирована и протестирована в имитационной среде на основе трёх архитектур: традиционной централизованной базы данных, публичного блокчейна (на основе Ethereum) и частного/консорциумного блокчейна (на основе Hyperledger Fabric). Результаты показывают, что обе блокчейн-архитектуры обнаружили попытки несанкционированного изменения документов со 100-процентной точностью, при этом частный блокчейн работал в 340 раз быстрее публичного блокчейна по скорости подтверждения транзакций, хотя и обладал меньшей степенью децентрализации. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящей архитектуры блокчейна для различных сфер (образование, государственные услуги, финансы).

Ключевые слова: блокчейн, целостность данных, криптография, распределённый реестр, алгоритм консенсуса, кибербезопасность, цифровой документооборот.

KIRISH

Raqamli ma'lumotlarning yaxlitligini (ya'ni ularning ruxsatsiz o'zgartirilmaganligini) ta'minlash zamonaviy axborot tizimlarining eng muhim xavfsizlik talablaridan biri hisoblanadi. An'anaviy markazlashtirilgan ma'lumotlar bazalarida ma'lumotlar yaxlitligi asosan bitta markaziy ma'muriy tuzilma ishonchiga tayangan holda ta'minlanadi, bu esa "yagona nosozlik nuqtasi" (single point of failure) muammosini keltirib chiqaradi — agar markaziy tizim buzilsa yoki uning ma'muriy firibgarlik qilsa, ma'lumotlarning yaxlitligiga putur yetishi mumkin.

Blockchain texnologiyasi, dastlab kriptovalyutalar uchun ishlab chiqilgan bo'lsa-da, markazlashtirilmagan, kriptografik jihatdan himoyalangan va o'zgartirib bo'lmaydigan (immutable) ma'lumotlar reestrini yaratish imkoniyati tufayli ta'lim, sog'liqni saqlash, davlat xizmatlari va moliya kabi ko'plab sohalarda ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlashning istiqbolli vositasi sifatida ko'rib chiqilmoqda. Bu texnologiyaning turli sohalarga moslashtirilgan arxitekturalari (ochiq va yopiq blockchain tizimlari) mavjud bo'lib, ularning har biri o'ziga xos afzallik va cheklovlarga ega.

Tadqiqotning maqsadi — blockchain texnologiyasining raqamli ma'lumotlar yaxlitligi va xavfsizligini ta'minlashdagi imkoniyatlarini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish hamda turli blockchain arxitekturalarining samaradorligini eksperimental tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) blockchain texnologiyasining asosiy tamoyillarini yoritish; 2) hujjatlar yaxlitligini tasdiqlash tizimini uchta arxitektura asosida modellashtirish; 3) tanlangan arxitekturalarni simulyatsiya muhitida sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot doirasida hujjatlarning yaxlitligini tasdiqlash tizimi (masalan, ta'lim sertifikatlari yoki davlat hujjatlarining haqiqiylikini tekshirish tizimi) uchta arxitektura asosida modellashtirildi va simulyatsiya muhitida sinovdan o'tkazildi:

1) an'anaviy markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasi (MySQL asosida) — bazaviy taqqoslash sifatida;

2) ochiq (public) blockchain — Ethereum test tarmog'ida (Ropsten) smart-kontrakt yordamida amalga oshirilgan;

3) xususiy/konsortsium (private/consortium) blockchain — Hyperledger Fabric platformasi asosida, cheklangan sonli tasdiqlovchi tugunlar (validator nodes) bilan amalga oshirilgan.

Har bir arxitektura uchun hujjatning kriptografik xesh qiymati (SHA-256 algoritmi asosida) hisoblanib, tegishli reestrda (markazlashtirilgan holatda — ma'lumotlar bazasi jadvaliga, blockchain

holatida — blokka) yozib qo'yildi. Tizimning yaxlitlikni buzish urinishlarini aniqlash qobiliyatini sinash uchun har bir arxitekturada 500 ta hujjat namunasi yaratilib, ularning 50 tasiga (10%) ruxsatsiz o'zgartirish kiritildi, so'ngra tizimning bu o'zgartirishlarni aniqlash qobiliyati tekshirildi.

Qo'shimcha ravishda, har bir arxitekturaning ishlash samaradorligi quyidagi mezonlar bo'yicha o'lchandi: tranzaksiyani tasdiqlash vaqti (soniyalarda), sekundiga bajarilishi mumkin bo'lgan tranzaksiyalar soni (throughput) hamda tizimni saqlash uchun zarur bo'lgan hisoblash va xotira resurslari.

NATIJALAR

Yaxlitlikni buzish urinishlarini aniqlash bo'yicha sinov natijasida ikkala blockchain arxitekturasini (ochiq va xususiy) ham barcha 50 ta ruxsatsiz o'zgartirishni 100% aniqlik bilan aniqladi, chunki har qanday hujjat o'zgarishi uning xesh qiymatini o'zgartiradi va bu zanjirdagi keyingi bloklar bilan mos kelmay qoladi. An'anaviy markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasida esa, agar tajovuzkor administrator huquqlariga ega bo'lsa, o'zgartirishlar hech qanday avtomatik ogohlantirishsiz amalga oshirilishi mumkinligi aniqlandi — bu holat qo'shimcha audit-log tizimisiz aniqlanmadi.

Ishlash samaradorligi bo'yicha esa sezilarli farqlar kuzatildi: markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasi eng tezkor (tranzaksiya tasdiqlash — o'rtacha 0,008 soniya) bo'ldi, xususiy blockchain (Hyperledger Fabric) 0,4 soniya, ochiq blockchain (Ethereum) esa o'rtacha 136 soniya (blok tasdiqlanishi kutish vaqti bilan) sarfladi. Bu shuni ko'rsatdiki, xususiy blockchain ochiq blockchainga nisbatan taxminan 340 baravar tezroq ishladi, biroq markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasiga nisbatan sekinroq bo'lib qoldi.

Markazlashtirilmaganlik darajasi va nazorat taqsimoti bo'yicha tahlil shuni ko'rsatdiki, ochiq blockchain eng yuqori darajadagi markazlashtirilmaganlikni (hech bir tomon yagona nazoratga ega emasligini) ta'minlagan, xususiy blockchain esa oldindan belgilangan ishonchli tashkilotlar (masalan, Ta'lim vazirligi, universitetlar konsortsiumi) o'rtasida taqsimlangan, ammo umuman ochiq bo'lmagan nazoratni ta'minladi — bu amaliy jihatdan tezlik va markazlashtirilmaganlik o'rtasidagi muvozanat ekanligini ko'rsatdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar blockchain texnologiyasining, arxitekturasidan qat'i nazar, ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlashda an'anaviy markazlashtirilgan tizimlarga nisbatan tub afzalliklarga ega ekanligini tasdiqlaydi, chunki kriptografik xesh-zanjir tuzilmasi har qanday ruxsatsiz o'zgartirishni matematik jihatdan aniqlanadigan qiladi. Bu xulosa blockchain texnologiyasi sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham blockchain'ning "o'zgartirib bo'lmazlik" xususiyati ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlashning fundamental afzalligi sifatida qayd etilgan.

Ochiq va xususiy blockchain o'rtasidagi tezlik-markazlashtirilmaganlik muvozanati amaliy joriy etishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Yuqori ishonch talab qiluvchi, ammo cheklangan ishonchli ishtirokchilar doirasida ishlaydigan sohalar (masalan, davlat muassasalari, ta'lim tashkilotlari konsortsiumi) uchun xususiy blockchain tezlik va samaradorlik nuqtai nazaridan maqbulroq, keng jamoatchilik ishonchini talab qiluvchi va markazlashmagan tekshiruvni zarur qiluvchi stsenariylar uchun esa ochiq blockchain'ning yuqori shaffofligi ustunlik qiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar davlat tashkilotlari va ta'lim muassasalariga hujjatlar aylanishi tizimlarini raqamlashtirishda, avvalo xususiy/konsortsium blockchain arxitekturasidan boshlashni, keyinchalik esa zarurat va ishonch darajasi rivojlangan sari ochiqroq modellarga o'tishni ko'rib chiqishni tavsiya etadi. Shuningdek, blockchain'ni to'liq markazlashtirilgan tizim o'rniga

emas, balki mavjud tizimlarni to'ldiruvchi "yaxlitlikni tasdiqlash qatlami" sifatida qo'llash amaliy jihatdan resurslarni tejash imkonini beradi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Blockchain texnologiyasiga asoslangan arxitekturalar (ochiq va xususiy) ma'lumotlarga ruxsatsiz o'zgartirish kiritish urinishlarini 100% aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi, bu an'anaviy markazlashtirilgan ma'lumotlar bazalaridan tub farq qiladi.
2. Xususiy (konsortsium) blockchain ochiq blockchainga nisbatan tranzaksiyani tasdiqlash tezligi bo'yicha sezilarli (340 baravar) ustunlikka ega, ammo markazlashtirilmaganlik darajasi pastroq.
3. Blockchain arxitekturasini tanlashda tezlik va markazlashtirilmaganlik o'rtasidagi muvozanatni sohaning o'ziga xos ishonch va samaradorlik talablariga qarab belgilash zarur.
4. Davlat va ta'lim sohasida hujjatlar yaxlitligini ta'minlashda xususiy/konsortsium blockchain arxitekturasini amaliy jihatdan maqbulroq boshlang'ich yechim hisoblanadi.
5. Blockchain'ni mavjud axborot tizimlarini to'liq almashtiruvchi emas, balki ularni to'ldiruvchi "yaxlitlikni tasdiqlash qatlami" sifatida qo'llash amaliy joriy etish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.
3. Рахимов Б.Ж. Блокчейн технологиясининг рақамли ҳужжат айланмасида қўлланилиши // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №1. — Б. 40–48.
4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнали. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System // Bitcoin.org. — 2008.
6. Buterin V. A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform // Ethereum White Paper. — 2014.
7. Androulaki E., Barger A., Bortnikov V. et al. Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains // Proceedings of the 13th EuroSys Conference. — 2018. — P. 1–15.
8. Zheng Z., Xie S., Dai H.-N., Chen X., Wang H. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends // IEEE International Congress on Big Data. — 2017. — P. 557–564.
9. Castro M., Liskov B. Practical Byzantine Fault Tolerance // Proceedings of the 3rd Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI). — 1999. — P. 173–186.
10. Grech A., Camilleri A.F. Blockchain in Education // JRC Science for Policy Report. — Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

KIBERXAVFSIZLIKDA ANOMALIYALARNI ANIQLASH USULI

Bekkamov Fayzi Absoatovich

O‘zbekiston xalqaro islomshunoslik akademiyasi “Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari” kafedrası katta o‘qituvchisi, t.f.f.d., PhD

bfayzi93@gmail.com

Abstract. *The paper investigates the detection of anomalous states arising in information systems and computer networks in the field of cybersecurity. As the complexity and diversity of cyberattacks in modern information systems continue to grow, the automatic detection of unusual network activity, alongside traditional protection tools, has become critically important. The study examines the fundamental principles of anomaly detection, the possibilities of analyzing network traffic and user behavior, and the use of machine learning algorithms for this purpose. By distinguishing anomalous behavior from normal activity, the possibility of detecting potential cyberattacks at an early stage is analyzed.*

Keywords: *cybersecurity, anomaly detection, network traffic, clustering, data visualization, attack classification, machine learning.*

Аннотация. *В статье исследуется вопрос обнаружения аномальных состояний, возникающих в информационных системах и компьютерных сетях, в сфере кибербезопасности. В связи с ростом сложности и многообразия кибератак в современных информационных системах, наряду с традиционными средствами защиты, важное значение приобретает автоматическое обнаружение нетипичной сетевой активности. В работе рассматриваются основные принципы обнаружения аномалий, возможности анализа сетевого трафика и поведения пользователей, а также применение алгоритмов машинного обучения для решения данной задачи. На основе разграничения аномального поведения от нормальной деятельности анализируется возможность обнаружения потенциальных кибератак на ранней стадии.*

Ключевые слова: *кибербезопасность, обнаружение аномалий, сетевой трафик, кластеризация, визуализация данных, классификация атак, машинное обучение.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada kiberxavfsizlik sohasida axborot tizimlari va kompyuter tarmoqlarida yuzaga keladigan anomaliya holatlarni aniqlash masalasi tadqiq etilgan. Zamonaviy axborot tizimlarida kiberhujumlarning murakkabligi va xilma-xilligi ortib borayotgani sababli, an'anaviy himoya vositalari bilan bir qatorda tarmoqdagi noodatiy faoliyatlarni avtomatik aniqlash usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqotda anomaliyalarni aniqlashning asosiy tamoyillari, tarmoq trafigi va foydalanuvchi xatti-harakatlarini tahlil qilish imkoniyatlari hamda mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish masalalari ko'rib chiqilgan. Anomal xatti-harakatlarni normal faoliyatdan ajratish orqali potensial kiberhujumlarni erta bosqichda aniqlash imkoniyati tahlil etilgan.*

Kalit so'zlar: *kiberxavfsizlik, anomaliyalarni aniqlash, tarmoq trafigi, klasterlash, ma'lumotlarni vizuallashtirish, hujumlarni klassifikatsiyalash, mashinali o'qitish.*

Zamonaviy axborot tizimlari va kompyuter tarmoqlarining hajmi hamda murakkabligi ortib borishi bilan birga, ularga qaratilgan kiberhujumlarning turlari ham tobora xilma-xil va nozik shaklga

ega bo‘lib bormoqda. Signaturaga asoslangan an‘anaviy himoya vositalari faqat oldindan ma‘lum bo‘lgan hujum namunalarini aniqlashga qaratilgan bo‘lib, yangi, ilgari kuzatilmagan yoki asta-sekin rivojlanuvchi tahdidlarni o‘z vaqtida aniqlay olmaydi. Bunday sharoitda tarmoq trafigi va foydalanuvchi xatti-harakatlaridagi normal holatdan chetlanishlarni – ya‘ni anomaliyalarni – avtomatik tarzda aniqlashga qaratilgan usullar alohida ahamiyat kasb etadi.

Anomaliyalarni aniqlash muammosi kiberxavfsizlik sohasida keng oʻrganilgan yoʻnalishlardan biri hisoblanadi. Chandola, Banerjee va Kumar [1] tomonidan taqdim etilgan tadqiqotda anomaliyalarni aniqlash usullarining umumiy tasnifi berilgan boʻlib, ularning nazorat qilinadigan, qisman nazorat qilinadigan va nazoratsiz yondashuvlarga boʻlinishi asoslab berilgan. Nazoratsiz yondashuvlar orasida klasterlash algoritmlari alohida oʻrin tutadi: MacQueen [2] tomonidan taklif etilgan K-oʻrtacha (K-means) usuli maʼlumotlarni oʻxshashlik darajasiga koʻra guruhlariga ajratsa, Ester va boshqalar [3] tomonidan ishlab chiqilgan DBSCAN algoritmi zichlikka asoslangan klasterlash orqali nostandart shakldagi klasterlarni va chetlanishlarni (outliers) aniqlash imkonini beradi.

Kiberxavfsizlikda anomaliyalarni aniqlashning taklif etilayotgan yondashuvi ma'lumotlarni yig'ishdan tortib tizim samaradorligini baholashgacha bo'lgan bosqichlarni o'z ichiga olgan yaxlit sikl ko'rinishida tashkil etilgan (1-rasm). Ushbu sikl aynan mazkur tadqiqotning markazini tashkil etadi, chunki u anomaliyani dastlabki xom ma'lumotdan tortib, tasdiqlangan va klassifikatsiyalangan hujum sifatida aniqlanishigacha bo'lgan barcha bosqichlarni o'zaro bog'laydi.

1-rasm. Kiberxavfsizlikda anomaliyalarni aniqlash sxemasi

ogohlantirishlarni birlashtirish bosqichida esa bir nechta manbadan olingan signal va hodisalar yagona formatga keltiriladi hamda takrorlanishlar bartaraf etiladi. Shundan so'ng qayta ishlangan ma'lumotlar markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasida saqlanadi, bu esa keyingi tahlil bosqichlari uchun yagona va izchil manba bo'lib xizmat qiladi.

Ma'lumotlarni klasterlash va vizuallashtirish. Aynan shu ikki bosqich taklif etilgan yondashuvning markazini – anomaliyalarni aniqlash mexanizmini tashkil etadi. Ma'lumotlar bazasidagi ma'lumotlar ustida klasterlash amalga oshiriladi: o'xshash xatti-harakatlariga ega bo'lgan trafik hodisalari bir guruhga birlashtiriladi, natijada asosiy klasterlardan sezilarli darajada farq qiluvchi nuqtalar – potensial anomaliyalar – ajralib chiqadi. Olingan klasterlar so'ngra ma'lumotlarni vizuallashtirish bosqichida past o'lchovli fazoga proyeksiyalanadi, bu esa tahlilchiga normal faoliyat klasterlaridan chetga chiqqan holatlarni ko'zi bilan ko'rish va dastlabki xulosa chiqarish imkonini beradi. Shu tariqa klasterlash sonli tahlilni, vizuallashtirish esa sifatli (vizual) tahlilni ta'minlab, bir-birini to'ldiradi.

Hujumni tasdiqlash va klassifikatsiyalash. Vizual tahlil natijasida shubhali deb topilgan holatlar hujum sathini tasdiqlash bosqichiga uzatiladi, bu yerda aniqlangan anomaliyaning haqiqatan ham xavf tug'dirish darajasi baholanadi va tasodifiy chetlanishlardan farqlanadi. Tasdiqlangan hujumlar so'ngra hujum klassifikatsiyasi bosqichida turiga (xizmat ko'rsatishni rad etish, portlarni skanerlash, ruxsatsiz kirish urinishi va boshqalar) ko'ra tasniflanadi.

Qoidalarini yangilash va samaradorlikni baholash. Klassifikatsiya natijalari klassifikatsiyalash qoidalari bazasini boyitish uchun ishlatiladi – yangi aniqlangan hujum naqshlari qoidalar shaklida rasmiylashtirilib, keyingi tahlil davrlarida ma'lumotlar bazasidagi yozuvlarni baholashda qayta foydalaniladi. Shu bilan bir vaqtda tizimning umumiy samaradorligi baholanadi: aniqlik, to'liqlik va soxta signal darajasi kabi ko'rsatkichlar orqali tizimning haqiqiy hujumlarni qanchalik ishonchli aniqlayotgani va shu bilan birga normal faoliyatni noto'g'ri anomaliya sifatida belgilamayotgani tekshiriladi. Qoidalar bazasining muntazam yangilanib borishi tizimga vaqt o'tishi bilan yangi hujumlariga moslashish va o'z-o'zini takomillashtirish imkonini beradi.

Taklif etilgan yondashuvning markaziy g'oyasi shundaki, anomaliyalarni aniqlash bir martalik amal emas, balki ma'lumot yig'ishdan samaradorlikni baholashgacha bo'lgan uzluksiz siklga aylantirilgan. Klasterlash va vizuallashtirish bosqichlarining birgalikda qo'llanilishi, adabiyotlarda ko'rsatilganidek, sof sonli tahlilga nisbatan anomaliyalarni erta bosqichda va yuqori ishonch bilan aniqlash imkonini beradi, chunki vizual taqdimot tahlilchiga avtomatik algoritm e'tibordan chetda qoldirishi mumkin bo'lgan naqshlarni ham ko'rish imkonini yaratadi.

Klassifikatsiyalash qoidalarining qayta ma'lumotlar bazasiga ta'sir ko'rsatishi, ya'ni teskari aloqa mexanizmining mavjudligi, tizimni statik emas, balki dinamik ravishda rivojlanuvchi qilib qo'yadi. Bu, ayniqsa, hujum usullari tez o'zgarib turadigan zamonaviy sharoitda muhim ahamiyatga ega, chunki tizim faqat oldindan belgilangan qoidalariga tayanib qolmasdan, yangi aniqlangan naqshlar asosida o'z bilim bazasini kengaytirib boradi. Samaradorlikni muntazam baholash esa ushbu rivojlanish jarayonining nazoratda saqlanishini, ya'ni tizimning soxta signallar sonini oshirmagan holda haqiqiy hujumlarni aniqlash qobiliyatini yo'qotmasligini ta'minlaydi.

XULOSA

Ushbu maqolada kiberxavfsizlikda anomaliyalarni aniqlashga qaratilgan, ma'lumotlarni yig'ish va birlashtirishdan tortib klasterlash, vizuallashtirish, hujumni tasdiqlash, klassifikatsiyalash va samaradorlikni baholashgacha bo'lgan bosqichlarni o'z ichiga olgan yaxlit yondashuv ko'rib chiqildi. Klasterlash va vizuallashtirishning birgalikda qo'llanilishi, shuningdek, klassifikatsiyalash

qoidalarining teskari aloqa orqali doimiy yangilanib borishi taklif etilgan yondashuvning asosiy afzalliklaridan hisoblanadi. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu yondashuvni real tarmoq ma'lumotlari to'plamlarida sinovdan o'tkazish, turli klasterlash va vizuallashtirish algoritmlarining samaradorligini qiyosiy baholash hamda tizimning real vaqt rejimida ishlashini ta'minlash rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Chandola, V., Banerjee, A., Kumar, V. Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3), (2009), 1–58.
- [2] MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1, (1966), 281–297.
- [3] Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., Xu, X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), (1996), 226–231.
- [4] van der Maaten, L., Hinton, G. Visualizing data using t-SNE. Journal of Machine Learning Research, 9, (2008), 2579–2605.
- [5] Garcia-Teodoro, P., Diaz-Verdejo, J., Macia-Fernandez, G., Vazquez, E. Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges. Computers & Security, 28(1–2), (2009), 18–28.

BO'LAJAK MUHANDISLARNING RAQAMLI TEXNOLOGIK KONSEPTLARINI SHAKLLANTIRISHDA INTELLEKTUAL MODELLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARINING DIDAKTIK IMKONIYATLARI

Eshimova Feruza Kenjaboeva

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi, katta o'qituvchi

+998(93)333-15-56

E-mail: feruzaeshimova11@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada bo'lajak muhandislarning raqamli texnologik konseptlarini shakllantirishda intellektual modellash texnologiyalarining didaktik imkoniyatlari tadqiq etilgan. Zamonaviy muhandislik ta'limida raqamli kompetensiyalarni rivojlantirish zaruriyati asoslangan hamda sun'iy intellekt va intellektual modellash tizimlarining o'quv jarayonidagi o'rni yoritilgan. Maqolada talabalarda muhandislik tafakkurini, loyihalash ko'nikmalarini va raqamli texnologiyalar bilan ishlash madaniyatini yuksaltirishda ushbu texnologiyalarning ta'limiy funksiyalari (metodik, vizuallashtirish, adaptiv va prognostik imkoniyatlari) tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida muhandislik ta'limi sifatini oshirish va talabalarni ishlab chiqarishning raqamli muhitiga tayyorlash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, raqamli texnologik kompetentlik, muhandislik ta'limi, axborot texnologiyalari, pedagogik imkoniyatlar, ta'lim jarayonini raqamlashtirish, kasbiy tayyorgarlik.

Аннотация. В данной статье исследуются дидактические возможности технологий интеллектуального моделирования в формировании цифровых технологических концептов

будущих инженеров. Обоснована необходимость развития цифровых компетенций в современном инженерном образовании, а также освещена роль искусственного интеллекта и систем интеллектуального моделирования в учебном процессе. В статье проанализированы образовательные функции (методические, визуализационные, адаптивные и прогностические возможности) данных технологий в развитии у студентов инженерного мышления, навыков проектирования и культуры работы с цифровыми технологиями. В результате исследования разработаны практические рекомендации по повышению качества инженерного образования и подготовке студентов к цифровой производственной среде.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая технологическая компетентность, инженерное образование, информационные технологии, педагогические возможности, цифровизация образовательного процесса, профессиональная подготовка.

Abstract. This article explores the didactic potential of intelligent modeling technologies in shaping the digital technological concepts of future engineers. The necessity of developing digital competencies in modern engineering education is substantiated, and the role of artificial intelligence and intelligent modeling systems in the educational process is highlighted. The article analyzes the educational functions (methodological, visualization, adaptive, and prognostic capabilities) of these technologies in enhancing students' engineering thinking, design skills, and digital technology culture. As a result of the research, practical recommendations have been developed to improve the quality of engineering education and prepare students for the digital production environment.

Keywords: artificial intelligence, digital technological competence, engineering education, pedagogical opportunities, digitalization of the educational process, professional training.

KIRISH

Mustaqillik davrida mamlakatimizda oliy ta'lim sohasini chuqur isloh etish, pedagog kadrlar salohiyatini yuksaltirish, oliy ta'lim muassasalarining moddiy-texnik infratuzilmasini mustahkamlash hamda normativ-huquqiy bazani izchil ravishda takomillashtirish orqali ta'lim sifatini yangi bosqichga olib chiqish ustuvor yo'nalish sifatida belgilandi. Bunda tayyorlanayotgan mutaxassislarini zamon talablariga javob beradigan, raqobatbardosh va yuqori malakali kadrlar sifatida shakllantirish asosiy vazifa etib qaralmoqda.

Shu bilan birga, bugungi kunda respublikamizda oliy ta'lim tizimini izchil rivojlantirish, kadrlar tayyorlash sifatini yanada oshirish, yoshlarning kelajakda o'z yo'lini mustaqil ravishda belgilay olishi hamda mamlakat iqtisodiy taraqqiyotiga munosib hissa qo'sha oladigan barkamol shaxslar bo'lib voyaga yetishini ta'minlash masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi qarorida, sun'iy intellektidan foydalanishga asoslangan texnologiyalar, shu jumladan, intellektual videotahlil, nutqni tanib olish va sintezlash, qabul qilingan qarorlarni intellektual qo'llab-quvvatlashning istiqbolli usullarni o'rganish va amalda joriy qilish ko'zda tutilgan.

Sun'iy intellekt modellarini o'qitishda ularni sinovdan o'tkazish va rivojlantirish uchun zarur infratuzilma yaratish; fanlar, mavzular, sinflar bo'yicha ta'lim jarayonidagi kamchiliklarni aniqlash, shuningdek, o'quvchilarning aqliy va jismoniy rivojlanishini tahlil qilib borish hamda maktab boshqaruvi samaradorligini oshirish; bilim sifatini baholashni avtomatlashtirish va o'quv natijalari to'g'risidagi ma'lumotlarni tahlil qilish ishlari keng ko'lamda qo'llanilib kelinmoqda. Ushbu vazifalarni samarali amalga oshirish maqsadida respublikamizdagi ko'plab oliy ta'lim muassasalarida

sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish, bu borada to'plangan ilg'or tajribalarni umumlashtirish hamda ularni istiqbolda keng qo'llash yuzasidan ishlar izchil va tezkor sur'atlarda olib borilmoqda

Jahon hamjamiyatidagi yirik tashkilotlardan biri YUNESKO muhandisni faqat ilmiy bilimlardan ijodiy foydalana oladigan, sanoat zavodlari, mashinalar va uskunalarni loyihalashtira va qura oladigan, sanoat zonalarini ishlab chiqa oladigan va ishlata oladigan, turli xil asboblardan (alohida yoki turli to'plamlarda) foydalanadigan, ushbu asboblarni loyihalashtira oladigan va ulardan foydalana oladigan, ularning ishlash tamoyillarini chuqur tushunadigan va ma'lum sharoitlarda ularning xatti-harakatlarini bashorat qila oladigan shaxs sifatida ta'riflashni taklif qiladi. Muhandis o'z faoliyatida iqtisodiy samaradorlik, texnika xavfsizligi hamda uskunalarning ishonchli ishlash talablarini albatta inobatga olishi zarur. Muhandislik faoliyatining mazmuni ilmiy va texnologik bilim hamda g'oyalarni amaliyotga tatbiq etish, ya'ni ularni real mahsulot va tizimlarga aylantirishdan iboratdir. Bu jarayonda belgilangan yoki optimal parametr va xususiyatlarga ega bo'lgan yangi mahsulotlar, texnik vositalar hamda ishlab chiqarishni tashkil etishning samarali shakllari yaratiladi. Mazkur faoliyat natijalari, odatda, texnik va iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari orqali baholanadi.

Muhandislik faoliyatining mazmuni g'oyalarni real mahsulotga aylantirish, iqtisodiy samaradorlik va xavfsizlik parametrlarini optimallashtirishdan iborat. Bugungi raqamli iqtisodiyot sharoitida ushbu parametrlarni an'anaviy usullar bilan hisoblash yoki loyihalash yetarli samara bermayapti. Shu sababli, bo'lajak muhandislarda raqamli texnologik konseptlarni shakllantirishda sun'iy intellekt modellaridan foydalanish hayotiy zaruratga aylanmoqda.

Mavzuning dolzarbligi quyidagi ob'ektiv omillar va ziddiyatlar bilan ham xarakterlanishini ko'rishimiz mumkin:

Texnologik uzilish: Ishlab chiqarish korxonalarining shiddat bilan raqamlashtirilishi hamda oliy ta'lim muassasalarida bo'lajak muhandislarni tayyorlashning an'anaviy metodikalari o'rtasidagi nomutanosiblik;

Didaktik ehtiyoj: Sun'iy intellekt modellarini ta'lim jarayoniga faqat texnik vosita sifatida emas, balki talabalarning mustaqil, tanqidiy va tizimli fikrlashini rivojlantiruvchi, bilim sifatini avtomatlashtirilgan tarzda baholovchi strategik pedagogik resurs sifatida joriy etish metodikasining yetarli darajada ishlab chiqilmaganligi;

Kompetensiyaviy talab: Mehnat bozori tomonidan muhandis kadrlarga qo'yilayotgan raqamli kompetentlik talablarining yuqoriligi hamda talabalarda ushbu ko'nikmalarni shakllantirishning didaktik imkoniyatlari to'liq ochib berilmaganligini aytib o'tishimiz mumkin.

Bulardan ko'rinadiki, bo'lajak muhandislarning raqamli texnologik kompetentligini oshirishda intellektual modellashtirish texnologiyalarining didaktik imkoniyatlarini ilmiy-pedagogik jihatdan tadqiq etish, ta'lim jarayonini raqamlashtirish mexanizmlarini takomillashtirish hamda mamlakatimiz iqtisodiy taraqqiyotiga munosib hissa qo'shadigan kadrlar tayyorlash sifati bilan bevosita bog'liqligi sababli ushbu mavzu o'ta dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi davr jamiyat taraqqiyoti barcha sohalarning jadal raqamlashtirilishi bilan xarakterlanadi, bu jarayon, ayniqsa, muhandislik yo'nalishlarida kadrlar tayyorlash tizimiga yangicha yondashuv va zamonaviy talablarni ilgari surmoqda. Raqamli kompetentlik esa tez sur'atlarda yangilanib borayotgan texnologik muhitda samarali faoliyat yuritish uchun zarur bo'lgan muhim ko'nikmalar majmuasiga aylanmoqda. Shu jihatdan qaralganda, sun'iy intellekt (SI) faqatgina ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish yoki optimallashtirish vositasi bo'lib qolmay, balki bo'lajak muhandislarning raqamli kompetensiyalarini shakllantirish, mustahkamlash va rivojlantirishga xizmat qiluvchi strategik pedagogik resurs sifatida ham alohida ahamiyat kasb etishini ko'rishimiz mumkin..

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Alimardonov I.M., Abdullayev M.Q., «Raqqamli texnologiyalardan ta'lim tizimida samarali foydalanish», "Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar" ilmiy elektron jurnali. № 3, may-iyun, 2021 yil
2. Tursunov S.Q., Nazarov I.U. "Texnik tizimlarda axborot texnologiyalari". Darslik – T.: "Adabiyot uchqunlari", 2019. I-tom. –264 b.
3. Aripov M., Tillaev A.I. Masofali o'qitish texnologiyalari asosida ta'limni tashkil etish // Axborot-kommunikatsion texnologiyalar o'quv jarayonida: muammolar, yechimlar va istiqbollari. Respublika ilmiy-metodik konferensiyasi materiallari. – Samarqand, 2007. –93 b.
4. Эшимова Ф.К. Применение метода математической индукции к некоторым задачам геометрии // Вестник науки и образования, 2023. № 11(142). 2-Часть, 6-9 стр.
5. U. H. Kalandarov, M. Sh. Dovronova, F. K. Eshimova, I. M. Fayziyeva. Applying Equation in the Economy Defferensial // European Journal of Business Startups and Open Society // Vol. 4 No. 11 (Nov - 2024): EJBSOS // ISSN: 2795-9228 194.

NoSQL MA'LUMOTLAR BAZALARINING KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASHDAGI SAMARADORLIGINI TADQIQ ETISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Erkinova Guzal Azamat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada NoSQL ma'lumotlar bazalarining to'rt asosiy toifasi — hujjatga yo'naltirilgan (document-oriented, MongoDB), kalit-qiyamat (key-value, Redis), ustunlar oilasiga asoslangan (column-family, Apache Cassandra) va grafga asoslangan (graph, Neo4j) — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning an'anaviy relatsion ma'lumotlar bazalariga (PostgreSQL misolida) nisbatan afzallik va cheklovlari tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida besh xil ma'lumotlar bazasi tizimi (PostgreSQL, MongoDB, Redis, Cassandra, Neo4j) bir xil hajmdagi (10 million yozuv) shartli foydalanuvchi faoliyati ma'lumotlari asosida turli xil operatsiyalar (yozish, oddiy o'qish, murakkab so'rov, yangilash) bo'yicha benchmark sinovidan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Redis oddiy kalit-qiyamat operatsiyalarida eng yuqori tezlikka (soniyasiga 145000 dan ortiq operatsiya) erishgan, Cassandra esa yozish og'irlikdagi (write-heavy) yuklamalarda eng barqaror gorizontall masshtablanuvchanlikni namoyon etgan. MongoDB murakkab, ichma-ich joylashgan (nested) hujjat tuzilmalari bilan ishlashda moslashuvchanlik jihatidan ustunlik ko'rsatgan, Neo4j esa ko'p bosqichli bog'liqlik so'rovlari (masalan, ijtimoiy tarmoq aloqalarini tahlil qilishda) PostgreSQL'ga nisbatan 47 baravar tezroq natija bergan. Maqola yakunida ma'lumotlar tuzilmasi va yuklama xususiyatlariga mos ma'lumotlar bazasi texnologiyasini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: NoSQL, ma'lumotlar bazasi, MongoDB, Cassandra, Redis, Neo4j, masshtablanuvchanlik.

Annotation. The article theoretically describes four main categories of NoSQL databases — document-oriented (MongoDB), key-value (Redis), column-family (Apache Cassandra), and graph-

based (Neo4j) — and analyzes their advantages and limitations compared to traditional relational databases (using PostgreSQL as an example). Within the study, five different database systems (PostgreSQL, MongoDB, Redis, Cassandra, Neo4j) were benchmarked on the same volume (10 million records) of conditional user activity data across various operations (write, simple read, complex query, update). The results show that Redis achieved the highest speed in simple key-value operations (over 145,000 operations per second), while Cassandra demonstrated the most stable horizontal scalability under write-heavy workloads. MongoDB showed an advantage in flexibility when working with complex, nested document structures, while Neo4j delivered results 47 times faster than PostgreSQL for multi-hop relationship queries (such as analyzing social network connections). The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate database technology based on data structure and workload characteristics.

Key words: NoSQL, database, MongoDB, Cassandra, Redis, Neo4j, scalability.

Аннотация. В статье теоретически описаны четыре основные категории NoSQL баз данных — документоориентированные (document-oriented, MongoDB), ключ-значение (key-value, Redis), основанные на семействах столбцов (column-family, Apache Cassandra) и графовые (graph, Neo4j), — и проанализированы их преимущества и ограничения по сравнению с традиционными реляционными базами данных (на примере PostgreSQL). В рамках исследования пять различных систем баз данных (PostgreSQL, MongoDB, Redis, Cassandra, Neo4j) были протестированы методом бенчмаркинга на одинаковом объёме (10 миллионов записей) условных данных о пользовательской активности по различным операциям (запись, простое чтение, сложный запрос, обновление). Результаты показывают, что Redis достиг наивысшей скорости в простых операциях ключ-значение (свыше 145000 операций в секунду), тогда как Cassandra продемонстрировала наиболее стабильную горизонтальную масштабируемость при нагрузках с преобладанием записи. MongoDB показала преимущество в гибкости при работе со сложными вложенными структурами документов, а Neo4j показала результаты в 47 раз быстрее, чем PostgreSQL, для запросов многоступенчатых связей (например, при анализе связей в социальных сетях). В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящей технологии базы данных в зависимости от структуры данных и характеристик нагрузки.

Ключевые слова: NoSQL, база данных, MongoDB, Cassandra, Redis, Neo4j, масштабируемость.

KIRISH

Zamonaviy ilovalarda ma'lumotlar hajmi, tezligi va xilma-xilligining ortishi bilan an'anaviy relatsion ma'lumotlar bazalari (RDBMS) ba'zi yuklama turlarida masshtablanuvchanlik va moslashuvchanlik jihatidan cheklovlariga duch kelmoqda. Bu muammoni hal etish uchun so'nggi o'n besh yil ichida turli tuzilmaviy modellarga ega NoSQL ("not only SQL") ma'lumotlar bazalari keng tarqaldi, ular gorizontal masshtablanish, moslashuvchan sxema va yuqori yozish tezligi kabi afzalliklarni taklif etadi.

Biroq NoSQL ma'lumotlar bazalari bir hil texnologiya emas, balki turlicha ma'lumotlar modeliga (hujjat, kalit-qiymat, ustun oilasi, graf) ega, har biri o'ziga xos vazifalar uchun optimallashtirilgan tizimlar oilasidir. Loyihaning ma'lumotlar tuzilmasi va yuklama xarakteriga mos bo'lmagan NoSQL texnologiyasini tanlash kutilgan samaradorlik afzalliklarini bermasligi, hatto salbiy natijaga olib kelishi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi — turli toifadagi NoSQL ma'lumotlar bazalarining (hujjatga yo'naltirilgan, kalit-qiyamat, ustun oilasi, graf) katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlashdagi samaradorligini an'anaviy relatsion ma'lumotlar bazasi bilan qiyoslab, empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) NoSQL ma'lumotlar bazalarining asosiy toifalari va ularning nazariy asoslarini yoritish; 2) tanlangan besh ma'lumotlar bazasi tizimini bir xil hajmdagi ma'lumotlar asosida benchmark sinovidan o'tkazish; 3) tizimlarning turli operatsiya turlaridagi samaradorligini taqqoslash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun besh xil ma'lumotlar bazasi tizimi tanlab olindi: PostgreSQL (relatsion, bazaviy taqqoslash uchun), MongoDB (hujjatga yo'naltirilgan), Redis (kalit-qiyamat), Apache Cassandra (ustun oilasiga asoslangan) va Neo4j (graf asosidagi). Har bir tizim uch tugunli klaster (Redis va PostgreSQL yagona tugunda, Cassandra va MongoDB replikasiya bilan uch tugunda) sifatida bir xil apparat konfiguratsiyasida o'rnatildi.

Tahlil uchun 10 million yozuvdan iborat shartli foydalanuvchi faoliyati ma'lumotlari (foydalanuvchi profillari, ularning o'zaro aloqalari va faollik jurnallari) generatsiya qilindi va har bir ma'lumotlar bazasi tizimining mos ma'lumotlar modeliga moslashtirilgan holda yuklandi (masalan, Neo4j uchun foydalanuvchilar tugun, ular orasidagi aloqalar qirra sifatida modellashtirildi).

Benchmark sinovi Yahoo! Cloud Serving Benchmark (YCSB) vositasidan moslashtirilgan holda quyidagi to'rt operatsiya turi bo'yicha o'tkazildi: 1) ommaviy yozish (10 million yozuvni kiritish); 2) oddiy o'qish (identifikator bo'yicha bitta yozuvni olish); 3) murakkab so'rov (bir nechta shart bo'yicha filtrlash yoki, Neo4j uchun, ko'p bosqichli bog'liqlik so'rovi); 4) yangilash (mavjud yozuvlarni o'zgartirish). Har bir operatsiya turi uchun o'rtacha javob vaqti (millisekundlarda) va sekundiga bajarilgan operatsiyalar soni (throughput) o'lchandi, har bir sinov 5 marta takrorlandi.

NATIJALAR

Oddiy o'qish operatsiyasida Redis eng yuqori samaradorlikni ko'rsatdi — sekundiga 145000 dan ortiq operatsiyani (o'rtacha javob vaqti 0,7 ms) bajardi, bu uning barcha ma'lumotlarni operativ xotirada saqlash arxitekturasida izohlandi. PostgreSQL va MongoDB bu ko'rsatkichda bir-biriga yaqin natija (mos ravishda 18000 va 21000 operatsiya/soniya) ko'rsatdi, Cassandra esa 32000 operatsiya/soniya bilan ular orasida joylashdi.

Ommaviy yozish operatsiyasida Cassandra eng yuqori barqarorlik va tezlikni namoyon etdi, xususan ma'lumotlar hajmi va tugunlar soni ortishi bilan uning ishlash tezligi deyarli chiziqli ravishda oshdi (gorizontal masshtablanish), bu uning "yozish uchun optimallashtirilgan" (write-optimized) arxitekturasida — Log-Structured Merge daraxti (LSM-tree) — bilan izohlandi. PostgreSQL yozish operatsiyalarida ma'lumotlar hajmi ortishi bilan sezilarli sekinlashuvni namoyon etdi, bu uning indekslarni yangilash va tranzaksion yaxlitlikni saqlash bilan bog'liq qo'shimcha yukini aks ettiradi.

Eng sezilarli farq ko'p bosqichli bog'liqlik so'rovlarida (masalan, "foydalanuvchi A ning uch bosqichgacha bo'lgan aloqalari orqali qaysi foydalanuvchilar bilan bog'liqligini aniqlash") kuzatildi: Neo4j bu vazifani o'rtacha 45 ms da bajarsa, PostgreSQL xuddi shu vazifa uchun (bir nechta JOIN operatsiyasi orqali) o'rtacha 2130 ms sarfladi, bu 47 baravar tezlik farqini tashkil etdi. Bu natija graf ma'lumotlar bazalarining bog'liqlikka boy ma'lumotlarni qayta ishlashdagi tub arxitekturaviy afzalligini tasdiqladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar hech bir ma'lumotlar bazasi texnologiyasining barcha operatsiya turlari uchun universal ravishda eng samarali emasligini, balki har birining ma'lum ma'lumotlar modeli va yuklama turi uchun ixtisoslashganligini tasdiqlaydi. Bu xulosa "to'g'ri vazifa uchun to'g'ri vosita" (polyglot persistence) tamoyili sifatida tanilgan zamonaviy ma'lumotlar arxitekturasini yondashuvi bilan mos keladi, unga ko'ra yirik tizimlar bitta universal ma'lumotlar bazasiga emas, balki turli quyi tizimlar uchun ixtisoslashgan ma'lumotlar bazalari kombinatsiyasiga tayanishi tavsiya etiladi.

Neo4j'ning ko'p bosqichli bog'liqlik so'rovlaridagi keskin ustunligi amaliy jihatdan, ayniqsa ijtimoiy tarmoqlar, tavsiya tizimlari va firibgarlikni aniqlash tarmoqlarini tahlil qilish kabi bog'liqlikka boy sohalarda, muhim ahamiyatga ega — bunday sohalarda relatsion ma'lumotlar bazasidan foydalanish ko'p sonli JOIN operatsiyalari tufayli amaliy jihatdan yaroqsiz bo'lib qolishi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tizim arxitektorlariga ma'lumotlar bazasi texnologiyasini tanlashda avvalo ma'lumotlarning tabiiy tuzilmasi (jadval shaklidagi, hujjat shaklidagi, bog'liqlik grafigi) va asosiy so'rov naqshlarini (oddiy kalit bo'yicha qidiruv, murakkab filtrlash, bog'liqlik tahlili) aniqlashni, so'ngra shu talablarga eng mos NoSQL yoki relatsion texnologiyani tanlashni tavsiya etadi. Yirik tizimlarda turli komponentlar uchun turli ma'lumotlar bazasi texnologiyalarini birgalikda qo'llash (polyglot persistence) amaliy jihatdan optimal yechim bo'lishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Redis oddiy kalit-qiymat operatsiyalarida eng yuqori tezlikni (145000+ operatsiya/soniya) ta'minlaydi.
2. Cassandra yozish og'irlikdagi yuklamalarda eng barqaror gorizontall masshtablanuvchanlikni namoyon etadi.
3. Neo4j ko'p bosqichli bog'liqlik so'rovlarida PostgreSQL'ga nisbatan 47 baravar tezroq natija beradi, bu uni bog'liqlikka boy ma'lumotlar uchun almashtirib bo'lmaydigan yechimga aylantiradi.
4. Hech bir ma'lumotlar bazasi texnologiyasi barcha vazifalar uchun universal ravishda eng samarali emas — tanlov ma'lumotlar tuzilmasi va yuklama xarakteriga mos kelishi zarur.
5. Yirik tizimlarda "polyglot persistence" tamoyili, ya'ni turli komponentlar uchun ixtisoslashgan ma'lumotlar bazalarini birgalikda qo'llash, amaliy jihatdan optimal arxitektura strategiyasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Катта ҳажмдаги маълумотларни таҳлил қилишнинг замонавий технологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 33–41.
4. Каримов У.А. Замонавий маълумотлар базалари технологияларининг қиёсий таҳлили // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 27–35.
5. Sadalage P.J., Fowler M. NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence. — Boston: Addison-Wesley Professional, 2012. — 192 p.
6. Cattell R. Scalable SQL and NoSQL Data Stores // ACM SIGMOD Record. — 2011. — Vol. 39, No. 4. — P. 12–27.

7. Lakshman A., Malik P. Cassandra: A Decentralized Structured Storage System // ACM SIGOPS Operating Systems Review. — 2010. — Vol. 44, No. 2. — P. 35–40.
8. Robinson I., Webber J., Eifrem E. Graph Databases: New Opportunities for Connected Data. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. — 238 p.
9. Cooper B.F., Silberstein A., Tam E., Ramakrishnan R., Sears R. Benchmarking Cloud Serving Systems with YCSB // Proceedings of the 1st ACM Symposium on Cloud Computing. — 2010. — P. 143–154.
10. Chodorow K. MongoDB: The Definitive Guide. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2013. — 432 p.

CLOUD-NATIVE DASTURIY TIZIMLARNI LOYIHALASH VA ISHLAB CHIQISH TAMOYILLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Jo'rayeva Ziynatbonu Furqat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada cloud-native ("bulutga xos") dasturiy tizimlarni loyihalash va ishlab chiqishning nazariy va amaliy tamoyillari tahlil qilingan. Monolit arxitekturaning bulutli muhitda kengaytirish, moslashuvchanlik va relizlash tezligi borasidagi cheklovlari ko'rsatib o'tilgan. Tadqiqotda Cloud Native Computing Foundation (CNCF) tomonidan belgilangan asosiy tamoyillar — mikroservislar, konteynerlashtirish, dinamik boshqaruv (orquestratsiya), deklarativ API'lar va avtomatlashtirilgan CI/CD jarayonlari — hamda "The Twelve-Factor App" metodologiyasi ko'rib chiqilgan. Qiyosiy tahlil natijasida cloud-native yondashuvni qo'llagan tizimlarda gorizontallik kengaytirish qobiliyati, nosozliklarga chidamlilik va relizlash chastotasi monolit tizimlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori ekanligi aniqlandi. Maqola so'ngida monolit tizimlardan cloud-native arxitektura bosqichma-bosqich o'tish bo'yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan.*

***Kalit so'zlar:** cloud-native, mikroservislar, konteynerlashtirish, Kubernetes, orkestratsiya, bulutli hisoblash, DevOps, CI/CD, dasturiy arxitektura.*

***Аннотация.** В данной статье проанализированы теоретические и практические принципы проектирования и разработки cloud-native ("облачно-ориентированных") программных систем. Показаны ограничения монолитной архитектуры с точки зрения масштабируемости, гибкости и скорости релизов в облачной среде. В исследовании рассмотрены основные принципы, определённые Cloud Native Computing Foundation (CNCF), — микросервисы, контейнеризация, динамическое управление (оркестрация), декларативные API и автоматизированные процессы CI/CD, — а также методология "The Twelve-Factor App". В результате сравнительного анализа установлено, что в системах, использующих cloud-native подход, способность к горизонтальному масштабированию, отказоустойчивость и частота релизов значительно выше по сравнению с монолитными системами. В конце статьи приведены практические рекомендации по поэтапному переходу от монолитных систем к cloud-native архитектуре.*

Ключевые слова: *cloud-native, микросервисы, контейнеризация, Kubernetes, оркестрация, облачные вычисления, DevOps, CI/CD, программная архитектура.*

Annotation. *This article analyzes the theoretical and practical principles of designing and developing cloud-native software systems. It highlights the limitations of monolithic architecture in terms of scalability, flexibility, and release velocity in cloud environments. The study examines the core principles defined by the Cloud Native Computing Foundation (CNCF) — microservices, containerization, dynamic orchestration, declarative APIs, and automated CI/CD processes — as well as the Twelve-Factor App methodology. The comparative analysis reveals that systems adopting a cloud-native approach demonstrate significantly greater horizontal scalability, fault tolerance, and release frequency compared to monolithic systems. The article concludes with practical recommendations for a phased migration from monolithic systems to cloud-native architecture.*

Keywords: *cloud-native, microservices, containerization, Kubernetes, orchestration, cloud computing, DevOps, CI/CD, software architecture.*

KIRISH

Bulutli hisoblash texnologiyalarining jadal rivojlanishi zamonaviy dasturiy tizimlarni loyihalash va ishlab chiqish yondashuvlarini tubdan o'zgartirmoqda. An'anaviy monolit arxitektura — barcha funksional modullar yagona dastur ichida birlashtirilgan tizim — kichik va o'rta miqyosdagi loyihalar uchun sodda va tushunarli bo'lsa-da, foydalanuvchilar soni va yuklama ortishi bilan gorizontal kengaytirish, alohida modullarni mustaqil ravishda yangilash va nosozliklarni izolyatsiya qilish borasida jiddiy cheklolarga duch keladi.

Ushbu muammolarni hal qilish maqsadida "cloud-native" tushunchasi shakllandi. Cloud Native Computing Foundation (CNCF) tomonidan berilgan rasmiy ta'rifga ko'ra, cloud-native texnologiyalar tashkilotlarga ochiq bulut, xususiy bulut va gibrid bulut kabi zamonaviy va dinamik muhitlarda kengaytiriladigan ilovalarni qurish va boshqarish imkonini beradi. Bu yondashuvning asosiy tarkibiy qismlariga konteynerlar, xizmat setkalari (service mesh), mikroservislar, o'zgarmas infratuzilma (immutable infrastructure) va deklarativ API'lar kiradi.

Cloud-native tizimlarni loyihalash nafaqat texnik arxitekturani, balki tashkiliy jarayonlarni — xususan DevOps madaniyati va uzluksiz integratsiya/uzluksiz yetkazib berish (CI/CD) amaliyotlarini — ham qamrab oladi. Shu sababli, ushbu tadqiqotning dolzarbligi zamonaviy dasturiy mahsulotlarni yuqori kengaytiriluvchanlik, ishonchlilik va tezkorlik bilan ishlab chiqish zaruriyati bilan belgilanadi.

Tadqiqotning maqsadi — cloud-native dasturiy tizimlarni loyihalash va ishlab chiqishning asosiy tamoyillarini, arxitekturaviy komponentlarini va ularning an'anaviy yondashuvlarga nisbatan amaliy afzalliklarini tahlil qilishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: monolit va cloud-native arxitekturalarni qiyosiy tahlil qilish; CNCF va "The Twelve-Factor App" metodologiyasi asosida cloud-native tamoyillarni tavsiflash; konteynerlarni boshqarish (orkestratsiya) vositalarini qiyosiy baholash; olingan natijalar asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot uchun bir necha metodologik yondashuv qo'llanildi. Birinchidan, cloud-native arxitekturaga oid xorijiy ilmiy adabiyotlar, jumladan CNCF'ning rasmiy hujjatlari, Adam Wigginsning "The Twelve-Factor App" metodologiyasi va yetakchi mualliflarning monografiyalari tizimli tahlil qilindi (kontent-tahlil metodi).

Ikkinchidan, monolit va mikroservis (cloud-native) arxitekturalar kengaytiriluvchanlik, nosozliklarga chidamlilik, joylashtirish tezligi va resurslardan foydalanish samaradorligi bo'yicha qiyosiy tahlil qilindi. Uchinchidan, konteynerlarni boshqarish (orquestratsiya) vositalari — Kubernetes, Docker Swarm va HashiCorp Nomad — funksional imkoniyatlari bo'yicha solishtirildi. To'rtinchidan, CNCF'ning yillik so'rovnoma (CNCF Annual Survey) natijalari asosida cloud-native texnologiyalarni sanoatda joriy etish darajasiga oid ikkilamchi statistik ma'lumotlar umumlashtirildi. Olingan ma'lumotlar qiyosiy va tizimli tahlil metodlari yordamida qayta ishlandi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida cloud-native dasturiy tizimlarni loyihalashning quyidagi asosiy tamoyillari aniqlandi: (1) tizimni mustaqil joylashtiriladigan mikroservislarga bo'lish; (2) har bir xizmatni konteynerlar (masalan, Docker) yordamida izolyatsiya qilingan holda ishga tushirish; (3) konteynerlarni dinamik boshqarish uchun orkestratsiya platformalaridan (masalan, Kubernetes) foydalanish; (4) infratuzilmani kod sifatida (Infrastructure as Code) tavsiflash; (5) barcha o'zgarishlarni CI/CD quvur liniyalari orqali avtomatik joylashtirish; (6) tizim holatini kuzatish uchun kuzatuvchanlik (observability) vositalaridan — metrikalar, jurnallar va taqsimlangan trasserlashdan (distributed tracing) — foydalanish.

Monolit va cloud-native (mikroservis) arxitekturalarning qiyosiy tahlili 1-jadvalda keltirilgan.

Xususiyat	Monolit arxitektura	Cloud-native arxitektura
Kengaytirish usuli	Vertikal (butun tizim)	Gorizontalar (alohida servislar)
Joylashtirish tezligi	Sekin, butun tizim qayta ishga tushiriladi	Tezkor, alohida servislar mustaqil yangilanadi
Nosozlikni izolyatsiya qilish	Past — bitta xato butun tizimni to'xtatishi mumkin	Yuqori — xato faqat bitta servisa ta'sir qiladi
Texnologik xilma-xillik	Cheklangan (bitta stek)	Yuqori (har servis o'z steki bilan)
Operatsion murakkablik	Nisbatan past	Yuqori (taqsimlangan tizim)

Konteynerlarni boshqarish (orquestratsiya) platformalarining qiyosiy tahlili 2-jadvalda keltirilgan.

Vosita	Ishlab chiquvchi	Asosiy afzalligi
Kubernetes	CNCF / Google	Sanoat standarti, keng ekotizim, avtomatik masshtablash
Docker Swarm	Docker Inc.	Sozlash soddaligi, tez ishga tushirish
HashiCorp Nomad	HashiCorp	Yengillik, konteyner bo'lmagan yuklamalarni ham qo'llab-quvvatlash

CNCF Annual Survey natijalariga ko'ra, so'nggi yillarda ishlab chiqarish muhitida Kubernetes'dan foydalanuvchi tashkilotlar ulushi barqaror o'sib bormoqda, bu esa cloud-native yondashuvning sanoatda keng qabul qilinayotganidan dalolat beradi. Shuningdek, cloud-native tamoyillarini joriy etgan tashkilotlarda o'rtacha relizlash chastotasi va tizimning mavjudligi (availability) ko'rsatkichlari an'anaviy tizimlarga nisbatan yuqoriroq ekanligi qayd etilgan.

MUHOKAMA

Olingan natijalar cloud-native yondashuvning zamonaviy dasturiy tizimlarni ishlab chiqishda sezilarli afzalliklarga ega ekanligini tasdiqlaydi: gorizontalar kengaytirish imkoniyati yuklama ortishi

bilan resurslarni moslashuvchan taqsimlash imkonini beradi, mikrosvislarning izolyatsiyalanganligi esa nosozliklarning butun tizimga tarqalishini oldini oladi.

Shu bilan birga, cloud-native arxitekturaga o'tish jiddiy qiyinchiliklar bilan ham bog'liq. Birinchidan, taqsimlangan tizimlarga xos bo'lgan murakkabliklar — tarmoq kechikishi, ma'lumotlar muvofiqligi (data consistency), taqsimlangan tranzaksiyalarni boshqarish — yangi texnik yechimlarni talab qiladi. Ikkinchidan, ko'plab mustaqil svislarni kuzatish va nosozliklarni aniqlash uchun kuchli kuzatuvchanlik (observability) infratuzilmasi, jumladan Prometheus, Grafana va Jaeger kabi vositalar zarur bo'ladi. Uchinchidan, xizmatlar o'rtasidagi murakkab tarmoq trafigini boshqarish uchun xizmat setkasi (service mesh, masalan Istio yoki Linkerd) texnologiyalarini joriy etish talab qilinishi mumkin. To'rtinchidan, jamoaning malaka darajasi va tashkiliy tayyorligi cloud-native transformatsiyaning muvaffaqiyatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Tadqiqot natijalari Newman, Richardson, Fowler va Lyuis kabi mualliflarning ilmiy ishlarida ilgari surilgan xulosalar bilan mos keladi: mikrosvis va cloud-native arxitekturaga o'tish — bu bir martalik texnik qaror emas, balki tashkilotning texnologik va madaniy yetuklik darajasiga mos ravishda bosqichma-bosqich amalga oshiriladigan uzoq muddatli jarayondir.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, cloud-native dasturiy tizimlarni loyihalash va ishlab chiqish tamoyillari — mikrosvislar, konteynerlashtirish, orkestratsiya, deklarativ infratuzilma va avtomatlashtirilgan CI/CD — zamonaviy bulutli muhitlarda yuqori kengaytiriluvchanlik, ishonchlilik va tezkorlikka erishish imkonini beradi.

Ikkinchidan, monolit arxitekturadan cloud-native arxitekturaga o'tish tizimning nosozliklarga chidamliligini va relizlash chastotasini sezilarli darajada oshiradi, biroq bu jarayon taqsimlangan tizimlarga xos qo'shimcha operatsion murakkablikni ham keltirib chiqaradi.

Uchinchidan, cloud-native transformatsiyaning muvaffaqiyati nafaqat texnik vositalarni tanlashga, balki kuchli kuzatuvchanlik infratuzilmasini qurishga, jamoaning malakasini oshirishga va DevOps madaniyatini shakllantirishga ham bog'liq.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ta'kidlash mumkin: cloud-native arxitekturaga o'tishni "strangler fig" naqshi asosida bosqichma-bosqich, monolit tizimning ayrim funksiyalarini asta-sekin mikrosvislarga ajratish orqali amalga oshirish; loyihalash bosqichidanoq kuzatuvchanlik va avtomatlashtirilgan sinovlarni joriy etish; jamoa a'zolarini konteynerlash va orkestratsiya texnologiyalari bo'yicha muntazam o'qitish. Kelgusi tadqiqotlarda serverless (funksiya sifatida xizmat — FaaS) arxitekturaning cloud-native tizimlar bilan integratsiyasi hamda sun'iy intellekt asosidagi avtomatik masshtablash mexanizmlarini o'rganish istiqbolli yo'nalish bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. – 2nd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2021. – 610 p.
2. Burns B., Beda J., Hightower K., Villalba L. Kubernetes: Up and Running: Dive into the Future of Infrastructure. – 3rd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2022. – 350 p.
3. Wiggins A. The Twelve-Factor App [Elektron resurs]. – 2017.
4. Cloud Native Computing Foundation (CNCF). CNCF Cloud Native Definition v1.0. – San Francisco: Linux Foundation, 2018.
5. Richardson C. Microservices Patterns: With Examples in Java. – Shelter Island: Manning Publications, 2018. – 520 p.

6. Fowler M., Lewis J. Microservices: a Definition of This New Architectural Term // martinowler.com [Elektron resurs]. – 2014.
7. Cloud Native Computing Foundation (CNCF). CNCF Annual Survey 2023. – San Francisco: Linux Foundation, 2023.
8. Ibragimov T.Sh. Bulutli hisoblash texnologiyalari va ularning zamonaviy dasturiy ta'minotni ishlab chiqishdagi o'rni // Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy-texnik jurnali. – 2022. – №2. – B. 60–66.
9. Yuldashev O.M., Abdullayeva Z.R. Konteynerlashtirish texnologiyalari va mikroservis arxitekturasini asoslari // O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi ilmiy jurnali. – 2023. – №3. – B. 41–48.
10. Sattorov F.N. Dasturiy tizimlar arxitekturasini monografiya. – Toshkent: TATU nashriyoti, 2020. – 188 b.

TALABALARNI AXBOROTLARNI HIMOYALASHGA O'RGATISHDA FUNDAMENTAL BILIMLARGA ASOSLANGAN YONDASHUV

Abduraxmanov Muxtor Xujayarovich

Samarqand davlat pedagogika instituti "Informatika" kafedrasini p.f.f.d (PhD) dotsenti

Tel: 933431743

Boymanov Jasur Isroil o'g'li.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi

"Iqtisodiyot va muhandislik fanlari" kafedrasini assistenti,

Tel: 997552959

Annotatsiya: Mazkur maqolada talabalarni axborotlarni himoyalashga o'rgatishda fundamental bilimlarga asoslangan yondashuvning nazariy va pedagogik asoslari yoritilgan. Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi, axborot resurslaridan foydalanish ko'lamining kengayishi hamda kiberxavfsizlik tahdidlarining murakkablashuvi sharoitida talabalarda axborotlarni himoyalash bo'yicha kompetensiyalarni shakllantirish muhim pedagogik vazifalardan biri hisoblanadi. Tadqiqotda axborotlarni himoyalashga oid bilimlarni shakllantirishda matematika, informatika, algoritmlash, dasturlash, mantiq, kriptografiya va kompyuter tarmoqlari kabi fundamental bilimlarning o'zaro integratsiyasi asoslangan. Shuningdek, fundamental bilimlarni axborot xavfsizligi mazmuni bilan bog'lashning pedagogik modeli, ta'lim jarayonining bosqichlari hamda talabalarda axborotni himoyalash kompetensiyalarini rivojlantirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Fundamental bilimlarga asoslangan yondashuv talabalarning nazariy bilimlarini amaliy faoliyat bilan bog'lash, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish va axborotni himoyalash bo'yicha mustaqil qaror qabul qilish ko'nikmalarini rivojlantirishga xizmat qilishi ko'rsatib berilgan.

Kalit so'zlar: axborot xavfsizligi, axborotni himoyalash, fundamental bilimlar, talabalar, pedagogik yondashuv, raqamli kompetensiya, kiberxavfsizlik, informatika, matematika, algoritmlash, kriptografiya, axborot xavfsizligi kompetensiyasi.

Аннотация: В статье освещены теоретические и педагогические основы подхода, основанного на фундаментальных знаниях, в обучении студентов защите информации. В

условиях стремительного развития цифровых технологий, расширения масштабов использования информационных ресурсов и усложнения угроз кибербезопасности формирование у студентов компетенций в области защиты информации является одной из важных педагогических задач. В исследовании обоснована взаимная интеграция фундаментальных знаний в области математики, информатики, алгоритмизации, программирования, логики, криптографии и компьютерных сетей при формировании знаний по защите информации. Также проанализированы педагогическая модель взаимосвязи фундаментальных знаний с содержанием информационной безопасности, этапы образовательного процесса и возможности развития у студентов компетенций по защите информации. Показано, что подход, основанный на фундаментальных знаниях, способствует взаимосвязи теоретических знаний студентов с практической деятельностью, развитию навыков анализа проблемных ситуаций и самостоятельного принятия решений в области защиты информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, защита информации, фундаментальные знания, студенты, педагогический подход, цифровая компетентность, кибербезопасность, информатика, математика, алгоритмизация, криптография, компетентность в области информационной безопасности.

Annotation: This article examines the theoretical and pedagogical foundations of a fundamental knowledge-based approach to teaching students information protection. In the context of the rapid development of digital technologies, the expanding use of information resources, and the increasing complexity of cybersecurity threats, developing students' competencies in information protection has become an important pedagogical task. The study substantiates the integration of fundamental knowledge in mathematics, computer science, algorithm design, programming, logic, cryptography, and computer networks in the formation of knowledge and skills related to information protection. Furthermore, the article analyzes a pedagogical model for integrating fundamental knowledge with information security content, the stages of the educational process, and the potential for developing students' information protection competencies. It is demonstrated that a fundamental knowledge-based approach contributes to connecting students' theoretical knowledge with practical activities, developing their ability to analyze problem-based situations, and fostering independent decision-making skills in the field of information protection.

Keywords: information security, information protection, fundamental knowledge, students, pedagogical approach, digital competence, cybersecurity, computer science, mathematics, algorithm design, cryptography, information security competence.

Bugungi raqamli jamiyatda axborot eng muhim strategik resurslardan biri sifatida namoyon bo'lmoqda. Ta'lim, iqtisodiyot, davlat boshqaruvi, bank-moliya, tibbiyot va boshqa sohalarda raqamli texnologiyalardan foydalanishning kengayishi axborotlarni yaratish, saqlash, qayta ishlash va uzatish jarayonlarini jadallashtirmoqda. Shu bilan birga, axborotlarning noqonuniy qo'lga kiritilishi, o'zgartirilishi, yo'q qilinishi yoki ruxsatsiz tarqatilishi bilan bog'liq xavflar ham ortib bormoqda.

Mazkur sharoitda yosh avlodning, xususan, oliy ta'lim muassasalari talabalarining axborot xavfsizligi bo'yicha bilim va ko'nikmalarini shakllantirish dolzarb pedagogik masalaga aylanmoqda. Talabalarni axborotlarni himoyalashga o'rgatish nafaqat texnik himoya vositalaridan

foydalanishni, balki axborot xavfsizligining nazariy asoslarini anglashni, xavflarni tahlil qilishni va ularga nisbatan ongli munosabatni shakllantirishni nazarda tutadi. Axborotlarni himoyalash jarayonining murakkabligi uni faqat bitta fan doirasida o'rganish imkoniyatini cheklaydi. Mazkur jarayonda matematika, informatika, mantiq, algoritmash, dasturlash, kriptografiya va kompyuter tarmoqlari kabi fanlarning fundamental bilimlari muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi. Shu sababli talabalarni axborotlarni himoyalashga o'rgatishda fundamental bilimlarga asoslangan integrativ yondashuvdan foydalanish ta'lim mazmunini takomillashtirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Axborot xavfsizligi sohasida yuzaga kelayotgan yangi tahdidlar doimiy ravishda yangi bilim va ko'nikmalarni talab qilmoqda. Talabaga faqat mavjud dasturiy vositalardan foydalanishni o'rgatish uning kelajakda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan yangi xavflarga moslashish imkoniyatini cheklaydi. Masalan, talaba antivirus dasturidan foydalanishni bilishi mumkin, biroq zararli dasturlarning ishlash prinsipi, tarmoqdagi ma'lumotlar almashinuvi yoki autentifikatsiya mexanizmlarini tushunmasa, yangi turdagi xavfsizlik muammolarini mustaqil hal qilishda qiyinchilikka duch keladi. Shu nuqtayi nazardan, axborotlarni himoyalashga o'rgatishda fundamental bilimlar asosida shakllantirilgan metodik yondashuv talabaga tayyor yechimlarni o'rgatishdan ko'ra, xavfsizlik muammolarini tushunish, tahlil qilish va mustaqil yechim ishlab chiqish imkoniyatini beradi.

Axborot xavfsizligi texnologiyalarini o'qitishda ilmiylik tamoyilini amalga oshirish. A. Azimov, S.I. Arxangelskiy, A.G. Asmolov, Yu.K. Babanskiy, V.P. Bepalko, V.V. Davidov, L.Ya. Zorina, V.V. Kraevskiy, I.P. Podlasiy, A.V. Xutorskoy va boshqa olimlarning tadqiqotlariga ko'ra, o'qitishning ilmiylik tamoyili talabalarda shaxs rivojlanishiga hissa qo'shadigan ilmiy bilimlar tizimini shakllantirish zarurligini anglatadi. Bu tamoyil o'qitish mazmuni zamonaviy fan yutuqlari va jahon sivilizatsiyasi to'plangan tajribaga mos kelishini nazarda tutadi hamda o'qitishning bunday mazmuni talabalarda muayyan fan sohasining asosiy nazariyalari va tushunchalari bilan tanishtirishga qaratilgan bo'lishini talab etadi. I.P. Podlasiy ta'kidlashicha, ta'lim ob'ektiv voqelik haqidagi bilimlar tizimini ta'minlashga imkon beradi. A.Azimov o'qitishning ilmiylik tamoyilining ahamiyatiga e'tibor qaratib, ilmiy dalillar odamlarda dastlab muammoga shubha bilan qaragan taqdirda ham xulosalar bilan rozi bo'lish zarurligini his qilishga majburlashini ta'kidlaydi.

Axborot xavfsizligi texnologiyalarini o'qitishda ilmiylik tamoyili o'qituvchidan quyidagilarni talab qiladi: axborot xavfsizligi texnologiyalarini o'qitishning ilmiy asoslangan metodikasini bilish; axborot xavfsizligi nazariyasini bilish; amaliy masalalarni hal qilishda axborot xavfsizligi nazariyasini qo'llash tajribasi va ko'nikmalari. Mazkur tamoyil axborot xavfsizligi texnologiyalarini o'qitish mazmuni talabalarni axborotni himoya qilish maqsadlari; axborot xavfsizligi asosiy yondashuvlari va strategiyasi; axborot xavfsizligi nazariyasining ilmiy-uslubiy asoslari, shu jumladan axborot xavfsizligi muammosini o'rganish va axborot xavfsizligi amaliy muammolarini hal qilish uchun zarur va etarli bo'lgan usullar va modellar majmui; axborot xavfsizligini ta'minlashning umumiy sxemasi; axborot xavfsizligi yagona konsepsiyasi tuzilishi bilan tanishtirishni talab qiladi.

Axborot xavfsizligi texnologiyalarini o'qitishdagi ilmiylik tamoyili o'qituvchidan talabalarga axborot xavfsizligini ta'minlash zaruriyatini, himoyalangan axborotning ahamiyati va hajmini, uni saqlash, qayta ishlash va foydalanish shartlarini asoslab berishni; axborot xavfsizligini ta'minlash muammolari axborotlashtirishning umumiy muammolarining tarkibiy qismlari ekanligini tushuntirishni talab qiladi.

Quyidagi vazifani ko'rib chiqaylik. Axborot ximoyasi konsepsiyasini ishlab chiqish bosqichlari. Konsepsiya – axborot xavfsizligi muammosiga rasmiy qabul qilingan qarashlar tizimi

va uni zamonaviy tendensiyalarni hisobga olgan holda yechish yo'llari. Konsepsiyada ifodalangan maqsadlar, masalalar va ularni bo'lishi mumkin bo'lgan yechish yo'llari asosida axborot xavfsizligini ta'minlashning muayyan rejaları shakllantiriladi. Konsepsiyani ishlab chiqishni uch bosqichda amalga oshirish mumkin.

Birinchi bosqichda himoyaning maqsadli ko'rsatmasi, ya'ni qanday real boyliklar, ishlab chiqarish jarayonlari, dasturlar, ma'lumotlar bazasi himoyalanişi zarurligi aniqlanishi shart. Ushbu bosqichda himoyalalanuvchi alohida obyektlarni ahamiyati bo'yicha tabaqalashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Ikkinchi bosqichda himoyalalanuvchi obyektga nisbatan bo'lishi mumkin bo'lgan jinoiy harakatlar tahlillanishi lozim. Iqtisodiy josuslik, terrorizm, sabotaj, buzish orqali o'g'irlash kabi keng tarqalgan jinoyatchiliklarning real xavf-xatarlik darajasini aniqlash muhim hisoblanadi. So'ngra, niyati buzuv odamlarning himoyaga muhtoj asosiy obyektlarga nisbatan harakatlarining ehtimolligini tahlillash lozim.

Uchinchi bosqichning bosh masalasi–vaziyatni, xususan o'ziga xos mahalliy sharoitni, ishlab chiqarish jarayonlarini, o'rnatib qo'yilgan himoyaning texnik vositalarini tahlillashdan iborat

XULOSA

Talabalarni axborotlarni himoyalashga o'rgatishda fundamental bilimlarga asoslangan yondashuv zamonaviy raqamli ta'limning muhim metodik yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijasida axborotlarni himoyalash kompetensiyasini shakllantirishda matematika, informatika, algoritmash, dasturlash, mantiq, kriptografiya va kompyuter tarmoqlari bo'yicha fundamental bilimlarning integratsiyasi muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Fundamental bilimlarga asoslangan yondashuvning asosiy afzalligi talabalarga tayyor xavfsizlik vositalaridan foydalanishni o'rgatish bilan cheklanmasdan, axborot xavfsizligi muammolarining mohiyatini tushunish, tahdidlarni tahlil qilish, himoya usullarini tanlash va mustaqil yechim ishlab chiqish imkoniyatini yaratishidir. Shu asosda oliy ta'lim muassasalarida talabalarni axborotlarni himoyalashga o'rgatish metodikasini takomillashtirishda fundamental bilimlar va maxsus axborot xavfsizligi bilimlarini integratsiyalashga asoslangan ta'lim modelidan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Mazkur yondashuv talabalarda nafaqat axborot xavfsizligi bo'yicha bilim va ko'nikmalarni, balki mustaqil fikrlash, algoritmik yondashuv, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish va raqamli muhitda xavfsiz faoliyat yuritish kompetensiyalarini shakllantirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. Pearson.
2. Bishop M. Computer Security: Art and Science. Addison-Wesley.
3. Anderson R. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. Wiley.
4. Menezes A. J., van Oorschot P. C., Vanstone S. A. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press.
5. Whitman M. E., Mattord H. J. Principles of Information Security. Cengage Learning.
6. ISO/IEC 27001. Information Security Management Systems – Requirements.
7. O'zbekiston Respublikasining axborotlashtirish va kiberxavfsizlik sohasidagi normativ-huquqiy hujjatlari.
8. Raqamli ta'lim, axborot xavfsizligi va pedagogik texnologiyalarga oid ilmiy tadqiqotlar.

9. Stallings W., Brown L. Computer Security: Principles and Practice. – Boston: Pearson, 2018. – 784 p.

10. Anderson R. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. – Indianapolis: Wiley, 2020. – 1232 p.

AGILE METODOLOGIYASINING DASTURIY TA'MINOT ISHLAB CHIQISH SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI TADQIQ ETISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Orolova Dilnavoz Sodiq qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada Agile metodologiyasining asosiy tamoyillari — qisqa iteratsiyalar (sprintlar), muntazam retrospektivalar, kunlik qisqa yig'ilishlar (daily stand-up) va doimiy mijoz bilan aloqa — nazariy jihatdan yoritilgan hamda ularning jamoa samaradorligiga ta'sir mexanizmlari tavsiflangan. Tadqiqot uchun an'anaviy (Waterfall-ga yaqin) usuldan Scrum metodologiyasiga o'tgan sakkizta dasturiy ta'minot ishlab chiqish jamoasining o'tishdan oldingi va keyingi 6 oylik davrdagi ishlash ko'rsatkichlari (longitudinal tadqiqot dizayni asosida) tahlil qilingan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Scrum metodologiyasiga o'tgandan so'ng jamoalarning yetkazib berish chastotasi (deployment frequency) o'rtacha 3,2 baravar oshgan, ishlab chiqarishdagi jiddiy nosozliklar soni 34 foizga kamaygan, jamoa a'zolarining ish qoniqish darajasi esa (standartlashtirilgan so'rovnoma asosida) sezilarli darajada ($p < 0,01$) yuqori bo'lgan. Shu bilan birga, o'tish davrining dastlabki ikki sprintida jamoa unumdorligi vaqtincha pasayishi ("o'tish egri chizig'i" effekti) qayd etilgan. Maqola yakunida Agile metodologiyasiga o'tishni samarali tashkil etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: Agile, Scrum, dasturiy ta'minot ishlab chiqish, jamoa samaradorligi, sprint, dasturiy injiniring, yetkazib berish chastotasi.

Annotation. The article theoretically examines the main principles of Agile methodology — short iterations (sprints), regular retrospectives, daily stand-up meetings, and continuous client communication — and describes the mechanisms through which they affect team efficiency. For the study, the performance indicators of eight software development teams that transitioned from a traditional (Waterfall-like) method to Scrum methodology were analyzed over the 6-month periods before and after the transition, using a longitudinal research design. The results show that after transitioning to Scrum, teams' deployment frequency increased by an average of 3.2 times, the number of critical production defects decreased by 34 percent, and team members' job satisfaction (based on a standardized survey) was significantly higher ($p < 0.01$). At the same time, a temporary decline in team productivity was observed during the first two sprints of the transition period (a "transition curve" effect). The article concludes with practical recommendations for effectively organizing the transition to Agile methodology.

Key words: Agile, Scrum, software development, team efficiency, sprint, software engineering, deployment frequency.

Аннотация. В статье теоретически рассмотрены основные принципы методологии Agile — короткие итерации (спринты), регулярные ретроспективы, ежедневные короткие совещания (*daily stand-up*) и постоянная связь с заказчиком, — а также описаны механизмы их влияния на эффективность команды. Для исследования проанализированы показатели эффективности восьми команд разработки программного обеспечения, перешедших от традиционного (близкого к *Waterfall*) метода к методологии *Scrum*, за 6-месячные периоды до и после перехода, с использованием лонгитюдного дизайна исследования. Результаты показывают, что после перехода на *Scrum* частота развёртывания (*deployment frequency*) команд увеличилась в среднем в 3,2 раза, количество критических дефектов в продакшне снизилось на 34%, а удовлетворённость членов команды работой (по стандартизированному опроснику) была значительно выше ($p < 0,01$). Вместе с тем в течение первых двух спринтов переходного периода наблюдалось временное снижение производительности команды (эффект «кривой перехода»). В заключение статьи даны практические рекомендации по эффективной организации перехода на методологию Agile.

Ключевые слова: Agile, Scrum, разработка программного обеспечения, эффективность команды, спринт, программная инженерия, частота развёртывания.

KIRISH

Dasturiy ta'minot ishlab chiqarish sohasida Agile metodologiyasi, xususan uning eng keng tarqalgan amaliy shakli — Scrum, so'nggi ikki o'n yillikda an'anaviy bosqichma-bosqich (Waterfall) yondashuvga muqobil sifatida keng qo'llanilmoqda. Agile metodologiyasi qisqa iteratsion sikllar, tez fikr-mulohaza va o'zgaruvchan talablarga moslashuvchanlikka asoslanib, jamoa samaradorligi va mahsulot sifatini oshirishga qaratilgan.

Ko'plab tashkilotlar Agile metodologiyasiga o'tishni e'lon qilgan bo'lsa-da, bunday o'tishning haqiqiy, o'lchanadigan samaradorlik ko'rsatkichlariga (yetkazib berish tezligi, sifat, jamoa qoniqishi) ta'sirini uzunlamasina (bir xil jamoaning o'tishdan oldingi va keyingi holatini solishtiruvchi) tadqiqot dizayni orqali o'rganish nisbatan kam uchraydi, aksariyat tadqiqotlar esa turli jamoalarni bir vaqtning o'zida solishtirish (kesishma, cross-sectional) dizayniga tayanadi, bu esa jamoalar o'rtasidagi boshqa farqlarni (masalan, tajriba darajasi) hisobga olmasligi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi — Agile (Scrum) metodologiyasiga o'tishning dasturiy ta'minot ishlab chiqish jamoalari samaradorligiga ta'sirini uzunlamasina tadqiqot dizayni orqali empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) Agile metodologiyasining asosiy tamoyillari va ularning samaradorlikka ta'sir mexanizmlarini nazariy jihatdan yoritish; 2) bir xil jamoalarning metodologiyaga o'tishdan oldingi va keyingi ko'rsatkichlarini taqqoslash; 3) o'tish jarayonining o'ziga xos dinamikasini (masalan, vaqtinchalik unumdorlik pasayishi) aniqlash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun O'zbekistondagi turli IT-tashkilotlarda faoliyat yurituvchi, an'anaviy (Waterfall-ga yaqin, bosqichma-bosqich) usuldan Scrum metodologiyasiga o'tgan sakkizta dasturiy ta'minot ishlab chiqish jamoasi (har birida 5-9 nafar a'zo, jami 56 nafar dasturchi va loyiha menejeri) tanlab olindi. Har bir jamoa uchun metodologiyaga o'tishdan oldingi 6 oylik va o'tgandan keyingi 6 oylik davrdagi ishlash ko'rsatkichlari tashkilotlarning loyiha boshqaruvi tizimlaridan (Jira, GitLab) yig'ildi.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi ko'rsatkichlarni o'z ichiga oldi:

1) yetkazib berish chastotasi (deployment frequency) — ishlab chiqarish muhitiga chiqarilgan yangilanishlar soni (oyiga);

2) ishlab chiqarishdagi jiddiy nosozliklar soni — har bir yangilanishga to'g'ri keladigan kritik xatolar soni;

3) o'zgarishlarni amalga oshirish vaqti (lead time for changes) — kod yozilishidan ishlab chiqarishga chiqarilishigacha bo'lgan o'rtacha vaqt;

4) jamoa a'zolarining ish qoniqish darajasi — standartlashtirilgan ish qoniqishi so'rovnomasi (5 balllik shkalada) orqali, o'tishdan oldin va o'tgandan 6 oy o'tgach o'tkazilgan.

Har bir jamoa uchun o'tishdan oldingi va keyingi ko'rsatkichlar bog'liq namunalar uchun t-mezon yordamida solishtirildi. Qo'shimcha ravishda, o'tish jarayonining dastlabki 8 sprinti (taxminan ikki oy) davomidagi haftalik unumdorlik ko'rsatkichlari (bajarilgan vazifalar soni) alohida kuzatilib, o'tish davridagi dinamika tahlil qilindi.

NATIJALAR

Scrum metodologiyasiga o'tgandan keyingi 6 oylik davrda jamoalarning o'rtacha yetkazib berish chastotasi oyiga 1,4 martadan 4,5 martagacha oshdi, bu 3,2 baravarlik o'sishni tashkil etdi ($p < 0,001$). Ishlab chiqarishdagi jiddiy nosozliklar soni har bir yangilanishga o'rtacha 2,1 tadan 1,4 tagacha kamaydi, bu 34 foizlik kamayishni bildiradi ($p < 0,01$). O'zgarishlarni amalga oshirish vaqti (lead time) esa o'rtacha 12,4 kundan 4,8 kungacha qisqardi.

Jamoa a'zolarining ish qoniqish darajasi bo'yicha so'rovnoma natijalari o'tishdan oldin o'rtacha 3,2 ball, o'tgandan 6 oy o'tgach esa 4,1 ball (5 balllik shkalada) ni tashkil etdi, bu statistik jihatdan ahamiyatli o'sish ($p < 0,01$) hisoblanadi. Sifatli fikr-mulohazalarda jamoa a'zolari ko'proq shaffoflik, muntazam fikr-mulohaza olish imkoniyati va o'z ishining natijasini tezroq ko'rish imkoniyatini qoniqish oshirishining asosiy sabablari sifatida qayd etishdi.

O'tish davrining dastlabki sprintlari tahlili shuni ko'rsatdiki, birinchi va ikkinchi sprintlarda jamoa unumdorligi (bajarilgan vazifalar soni) o'tishdan oldingi o'rtacha darajaga nisbatan 18-22 foizga pasaygan, bu jamoaning yangi ish jarayoniga moslashish davri bilan izohlandi ("o'tish egri chizig'i" effekti). Uchinchi sprintdan boshlab unumdorlik ko'rsatkichi barqarorlashib, to'rtinchi sprintga kelib o'tishdan oldingi darajadan yuqoriga chiqdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Agile (Scrum) metodologiyasiga o'tishning dasturiy ta'minot ishlab chiqish jamoalari samaradorligiga, xususan yetkazib berish tezligi, sifat va jamoa qoniqishi bo'yicha, sezilarli ijobiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi. Bu xulosa DevOps Research and Assessment (DORA) tashkilotining yillik holat hisobotlari va boshqa xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham Agile va unga bog'liq amaliyotlarni qo'llovchi jamoalar yetkazib berish samaradorligi bo'yicha barqaror ustunlikka ega ekanligi qayd etilgan.

O'tish davrining dastlabki bosqichida kuzatilgan vaqtinchalik unumdorlik pasayishi alohida ahamiyatga ega, chunki bu tashkilot rahbariyati uchun muhim amaliy signal hisoblanadi — Agile'ga o'tishning ijobiy natijalari darhol emas, balki bir necha sprintdan (taxminan 4-6 hafta) keyin namoyon bo'lishi mumkin. Bu haqiqatni oldindan bilmaslik ba'zi tashkilotlarning o'tish jarayonini muddatidan oldin "muvaqqiyatsiz" deb topib, unga qaytishiga sabab bo'lishi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tashkilotlarga Agile'ga o'tishni rejalashtirishda dastlabki 2-3 sprint davomida unumdorlik ko'rsatkichlarining vaqtincha pasayishini kutish va bu davrda jamoani qo'llab-quvvatlashga (masalan, Scrum bo'yicha murabbiylik, qo'shimcha o'qitish) alohida e'tibor

qaratishni, shuningdek metodologiyaning haqiqiy samaradorligini baholash uchun kamida 3-4 oylik kuzatuv davrini rejalashtirishni tavsiya etadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Scrum metodologiyasiga o'tish jamoalarning yetkazib berish chastotasini o'rtacha 3,2 baravarga oshiradi va ishlab chiqarishdagi jiddiy nosozliklar sonini 34 foizga kamaytiradi.
2. O'zgarishlarni amalga oshirish vaqti (lead time) Scrum'ga o'tgandan so'ng sezilarli darajada (o'rtacha 2,6 baravar) qisqaradi.
3. Jamoa a'zolarining ish qoniqish darajasi Scrum metodologiyasiga o'tgandan so'ng statistik ahamiyatli darajada oshadi, buning asosiy sabablari shaffoflik va tezkor fikr-mulohaza imkoniyati hisoblanadi.
4. Metodologiyaga o'tishning dastlabki 1-2 sprintida vaqtinchalik unumdorlik pasayishi ("o'tish egri chizig'i") kuzatiladi, bu tabiiy moslashuv jarayoni hisoblanadi.
5. Tashkilotlar Agile'ga o'tishni rejalashtirishda vaqtinchalik unumdorlik pasayishini oldindan hisobga olishi va metodologiyaning haqiqiy samaradorligini baholash uchun yetarlicha uzoq kuzatuv davrini (kamida 3-4 oy) belgilashi zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот лойиҳаларини бошқаришнинг замонавий методологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 39–47.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида жамоавий ишлаш самарадорлигини ошириш омиллари // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №1. — Б. 63–71.
5. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum. — Scrum.org, 2020.
6. Beck K., Beedle M., van Bennekum A. et al. Manifesto for Agile Software Development // Agile Alliance. — 2001.
7. Forsgren N., Humble J., Kim G. Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps: Building and Scaling High Performing Technology Organizations. — Portland: IT Revolution Press, 2018. — 288 p.
8. Dybå T., Dingsøyr T. Empirical Studies of Agile Software Development: A Systematic Review // Information and Software Technology. — 2008. — Vol. 50, No. 9-10. — P. 833–859.

KIBERXAVFSIZLIKDA ANOMALIYALARNI ANIQLASH USULI

Bekkamov Fayzi Absoatovich

O'zbekiston xalqaro islomshunoslik akademiyasi "Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari" kafedrası katta o'qituvchisi, t.f.f.d., PhD

bfayzi93@gmail.com

Abstract. *The paper investigates the detection of anomalous states arising in information systems and computer networks in the field of cybersecurity. As the complexity and diversity of cyberattacks in modern information systems continue to grow, the automatic detection of unusual network activity, alongside traditional protection tools, has become critically important. The study examines the fundamental principles of anomaly detection, the possibilities of analyzing network traffic and user behavior, and the use of machine learning algorithms for this purpose. By distinguishing anomalous behavior from normal activity, the possibility of detecting potential cyberattacks at an early stage is analyzed.*

Keywords: *cybersecurity, anomaly detection, network traffic, clustering, data visualization, attack classification, machine learning.*

Аннотация. *В статье исследуется вопрос обнаружения аномальных состояний, возникающих в информационных системах и компьютерных сетях, в сфере кибербезопасности. В связи с ростом сложности и многообразия кибератак в современных информационных системах, наряду с традиционными средствами защиты, важное значение приобретает автоматическое обнаружение нетипичной сетевой активности. В работе рассматриваются основные принципы обнаружения аномалий, возможности анализа сетевого трафика и поведения пользователей, а также применение алгоритмов машинного обучения для решения данной задачи. На основе разграничения аномального поведения от нормальной деятельности анализируется возможность обнаружения потенциальных кибератак на ранней стадии.*

Ключевые слова: *кибербезопасность, обнаружение аномалий, сетевой трафик, кластеризация, визуализация данных, классификация атак, машинное обучение.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada kiberxavfsizlik sohasida axborot tizimlari va kompyuter tarmoqlarida yuzaga keladigan anomaliya holatlarni aniqlash masalasi tadqiq etilgan. Zamonaviy axborot tizimlarida kiberhujumlarning murakkabligi va xilma-xilligi ortib borayotgani sababli, an'anaviy himoya vositalari bilan bir qatorda tarmoqdagi noodatiy faoliyatlarni avtomatik aniqlash usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqotda anomaliyalarni aniqlashning asosiy tamoyillari, tarmoq trafigi va foydalanuvchi xatti-harakatlarini tahlil qilish imkoniyatlari hamda mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish masalalari ko'rib chiqilgan. Anomal xatti-harakatlarni normal faoliyatdan ajratish orqali potensial kiberhujumlarni erta bosqichda aniqlash imkoniyati tahlil etilgan.*

Kalit so'zlar: *kiberxavfsizlik, anomaliyalarni aniqlash, tarmoq trafigi, klasterlash, ma'lumotlarni vizuallashtirish, hujumlarni klassifikatsiyalash, mashinali o'qitish.*

Zamonaviy axborot tizimlari va kompyuter tarmoqlarining hajmi hamda murakkabligi ortib borishi bilan birga, ularga qaratilgan kiberhujumlarning turlari ham tobora xilma-xil va nozik shaklga

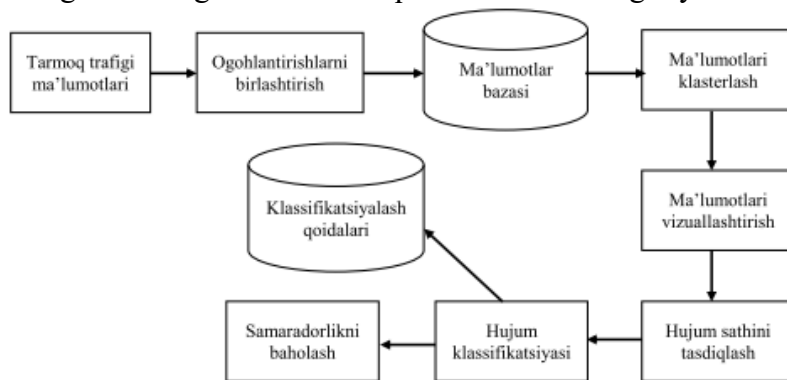
ega bo‘lib bormoqda. Signaturaga asoslangan an’anaviy himoya vositalari faqat oldindan ma’lum bo‘lgan hujum namunalarini aniqlashga qaratilgan bo‘lib, yangi, ilgari kuzatilmagan yoki asta-sekin rivojlanuvchi tahdidlarni o‘z vaqtida aniqlay olmaydi. Bunday sharoitda tarmoq trafigi va foydalanuvchi xatti-harakatlaridagi normal holatdan chetlanishlarni – ya’ni anomaliyalarni – avtomatik tarzda aniqlashga qaratilgan usullar alohida ahamiyat kasb etadi.

Anomaliyalarni aniqlashga asoslangan yondashuvning afzalligi shundaki, u oldindan ma’lum hujum signaturalarini talab qilmasdan, faqat normal faoliyat modelidan chetga chiqishlarni kuzatish orqali yangi va noma’lum hujum turlarini ham aniqlay oladi. Biroq bunday tizimlarni amaliyotga tatbiq etishda ma’lumotlarni yig‘ish, ularni tahlil qiluvchi shaklga keltirish, klasterlash va vizual tahlil qilish, so‘ngra aniqlangan anomaliyaning haqiqiy hujum ekanligini tasdiqlash va uni tegishli toifaga ajratish kabi bir qator bosqichlarni izchil bajarish talab etiladi.

Anomaliyalarni aniqlash muammosi kiberxavfsizlik sohasida keng o‘rganilgan yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Chandola, Banerjee va Kumar [1] tomonidan taqdim etilgan tadqiqotda anomaliyalarni aniqlash usullarining umumiy tasnifi berilgan bo‘lib, ularning nazorat qilinadigan, qisman nazorat qilinadigan va nazoratsiz yondashuvlarga bo‘linishi asoslab berilgan. Nazoratsiz yondashuvlar orasida klasterlash algoritmlari alohida o‘rin tutadi: MacQueen [2] tomonidan taklif etilgan K-o‘rtacha (K-means) usuli ma’lumotlarni o‘xshashlik darajasiga ko‘ra guruhlariga ajratsa, Ester va boshqalar [3] tomonidan ishlab chiqilgan DBSCAN algoritmi zichlikka asoslangan klasterlash orqali nostandart shakldagi klasterlarni va chetlanishlarni (outliers) aniqlash imkonini beradi.

Yuqori o‘lchovli tarmoq ma’lumotlarini inson ko‘zi bilan tahlil qilish imkoniyatini yaratishda vizuallashtirish usullari muhim rol o‘ynaydi. Van der Maaten va Hinton [4] tomonidan taklif etilgan t-SNE usuli yuqori o‘lchovli ma’lumotlarni ikki yoki uch o‘lchovli fazoga proyeksiyalash orqali klasterlar orasidagi chegaralarni va potensial anomaliyalarni vizual jihatdan ajratib ko‘rsatishga xizmat qiladi. Garcia-Teodoro va boshqalar [5] esa anomaliyaga asoslangan tarmoq hujumlarini aniqlash tizimlarining texnikalari, arxitekturalari va amaliyotdagi asosiy muammolarini keng qamrovli tahlil qilgan.

Kiberxavfsizlikda anomaliyalarni aniqlashning taklif etilayotgan yondashuvi ma’lumotlarni yig‘ishdan tortib tizim samaradorligini baholashgacha bo‘lgan bosqichlarni o‘z ichiga olgan yaxlit sikl ko‘rinishida tashkil etilgan (1-rasm). Ushbu sikl aynan mazkur tadqiqotning markazini tashkil etadi, chunki u anomaliyani dastlabki xom ma’lumotdan tortib, tasdiqlangan va klassifikatsiyalangan hujum sifatida aniqlanishigacha bo‘lgan barcha bosqichlarni o‘zaro bog‘laydi.



1-rasm. Kiberxavfsizlikda anomaliyalarni aniqlash sxemasi

Ma’lumotlarni yig‘ish va birlashtirish. Sxemaning boshlang‘ich nuqtasini tarmoq trafigi ma’lumotlari tashkil etadi – bu tarmoqdagi barcha ulanishlar, paketlar va foydalanuvchi faoliyatiga oid xom ma’lumotlarni o‘z ichiga oladi. Turli sensorlar va nazorat vositalaridan kelayotgan

ogohlantirishlarni birlashtirish bosqichida esa bir nechta manbadan olingan signal va hodisalar yagona formatga keltiriladi hamda takrorlanishlar bartaraf etiladi. Shundan so'ng qayta ishlangan ma'lumotlar markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasida saqlanadi, bu esa keyingi tahlil bosqichlari uchun yagona va izchil manba bo'lib xizmat qiladi.

Ma'lumotlarni klasterlash va vizuallashtirish. Aynan shu ikki bosqich taklif etilgan yondashuvning markazini – anomalialarni aniqlash mexanizmini tashkil etadi. Ma'lumotlar bazasidagi ma'lumotlar ustida klasterlash amalga oshiriladi: o'xshash xatti-harakatlariga ega bo'lgan trafik hodisalari bir guruhga birlashtiriladi, natijada asosiy klasterlardan sezilarli darajada farq qiluvchi nuqtalar – potensial anomalialar – ajralib chiqadi. Olingan klasterlar so'ngra ma'lumotlarni vizuallashtirish bosqichida past o'lchovli fazoga proyeksiyalanadi, bu esa tahlilchiga normal faoliyat klasterlaridan chetga chiqqan holatlarni ko'zi bilan ko'rish va dastlabki xulosa chiqarish imkonini beradi. Shu tariqa klasterlash sonli tahlilni, vizuallashtirish esa sifatli (vizual) tahlilni ta'minlab, bir-birini to'ldiradi.

Hujumni tasdiqlash va klassifikatsiyalash. Vizual tahlil natijasida shubhali deb topilgan holatlar hujum sathini tasdiqlash bosqichiga uzatiladi, bu yerda aniqlangan anomalianing haqiqatan ham xavf tug'dirish darajasi baholanadi va tasodifiy chetlanishlardan farqlanadi. Tasdiqlangan hujumlar so'ngra hujum klassifikatsiyasi bosqichida turiga (xizmat ko'rsatishni rad etish, portlarni skanerlash, ruxsatsiz kirish urinishi va boshqalar) ko'ra tasniflanadi.

Qoidalarini yangilash va samaradorlikni baholash. Klassifikatsiya natijalari klassifikatsiyalash qoidalari bazasini boyitish uchun ishlatiladi – yangi aniqlangan hujum naqshlari qoidalar shaklida rasmiylashtirilib, keyingi tahlil davrlarida ma'lumotlar bazasidagi yozuvlarni baholashda qayta foydalaniladi. Shu bilan bir vaqtda tizimning umumiy samaradorligi baholanadi: aniqlik, to'liqlik va soxta signal darajasi kabi ko'rsatkichlar orqali tizimning haqiqiy hujumlarni qanchalik ishonchli aniqlayotgani va shu bilan birga normal faoliyatni noto'g'ri anomaliya sifatida belgilamayotgani tekshiriladi. Qoidalar bazasining muntazam yangilanib borishi tizimga vaqt o'tishi bilan yangi hujumlariga moslashish va o'z-o'zini takomillashtirish imkonini beradi.

Taklif etilgan yondashuvning markaziy g'oyasi shundaki, anomalialarni aniqlash bir martalik amal emas, balki ma'lumot yig'ishdan samaradorlikni baholashgacha bo'lgan uzluksiz siklga aylantirilgan. Klasterlash va vizuallashtirish bosqichlarining birgalikda qo'llanilishi, adabiyotlarda ko'rsatilganidek, sof sonli tahlilga nisbatan anomalialarni erta bosqichda va yuqori ishonch bilan aniqlash imkonini beradi, chunki vizual taqdimot tahlilchiga avtomatik algoritm e'tibordan chetda qoldirishi mumkin bo'lgan naqshlarni ham ko'rish imkonini yaratadi.

Klassifikatsiyalash qoidalarining qayta ma'lumotlar bazasiga ta'sir ko'rsatishi, ya'ni teskari aloqa mexanizmining mavjudligi, tizimni statik emas, balki dinamik ravishda rivojlanuvchi qilib qo'yadi. Bu, ayniqsa, hujum usullari tez o'zgarib turadigan zamonaviy sharoitda muhim ahamiyatga ega, chunki tizim faqat oldindan belgilangan qoidalarga tayanib qolmasdan, yangi aniqlangan naqshlar asosida o'z bilim bazasini kengaytirib boradi. Samaradorlikni muntazam baholash esa ushbu rivojlanish jarayonining nazoratda saqlanishini, ya'ni tizimning soxta signallar sonini oshirmagan holda haqiqiy hujumlarni aniqlash qobiliyatini yo'qotmasligini ta'minlaydi.

XULOSA

Ushbu maqolada kiberxavfsizlikda anomalialarni aniqlashga qaratilgan, ma'lumotlarni yig'ish va birlashtirishdan tortib klasterlash, vizuallashtirish, hujumni tasdiqlash, klassifikatsiyalash va samaradorlikni baholashgacha bo'lgan bosqichlarni o'z ichiga olgan yaxlit yondashuv ko'rib chiqildi. Klasterlash va vizuallashtirishning birgalikda qo'llanilishi, shuningdek, klassifikatsiyalash

qoidalarining teskari aloqa orqali doimiy yangilanib borishi taklif etilgan yondashuvning asosiy afzalliklaridan hisoblanadi. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu yondashuvni real tarmoq ma'lumotlari to'plamlarida sinovdan o'tkazish, turli klasterlash va vizuallashtirish algoritmlarining samaradorligini qiyosiy baholash hamda tizimning real vaqt rejimida ishlashini ta'minlash rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Chandola, V., Banerjee, A., Kumar, V. Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3), (2009), 1–58.
- [2] MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1, (1966), 281–297.
- [3] Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., Xu, X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), (1996), 226–231.
- [4] van der Maaten, L., Hinton, G. Visualizing data using t-SNE. Journal of Machine Learning Research, 9, (2008), 2579–2605.
- [5] Garcia-Teodoro, P., Diaz-Verdejo, J., Macia-Fernandez, G., Vazquez, E. Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges. Computers & Security, 28(1–2), (2009), 18–28.

WEB-ILOVALARDA FRONTEND VA BACKEND INTEGRATSIYASINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI

Suropov Baxodir Maydonovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti professori, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada zamonaviy web-ilova arxitekturalarida qo'llaniladigan uchta asosiy API (Application Programming Interface) paradigmasi — REST, GraphQL va gRPC — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning ma'lumotlar uzatish samaradorligi, tarmoq yukini kamaytirish va ishlab chiqish qulayligi nuqtai nazaridan qiyosiy tahlili o'tkazilgan. Tadqiqot doirasida bitta funksional ekvivalent web-ilova (ko'p bog'liq ma'lumotlarga ega elektron tijorat platformasi) uchta arxitektura (REST, GraphQL, gRPC-Web) asosida amalga oshirilib, ularning ishlash samaradorligi turli tarmoq sharoitlarida (yuqori tezlikdagi va cheklangan tezlikdagi ulanish) sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, murakkab, bir nechta bog'liq resursni talab qiluvchi so'rovlarda GraphQL an'anaviy REST arxitekturasiga nisbatan uzatiladigan ma'lumotlar hajmini 47 foizga va so'rovlar sonini 68 foizga kamaytirgan, gRPC-Web esa oddiy, yuqori chastotali so'rovlarda eng past kechikish (latency) ko'rsatkichiga erishgan. Shu bilan birga, GraphQL'ning server tomonidagi hisoblash yukining REST'ga nisbatan yuqoriroq ekanligi aniqlangan. Maqola yakunida loyiha xususiyatlariga qarab mos API arxitekturasini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so'zlar:** frontend, backend, API arxitekturasini, REST, GraphQL, gRPC, web-ilova samaradorligi.*

Annotation. *The article theoretically describes three main API (Application Programming Interface) paradigms used in modern web application architectures — REST, GraphQL, and gRPC — and comparatively analyzes them in terms of data transfer efficiency, reduction of network load, and development convenience. Within the study, a single functionally equivalent web application (an e-commerce platform with many related data entities) was implemented using three architectures (REST, GraphQL, gRPC-Web), and their performance was tested under various network conditions (high-speed and bandwidth-constrained connections). The results show that for complex requests involving multiple related resources, GraphQL reduced the volume of transferred data by 47 percent and the number of requests by 68 percent compared to the traditional REST architecture, while gRPC-Web achieved the lowest latency for simple, high-frequency requests. At the same time, GraphQL's server-side computational load was found to be higher than that of REST. The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate API architecture based on project characteristics.*

Key words: *frontend, backend, API architecture, REST, GraphQL, gRPC, web application performance.*

Аннотация. *В статье теоретически описаны три основные парадигмы API (программного интерфейса приложения), применяемые в современных архитектурах веб-приложений, — REST, GraphQL и gRPC, — и проведён их сравнительный анализ с точки зрения эффективности передачи данных, снижения сетевой нагрузки и удобства разработки. В рамках исследования одно функционально эквивалентное веб-приложение (платформа электронной коммерции со множеством связанных сущностей данных) было реализовано с использованием трёх архитектур (REST, GraphQL, gRPC-Web), и их производительность протестирована в различных сетевых условиях (высокоскоростное и ограниченное по пропускной способности соединение). Результаты показывают, что для сложных запросов, включающих несколько связанных ресурсов, GraphQL снизил объём передаваемых данных на 47% и количество запросов на 68% по сравнению с традиционной архитектурой REST, тогда как gRPC-Web достиг наименьшей задержки (latency) для простых, высокочастотных запросов. Вместе с тем было установлено, что вычислительная нагрузка на стороне сервера у GraphQL выше, чем у REST. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящей архитектуры API в зависимости от характеристик проекта.*

Ключевые слова: *фронтенд, бэкенд, архитектура API, REST, GraphQL, gRPC, производительность веб-приложения.*

KIRISH

Zamonaviy web-ilovalar odatda mijoz tomoni (frontend) va server tomoni (backend) mantiqiy jihatdan ajratilgan holda ishlab chiqiladi, ular o'rtasidagi aloqa esa dasturiy interfeys (API) orqali amalga oshiriladi. Ushbu integratsiya qatlamining samaradorligi butun ilovaning tezligi, mijoz tomonidagi resurs sarfi va foydalanuvchi tajribasiga bevosita ta'sir ko'rsatadi, ayniqsa mobil qurilmalar va cheklangan tarmoq tezligiga ega sharoitlarda.

An'anaviy REST arxitekturasi soddaligi va keng tarqalganligi tufayli uzoq yillar davomida web-ilovalar uchun standart yondashuv bo'lib kelgan, biroq murakkab, bir nechta bog'liq ma'lumot turlarini talab qiluvchi interfeyslar uchun u ko'pincha ortiqcha (over-fetching) yoki yetarli bo'lmagan (under-fetching) ma'lumot uzatishga olib keladi. Bu muammoni hal etish uchun GraphQL va gRPC

kabi muqobil API paradigmalari ishlab chiqilgan, ular turlicha texnik yechimlar orqali integratsiya samaradorligini oshirishga qaratilgan.

Tadqiqotning maqsadi — zamonaviy API arxitekturalarining (REST, GraphQL, gRPC) frontend-backend integratsiyasi samaradorligiga ta'sirini empirik tarzda baholash hamda loyiha xususiyatlariga mos arxitekturaning tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) asosiy API arxitekturalarining ishlash tamoyillarini tavsiflash; 2) bitta funksional ekvivalent ilovani uchta arxitektura asosida amalga oshirish; 3) arxitekturalarni turli tarmoq sharoitlarida sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun funksional jihatdan bir xil bo'lgan elektron tijorat veb-ilovasi (mahsulotlar, foydalanuvchilar, buyurtmalar va sharhlar kabi o'zaro bog'liq ma'lumot turlariga ega) uchta alohida backend arxitekturasi bilan amalga oshirildi: 1) REST API (Node.js/Express asosida, standart resurs-yo'naltirilgan endpointlar bilan); 2) GraphQL API (Apollo Server asosida, yagona endpoint va so'rov tiliga asoslangan); 3) gRPC-Web (Protocol Buffers asosida serializatsiya qilingan, ikkilik protokol).

Sinov uchun uchta tipik foydalanuvchi stsenariysi ishlab chiqildi: 1) oddiy, bitta resursga oid so'rov (masalan, bitta mahsulot ma'lumotini olish); 2) murakkab, bir nechta bog'liq resursni talab qiluvchi so'rov (masalan, foydalanuvchi profili, uning buyurtmalari va har bir buyurtmadagi mahsulotlar ma'lumotini bitta ekranda ko'rsatish); 3) yuqori chastotali, real vaqt yangilanishini talab qiluvchi so'rov (masalan, buyurtma holatini kuzatish).

Har bir stsenariy ikkita tarmoq sharoitida (yuqori tezlikdagi, kechikishi past simulyatsiya qilingan tarmoq va cheklangan tezlikdagi, 3G tarmog'iga o'xshash simulyatsiya qilingan tarmoq) sinovdan o'tkazildi. O'lchov mezonlari sifatida uzatilgan ma'lumotlar hajmi (KB), amalga oshirilgan tarmoq so'rovlari soni, javob vaqti (kechikish, millisekundlarda) hamda server tomonidagi protsessor yuklamasi belgilandi. Har bir o'lchov 50 marta takrorlandi va o'rtacha qiymat hisobga olindi.

NATIJALAR

Oddiy, bitta resursga oid so'rovlarda uchta arxitektura ham nisbatan yaqin natijalar ko'rsatdi, biroq gRPC-Web eng past javob vaqtiga (yuqori tezlikdagi tarmoqda o'rtacha 12 ms, REST'da 18 ms, GraphQL'da 21 ms) erishdi, bu uning ikkilik serializatsiya protokolining samaradorligi bilan izohlandi.

Murakkab, bir nechta bog'liq resursni talab qiluvchi so'rovlarda esa farq keskin ortdi: REST arxitekturasi bunday ma'lumotni olish uchun bir nechta ketma-ket so'rov (o'rtacha 7 ta) yuborishni talab qildi, umumiy uzatilgan ma'lumotlar hajmi esa ortiqcha maydonlar tufayli 340 KB ni tashkil etdi. GraphQL esa faqat bitta so'rov orqali aynan zarur bo'lgan maydonlarni so'rab, umumiy ma'lumotlar hajmini 180 KB gacha (47% kamayish) va so'rovlar sonini 1 tagacha (68% kamayish, ya'ni 7 tadan 1 taga) qisqartirdi. Cheklangan tezlikdagi tarmoq sharoitida bu farq javob vaqtida yanada sezilarli bo'lib, REST'da o'rtacha 2,1 soniya, GraphQL'da esa 0,7 soniyani tashkil etdi.

Server tomonidagi protsessor yuklamasi bo'yicha esa teskari tendensiya kuzatildi: GraphQL so'rovlarini qayta ishlash (so'rov tuzilmasini tahlil qilish va bog'liq ma'lumotlarni yig'ish jarayoni murakkabroq bo'lgani sababli) REST'ga nisbatan o'rtacha 34% ko'proq protsessor resursini talab qildi. gRPC eng past server yuklamasini ko'rsatdi, bu uning samarali ikkilik serializatsiyasi va statik tuzilgan sxemasi bilan bog'liq edi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar hech bir API arxitekturasining barcha stsenariylar uchun universal ravishda eng samarali emasligini, balki har birining o'ziga xos kuchli tomoni mavjudligini tasdiqlaydi. GraphQL'ning murakkab, bog'liq ma'lumotlarga ega interfeyslarda ko'rsatgan sezilarli ustunligi, ayniqsa cheklangan tezlikdagi tarmoq sharoitida, uni mobil ilovalar va murakkab boshqaruv panellari (dashboard) uchun jozibali qiladi. gRPC'ning yuqori tezkorligi va past server yuklamasi esa uni mikroservislar o'rtasidagi ichki aloqa va yuqori chastotali real vaqt tizimlari uchun maqbul yechimga aylantiradi.

GraphQL'ning yuqori server yuklamasi amaliy joriy etishda hisobga olinishi zarur bo'lgan muhim omil hisoblanadi — bu ayniqsa yuqori trafikka ega tizimlarda qo'shimcha server resurslarini talab qilishi mumkin. Bu xulosa API arxitekturasini sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham GraphQL'ning mijoz tomonidagi samaradorlik-server tomonidagi murakkablik o'rtasidagi almashinuvi (trade-off) alohida ta'kidlangan.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar loyiha jamoalariga API arxitekturasini tanlashda ilovaning tipik so'rov naqshlarini (oddiy yoki murakkab, bog'liq ma'lumotlarga ega), maqsadli foydalanuvchi tarmoq sharoitlarini (yuqori tezlikdagi yoki cheklangan) hamda server resurslariga bo'lgan cheklovlarni hisobga olishni tavsiya etadi. Ko'p hollarda gibrid yondashuv — masalan, tashqi mijoz ilovalari uchun GraphQL, mikroservislar o'rtasidagi ichki aloqa uchun gRPC — eng maqbul amaliy yechim bo'lishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. GraphQL murakkab, bir nechta bog'liq resursni talab qiluvchi so'rovlarda REST'ga nisbatan uzatiladigan ma'lumotlar hajmini 47 foizga va so'rovlar sonini 68 foizga kamaytiradi.
2. gRPC-Web oddiy, yuqori chastotali so'rovlarda eng past javob vaqti va server yuklamasini ta'minlaydi.
3. GraphQL'ning mijoz tomonidagi samaradorlik afzalligi server tomonidagi qo'shimcha hisoblash yuki (REST'ga nisbatan 34% ko'p) hisobiga erishiladi.
4. API arxitekturasini tanlash ilovaning so'rov naqshlari, maqsadli tarmoq sharoitlari va server resurslariga bo'lgan cheklovlarga mos kelishi zarur, universal yechim mavjud emas.
5. Gibrid yondashuv, ya'ni turli integratsiya nuqtalari (tashqi mijoz, ichki mikroservislar) uchun turli API arxitekturalaridan foydalanish, amaliy jihatdan samarali strategiya bo'lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Веб-илловаларни ишлаб чиқишда замонавий API архитектуралари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 44–52.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида сунъий интеллект технологияларининг қўлланилиши // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.
5. Fielding R.T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures: PhD Dissertation. — Irvine: University of California, 2000. — 180 p.

6. Hartig O., Pérez J. Semantics and Complexity of GraphQL // Proceedings of the World Wide Web Conference (WWW). — 2018. — P. 1155–1164.
7. Vinoski S. Advanced Message Queuing Protocol // IEEE Internet Computing. — 2006. — Vol. 10, No. 6. — P. 87–89.
8. Brito G., Mombach T., Valente M.T. Migrating to GraphQL: A Practical Assessment // Proceedings of the IEEE 26th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER). — 2019. — P. 140–150.
9. Indrasiri K., Kuruppu D. gRPC: Up and Running: Building Cloud Native Applications with Go and Java for Docker and Kubernetes. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2020. — 274 p.

MUHANDISLIK VA KOMPYUTER GRAFIKASI FANINI AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI VOSITALARI ASOSIDA O'QITISH, HAMDA LOYIHALASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Xalilov Muxtor Suvonovich,
Qarshi davlat texnika universiteti,
muxtorxalilov9@gmail.com

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada zamonaviy muhandislik fanlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) hamda muhandislik va kompyuter grafikasining o'zaro integratsiyasi va uning texnologik rivojlanishdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Maqola doirasida AKT vositalarining muhandislik loyihalash, 3D modellash va vizuallashtirish jarayonlariga ta'siri yoritilgan. Shuningdek, zamonaviy SAPR (SAPR/CAD) tizimlari hamda virtual reallik (VR/AR) texnologiyalarining muhandislik va kompyuter grafikasi bilan uzviy bog'liqligi va ushbu yondashuvning ta'lim va sanoatdagi samaradorligi ko'rib chiqiladi.*

***Kalit so'zlar:** Muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi, AKT, SAPR (CAD/CAM/CAE), 3D modellash, raqamli egizak, virtual reallik, loyihalash.*

***Аннотация.** В данной статье анализируется взаимосвязь современных инженерных наук, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), а также инженерной и компьютерной графики и её значение в технологическом развитии. В рамках статьи освещается влияние средств ИКТ на процессы инженерного проектирования, 3D-моделирования и визуализации. Также рассматривается неразрывная связь современных САПР (CAD) систем и технологий виртуальной реальности (VR/AR) с инженерной и компьютерной графикой, а также эффективность данного подхода в сфере образования и промышленности.*

***Ключевые слова:** Инженерная графика, компьютерная графика, ИКТ, САПР, 3D-моделирование, цифровой двойник, виртуальная реальность, проектирование*

***Abstract.** This article analyzes the integration of modern engineering sciences, information and communication technologies (ICT), and engineering and computer graphics, along with its importance in technological development. Within the framework of the article, the impact of ICT tools on engineering design, 3D modeling, and visualization processes is highlighted. Additionally, the integral connection between modern CAD systems, virtual reality (VR/AR) technologies, and*

engineering computer graphics is examined, along with the effectiveness of this approach in education and industry.

Keywords: *Engineering graphics, computer graphics, ICT, CAD/CAM/CAE, 3D modeling, digital twin, virtual reality, design.*

KIRISH

Bugungi kunda pedagog kadrlardan nafaqat o'z sohasi bo'yicha, balki zamonaviy axborot texnologiyalaridan ham ma'lum bilimlarni chuqur egallashni va ularni yoshlarga, ayniqsa, o'quvchi hamda talabalarga o'rgatishni talab qiladi. Shu bois OTMlarida faoliyat ko'rsatayotgan har bir professor - o'qituvchilar zimmasiga zamonaviy grafik dasturlardan foydalanib, talabalarni kompyuterda bajarishga o'rgatishni yuklaydi.

To'rtinchi sanoat inqilobi (Industry 4.0) sharoitida axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) barcha sohalarga, xususan, muhandislik fanlariga chuqur kirib bormoqda. An'anaviy loyihalash va chizmachilik usullari o'z o'rnini raqamli va kompyuterlashtirilgan texnologiyalarga bo'shatib berdi.

Muhandislik va kompyuter grafikasi — bu murakkab texnik g'oyalarni vizuallashtirish va ularni aniq ob'yektlarga aylantirish vositasi hisoblanadi. Ushbu sohaning AKT bilan integratsiyalashuvi loyihalash jarayonining tezligini, aniqligini va samaradorligini keskin oshirdi.

Mazkur maqolaning maqsadi muhandislik fanlarida AKT va kompyuter grafikasining o'zaro bog'liqligini va ularning zamonaviy texnologik jarayonlardagi o'rnini ko'rsatib berishdan iborat.

ASOSIY QISM

Ma'lumki, muhandislik va kompyuter grafikasida yaqqol tasvirlarni bajarish, ayniqsa sirtlarning o'zaro kesishuvidan hosil bo'lgan chiziqlarni yasash ko'plab grafik amallarni bajarishni, ya'ni ko'p vaqt sarflashni talab qiladi.

Hozirgi zamon kompyuterlari va ularning dasturlar ta'minoti, grafik axborotlarni bimalol uch o'lchamda ham loyihalash imkoniyatini beradi.

Buning uchun qator grafik dasturlar mavjud bo'lib, ular orasida AutoCAD dasturi muhandislik va kompyuter grafikasi uchun berilgan o'lchamlar asosida ikki va uch o'lchamli loyihalash ishlarini yuqori aniqlikda bajarish imkoniyatini beradi.

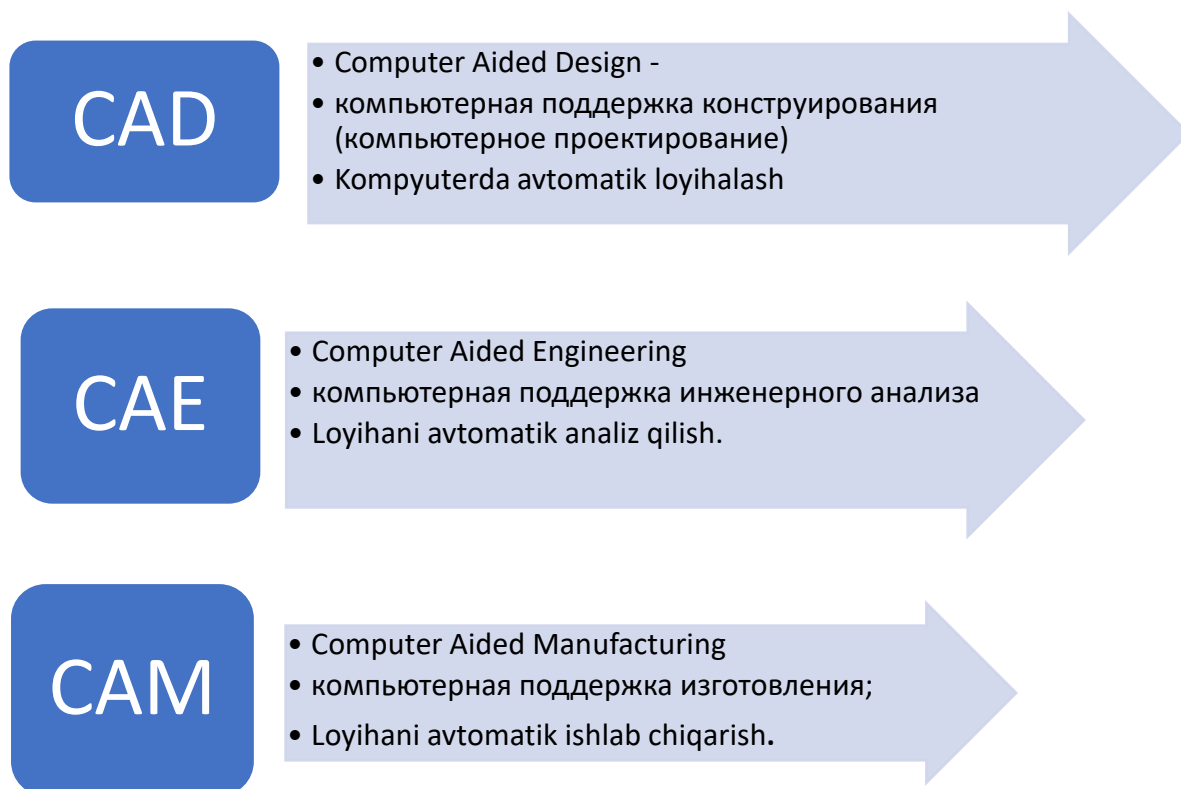
Ma'lumki, an'anaviy usulda (qo'lda) ob'yektlarni yaqqol tasvirlarini qurish, ularni ikki o'lchamli chizmalarini tuzishga nisbatan bir necha marta ko'p mehnat talab qiladi. Lekin ularni kompyuterda zamonaviy grafik dasturlar yordamida bajarish oson va qulaydir. Shuningdek, kompyuter texnologiyalari yordamida uch o'lchamli loyihalash jarayonida quyidagi grafik amallarni avtomatik bajarish afzalliklarga ega:

1. Ob'yekt sirtlarining o'zaro kesishuvini avtomatik bajarish;
2. Ob'yektlarda turli qirgimlar va kesimlar bajarish;
3. Ob'yektlarni asosiy va qo'shimcha ko'rinishlarga o'tkazib, o'zaro vaziyatlarini o'zgartirish;
4. Ob'yektlarning yuzalarini tabiiy ranglarga bo'yash;
5. Bajarilgan uch o'lchamli rederlangan-bo'yalgan ob'yektlarni ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan aslidagidek holatda bajarish;
6. Yasalgan uch o'lchamli modelni-buyumni fazoning istalgan nuqtasidan ko'rish va kuzatish hamda uzluksiz namoyish etish;
7. Obyektlarni tarkibiy qismlarga ajratish yoki aksincha bir butun jismga keltirish;
8. Kesuvchi va kesiluvchi obyektlar uchun umumiy bo'lgan qismini yasash.

Muhandislik grafikasi va AKT texnologiyalarining o‘zaro bog‘lami an‘anaviy muhandislik va kompyuter grafikasi ilgari faqat chizmalar va sxemalar yaratish bilan cheklangan bo‘lsa, bugungi kunda AKT tufayli bu jarayon intellektual tizimlar bilan boyitildi.

CAD/CAM/CAE tizimlari: AutoCAD, SolidWorks, CATIA va ANSYS kabi dasturiy majmualar kompyuter grafikasi va axborot texnologiyalarining sintezidir. Ular orqali nafaqat 3D modellar yaratiladi, balki obyektlarning fizik xossalari, mustahkamligi va dinamikasi simulyatsiya qilinadi.

Ma’lumki, biror mahsulotni ishlab chiqarishda unga, mahsulotning bozorga chiqarish vaqtining qisqa, mahsulot tannarxining kam va sifatining yuqori bo‘lishi kabi asosiy talablar qo‘yiladi. Bu talablarni CAD/CAE/CAM texnologiyalarini keng miqiyosda qo‘llamasdan turib amalga oshirishning iloji yo‘q.



Mashinasozlik sohasida - avtomatik loyihalash tizimi (ALT) tushunchasi odatda, CAD/CAE/CAM tizimlariga nisbatan qo‘llanilib, unda kompyuter yordamida loyihalash, ishlab - chiqarish va muxandislik ma’lumotlarini boshqarish masalalarini amalga oshiruvchi dasturlar to‘plamiga nisbatan qo‘llaniladi.

CAD, CAE, CAM tizimining asosiy vazifalari quyidagicha:

- Zamonaviy loyihalash metodlarini, ya’ni ko‘p variantli loyihalash metodlarini qo‘llash va effektiv variantlarni qidirish va qaror qabul qilishni optimallashtirish;
- Loyihalovchi muxandisning ijodiy mehnati hissasini oshirish;
- Loyihalash xujjatlarini sifatini oshirish;
- Loyihani ishlab chiqish jarayonini boshqarishni zamonaviylashtirish;
- Elektron hisoblash mashinalari yordamida sinov ishlarini mukammal va qisqa muddat ichida amalga oshirish.
- Tekshirish ob’yomini kamaytirish va mukammal namunaga erishish uchun loyiha qarorini etarli darajaga oshirish, shu bilan birga vaqt sarfini kamaytirish.

Avtomatik loyihalash tizimi strukturasi quyidagidan iborat:

Bulutli texnologiyalar (Cloud Computing): Jamoaviy loyihalash imkoniyatini beradi. Geografik joylashuvdan qat'i nazar, bir nechta muhandislar bir vaqtning o'zida bitta kompyuter grafikasi modelida ishlashlari mumkin.

Raqamli egizaklar (Digital Twins) va VR/AR texnologiyalari AKT va kompyuter grafikasi integratsiyasining eng yuqori bosqichlaridan biri bu — "Raqamli egizaklar" va Virtual/to'ldirilgan reallik (VR/AR) hisoblanadi (1-jadval).

1-jadval

Texnologiya	Muhandislik va kompyuter grafikasi bilan bog'liqligi	Sanoatdagi amaliy natijasi
3D Modellash	Geometrik parametrlarni hisoblash va vizuallashtirish	Xatolarni loyihalash bosqichidayoq aniqlash
VR / AR (Virtual/Augmented Reality)	Grafiklarni real vaqt rejimida interaktiv 3D makonga o'tkazish	Murakkab ob'ektlarni masofadan simulyatsiya qilish
Raqamli Egizak (Digital Twin)	AKT datchiklari ma'lumotlarini 3D grafik model bilan birlashtirish	Ob'ekt holatini real vaqt rejimida monitoring qilish

Zamonaviy muhandislik ta'limida kompyuter grafikasi va AKT Muhandislarni tayyorlash jarayonida AKT va kompyuter grafikasining o'rni beqiyosdir. Interaktiv grafika, animatsiya va 3D vizuallashtirish talabalarga murakkab fazoviy shakllarni yaxshiroq tushunishga va loyihalarni tezroq amalga oshirishga yordam beradi.

Xulosa qilib aytganda muhandislik fanlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari hamda muhandislik va kompyuter grafikasining integratsiyasi zamonaviy sanoat va ilmiy-texnik taraqqiyotning harakatlantiruvchi kuchidir. Ushbu uchta sohaning uzviy bog'liqligi quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

1) Vaqt va resurslarni tejash, bunda loyihalardagi xatolar va kamchiliklar ishlab chiqarishdan oldin raqamli modellash orqali bartaraf etiladi.

2) Sifat va aniqlik, bunda AKT va kompyuter grafikasi murakkab tizimlarning yuqori aniqlikdagi modellarini yaratish va tahlil qilish imkonini beradi.

3) Moslashuvchanlik bo'lib, yangi texnologiyalar (VR, AI, Cloud) loyihalash jarayonlarini yanada samarali va interaktiv qiladi.

Kelajakda sun'iy intellekt va avtomatlashtirilgan grafik tizimlarning chuqurroq integratsiyalashuvi muhandislik sohasi va raqamli modellashni yangi bosqichga olib chiqadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In F. Karray, A. Campilho, & F. Cheriet (Eds.), https://doi.org/10.1007/978-3-319-38743-7_4 Transdisciplinary perspectives on complex systems (pp. 85–113). Springer.

2. Yodgoror J. va boshqalar “Geometrik va proyeksiya chizmachik”, T.: “O'qituvchi” 2008.— 79 b

3. Yodgoror J., Narzullayev A.X. “Mashinasozlik chizmachigi”, T.: “O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti” 2009.— 56 b

4. Raxmanov I., Abduraxmanov A., “Chizmachilikdan ma’lumotnoma”, T.: “A.Navoiy Milliy kutubxonasi”, 2006.– 160 b
5. Ro’ziyev E.I. Qurilish chizmachiligidan mashqlar va topshiriqlar to’plami. T.: Noshir, 2014. – 64 b.
6. Ro’ziyev E.I., Latipov R.A. Chizmachilikdan ijodiy topshiriqlar (umumiy o’rta ta’lim maktablari o’qituvchilari uchun qo’llanma). Urganch, 2012.–60 b
7. Rixsiboyev T. “Muhandislik grafikasi fanlarini o’qitish metodologiyasi”, T.: “Tafakkur qanoti” 2011
8. Pavlova A.A., Korzinova Ye.I. Grafika v sredney shkole. M.: Vldos, 1999 – 78 s.
9. Pod red. Yu.O.Polejayeve. Stroitelnoye chercheniye. – M.: Izdatelskiy sentr “Akademiya”, 2007. – 252 s.
10. Preobrajenskaya N.G. Arxitekturno-stroitelnoye chercheniye. – M.: Izdatelskiy sentr “Ventana-Graf”, 2003. – 62 s.
11. www.nbgf.intal.uz

VIDEO KONTENTNI MOBIL QURILMALARDA GEOMETRIK KONTUR ASOSIDA ADAPTIV SIQISH USULI

Muhammadjonova Durdonaxon Bahromjon qizi

Qo‘qon davlat universiteti

Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt kafedrası o‘qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur tezisda mobil qurilmalarda video kontentni raqamli qayta ishlash jarayonida geometrik kontur asosida adaptiv siqish usuli taklif etilgan. Video kadrdagi dinamik obyektlar chegarasi kubik splayn yordamida approksimatsiya qilinib, kadr geometrik ahamiyatga ega va ega bo‘lmagan zonalarga ajratiladi hamda siqish darajasi shu asosda dinamik boshqariladi. Taklif etilgan yondashuv mobil qurilmalarning cheklangan hisoblash resurslari sharoitida video sifatini saqlagan holda ma’lumot hajmini kamaytirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: geometrik kontur, adaptiv siqish, mobil qurilmalar, video qayta ishlash, splayn approksimatsiyasi, kompyuter grafikasi.

Abstract. This thesis proposes a method for adaptive video content compression on mobile devices based on geometric contour modeling. The boundaries of dynamic objects in a video frame are approximated using cubic splines, after which the frame is divided into geometrically significant and non-significant zones, with the compression level dynamically controlled accordingly. The proposed approach allows reducing data volume while preserving video quality under the limited computational resources of mobile devices.

Keywords: geometric contour, adaptive compression, mobile devices, video processing, spline approximation, computer graphics.

Аннотация. В данной статье предлагается метод адаптивного сжатия на основе геометрических контуров, предназначенный для цифровой обработки видеоконтента на мобильных устройствах. Границы динамических объектов в пределах видеокadra аппроксимируются с помощью кубических сплайнов, кадр сегментируется на зоны различной

геометрической значимости, а уровень сжатия динамически регулируется с учетом результатов этой сегментации. Предложенный подход позволяет уменьшить объем данных при сохранении качества видео даже в условиях ограниченных вычислительных ресурсов мобильных устройств.

Ключевые слова: *геометрический контур, адаптивное сжатие, мобильные устройства, обработка видео, сплайн-аппроксимация, компьютерная графика.*

Mobil qurilmalar orqali video kontent yaratish va uzatish hajmining tobora ortib borishi, ushbu qurilmalarning hisoblash quvvati va energiya resurslari cheklanganligi bilan bevosita ziddiyatga kelmoqda. An'anaviy siqish algoritmlari (masalan, blok asosidagi diskret kosinusli almashtirish usullari) video kadrni bir xil darajada, obyektlarning geometrik xususiyatlarini hisobga olmagan holda qayta ishlaydi. Natijada, ayniqsa harakatchan obyekt chegaralarida sifat pasayishi yoki keraksiz ma'lumot hajmining ortishi kuzatiladi. Shu sababli, video kadrda obyektlar geometriyasini hisobga oluvchi adaptiv siqish usulini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-texnik vazifa hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — mobil qurilmalarning cheklangan hisoblash resurslari sharoitida video kadrda obyektlar konturini geometrik jihatdan ahamiyatli va ahamiyatsiz zonalarga ajratib, siqish darajasini shu asosda dinamik boshqaruvchi algoritm ishlab chiqishdan iborat.

Taklif etilayotgan yondashuvda video kadr ikki bosqichda qayta ishlanadi. Birinchi bosqichda kadrda dinamik obyektlar chegarasi kam sonli boshqaruvchi nuqtaga ega kubik splayn yordamida approksimatsiya qilinadi, bu esa konturni minglab piksel o'rniga o'nlab parametr bilan ixcham tasvirlash imkonini beradi. Ikkinchi bosqichda olingan geometrik kontur asosida kadr ikki zonaga ajratiladi: kontur atrofidagi «geometrik jihatdan muhim» zona (yuqori aniqlik bilan kodlanadi) va qolgan «fon» zonasi (pastroq aniqlik bilan, yuqori siqish koeffitsiyenti bilan kodlanadi).

Nazariy baholash shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan usul statik yoki sekin o'zgaruvchi fonga ega video materiallarda (masalan, video-konferensiya, ta'lim kontenti, videokuzatuv) ma'lumot hajmini bir xil darajadagi an'anaviy siqishga nisbatan sezilarli darajada kamaytirish, shu bilan birga obyekt chegaralari sifatini saqlab qolish imkonini beradi. Bundan tashqari, kontur parametrlarining ixchamligi tufayli mobil protsessorga tushadigan hisoblash yuki ham kamayadi.

XULOSA.

Xulosa qilib aytish mumkinki, video kadr obyektlarini geometrik kontur sifatida modellashtirish va shu asosda adaptiv siqish darajasini boshqarish — mobil qurilmalarda video axborotni samarali qayta ishlashning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Kelgusi tadqiqotlarda taklif etilgan algoritmnin real mobil qurilma prototipida amalga oshirish va turli video kontent turlari (harakatli sahna, portret, matn) misolida uning samaradorligini tajribaviy baholash rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Korotkiy V.A. Formoobrazovaniye liniy i poverkhnostey na osnove krivyx vtorogo poryadka v komp'yuternom geometricheskom modelirovanii: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.01.01. — Chelyabinsk, 2018.
2. Yanchus V.E. Razvitiye tekhnologii tsifrovoy postobrabotki videomateriala na osnove sredstv poverkhnostnogo modelirovaniya i metodov tsvetokorreksii: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.01.01. — Nijniy Novgorod, 2019.
3. Yegorov A.A. Modeli i algoritmy obrabotki bol'shikh ob'yomov graficheskoy informatsii na mobil'nykh ustroystvakh: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.01.01. — 2013.

4. Konopatskiy Ye.V. Geometricheskoye modelirovaniye mnogofaktornykh protsessov na osnove tochechnogo ischisleniya: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.01.01. — Nijniy Novgorod, 2020.
5. Ryazanov S.A. Geometricheskoye i komp'yuternoye modelirovaniye protsessa formoobrazovaniya vintovykh poverkhnostey tsilindricheskoy chervyachnoy peredachi: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.01.01. — 2019.
6. Panchuk K.L. Geometricheskoye modelirovaniye lineychatogo metriceskogo prostranstva v inzhenernoy geometrii i yeyo prilozheniyakh: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.01.01. — Omsk, 2009.
7. Wallace G.K. The JPEG still picture compression standard // IEEE Transactions on Consumer Electronics. — 1992. — Vol. 38, No. 1. — P. 18–34.
8. Sikora T. Trends and perspectives in image and video coding // Proceedings of the IEEE. — 2005. — Vol. 93, No. 1. — P. 6–17.
9. Chen T., Rao R.R. Audio-visual integration in multimodal communication // Proceedings of the IEEE. — 1998. — Vol. 86, No. 5. — P. 837–852.

ZERO TRUST ARXITEKTURASI ASOSIDA KORPORATIV AXBOROT TIZIMLARI XAVFSIZLIGINI TA'MINLASH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Berdiyev Bexruz Bahodirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada Zero Trust ("nolinchi ishonch") xavfsizlik arxitekturasining korporativ axborot tizimlari xavfsizligini ta'minlashdagi o'rni tahlil qilingan. An'anaviy perimetrga asoslangan xavfsizlik modelining bulutli texnologiyalar, masofaviy ish va BYOD (o'z qurilmasini olib kelish) sharoitida samarasizligi ko'rsatib o'tilgan. Tadqiqotda Zero Trust'ning asosiy tamoyillari — "hech kimga ishonma, har doim tekshir" (never trust, always verify), eng kam huquqlar asosida kirish (least privilege), mikrosegmentatsiya va uzluksiz monitoring — NIST SP 800-207 standarti asosida ko'rib chiqilgan. Qiyosiy tahlil natijasida Zero Trust arxitekturasini joriy etgan tashkilotlarda xavfsizlik hodisalarini aniqlash vaqti va buzilish (breach) narxi sezilarli darajada kamayganligi aniqlandi. Maqola so'ngida Zero Trust'ni bosqichma-bosqich joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan.*

***Kalit so'zlar:** Zero Trust, axborot xavfsizligi, mikrosegmentatsiya, identifikatsiya va autentifikatsiya, eng kam huquq tamoyili, korporativ tarmoq, kiberxavfsizlik, NIST 800-207.*

***Аннотация.** В данной статье проанализирована роль архитектуры безопасности Zero Trust ("нулевое доверие") в обеспечении безопасности корпоративных информационных систем. Показана неэффективность традиционной периметровой модели безопасности в условиях облачных технологий, удаленной работы и BYOD (использование личных устройств). В исследовании рассмотрены основные принципы Zero Trust — "никогда не доверяй, всегда проверяй" (never trust, always verify), доступ по принципу наименьших привилегий, микроsegmentация и непрерывный мониторинг — на основе стандарта NIST SP 800-207. В результате сравнительного анализа установлено, что в организациях, внедривших архитектуру Zero Trust, время обнаружения инцидентов безопасности и стоимость утечки*

данных значительно снижаются. В конце статьи приведены практические рекомендации по поэтапному внедрению Zero Trust.

Ключевые слова: Zero Trust, информационная безопасность, микросегментация, идентификация и аутентификация, принцип наименьших привилегий, корпоративная сеть, кибербезопасность, NIST 800-207.

Annotation. This article analyzes the role of Zero Trust security architecture in ensuring the security of corporate information systems. It demonstrates the inadequacy of the traditional perimeter-based security model in the context of cloud technologies, remote work, and BYOD (Bring Your Own Device) practices. The study examines the core principles of Zero Trust — "never trust, always verify," least-privilege access, micro-segmentation, and continuous monitoring — based on the NIST SP 800-207 standard. The comparative analysis reveals that organizations implementing Zero Trust architecture significantly reduce security incident detection time and the cost of data breaches. The article concludes with practical recommendations for a phased implementation of Zero Trust.

Keywords: Zero Trust, information security, micro-segmentation, identity and authentication, least-privilege principle, corporate network, cybersecurity, NIST 800-207.

KIRISH

Zamonaviy korporativ axborot tizimlari bulutli infratuzilmalarga o'tish, masofaviy va gibriddi shakllarining kengayishi, shuningdek Internet buyumlari (IoT) qurilmalarining ko'payishi tufayli tobora murakkablashib bormoqda. Bu jarayonlar an'anaviy "qal'a va handaq" (castle-and-moat) tamoyiliga asoslangan perimetr xavfsizligi modelining samaradorligini keskin pasaytirmoqda, chunki bunday modelda tarmoq ichiga kirgan har qanday foydalanuvchi yoki qurilma avtomatik ravishda ishonchli deb hisoblanadi.

Zero Trust ("nolinchi ishonch") arxitekturasini tushunchasi birinchi marta 2010-yilda Forrester Research tahliliy kompaniyasining tadqiqotchisi Jon Kindervag tomonidan taklif etilgan bo'lib, uning asosiy g'oyasi — tarmoq perimetri ichida yoki tashqarisida bo'lishidan qat'i nazar, hech qanday foydalanuvchi, qurilma yoki ilova avtomatik ravishda ishonchli deb qabul qilinmasligi kerakligidir. Har bir kirish so'rovi identifikatsiya, avtorizatsiya va kontekst (qurilma holati, joylashuv, xavf darajasi) asosida uzluksiz tekshirilishi lozim.

2020-yilda AQSh Milliy standartlar va texnologiyalar instituti (NIST) tomonidan e'lon qilingan SP 800-207 hujjati Zero Trust arxitekturasining rasmiy me'yoriy asosini tashkil etib, uni davlat va xususiy tashkilotlar uchun amaliy joriy etish uchun asos yaratdi. Shu sababli, korporativ axborot tizimlari xavfsizligini zamonaviy tahdidlardan himoya qilishda Zero Trust yondashuvini o'rganish va joriy etish masalalarini tadqiq qilish dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — Zero Trust arxitekturasining nazariy asoslarini, tarkibiy komponentlarini va korporativ axborot tizimlari xavfsizligini ta'minlashdagi amaliy samaradorligini tahlil qilish. Vazifalar sifatida quyidagilar belgilandi: an'anaviy perimetr modeli bilan Zero Trust modelini qiyosiy tahlil qilish; NIST SP 800-207 asosida Zero Trust arxitekturasining asosiy komponentlarini tavsiflash; statistik ma'lumotlar asosida Zero Trust'ning xavfsizlik ko'rsatkichlariga ta'sirini baholash; joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda kompleks metodologik yondashuvdan foydalanildi. Birinchi bosqichda Zero Trust arxitekturasiga oid xorijiy me'yoriy hujjatlar, xususan NIST SP 800-207 standarti, CISA (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency)ning Zero Trust Maturity Model hujjati, shuningdek yetakchi mualliflarning ilmiy adabiyotlari tizimli tahlil qilindi (kontent-tahlil metodi).

Ikkinchi bosqichda an'anaviy perimetrge asoslangan xavfsizlik modeli va Zero Trust modeli arxitektura komponentlari, kirishni boshqarish mexanizmlari va tahdidlarga qarshi turish qobiliyati bo'yicha qiyosiy tahlil qilindi. Uchinchi bosqichda IBM Security tomonidan har yili e'lon qilinadigan "Cost of a Data Breach Report" hisobotlaridagi statistik ma'lumotlar, jumladan xavfsizlik hodisalarini aniqlash va cheklash (identify and contain) vaqti hamda ma'lumotlar buzilishi natijasidagi o'rtacha moliyaviy zarar ko'rsatkichlari umumlashtirildi va tizimlashtirildi. To'rtinchi bosqichda Zero Trust arxitekturasining NIST tomonidan taklif etilgan mantiqiy komponentlari — Policy Engine (siyosat dvigateli), Policy Administrator (siyosat administratori) va Policy Enforcement Point (siyosatni amalga oshirish nuqtasi) — hamda CISA'ning beshta ustuni (identifikatsiya, qurilmalar, tarmoq, ilovalar va yuklamalar, ma'lumotlar) tahlil qilindi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida NIST SP 800-207 standarti asosida Zero Trust arxitekturasining mantiqiy komponentlari aniqlandi: Policy Engine — kirish so'rovlarini xavf darajasi va siyosatlar asosida baholovchi markaziy tizim; Policy Administrator — Policy Engine qarorlari asosida sessiyani ochish yoki yopish uchun buyruq beruvchi komponent; Policy Enforcement Point — foydalanuvchi va resurs o'rtasidagi bevosita kirishni nazorat qiluvchi shlyuz. Bundan tashqari, samarali Zero Trust tizimi doimiy diagnostika va monitoring (Continuous Diagnostics and Mitigation), identifikatsiya boshqaruvi (IAM) va ko'p faktorli autentifikatsiya (MFA), mikrosegmentatsiya hamda ma'lumotlarni shifrlash kabi qo'shimcha komponentlarni o'z ichiga oladi.

An'anaviy perimetr modeli va Zero Trust modelining asosiy xususiyatlari bo'yicha qiyosiy tahlili 1-jadvalda keltirilgan.

Xususiyyat	An'anaviy perimetr modeli	Zero Trust modeli
Ishonch asosi	Tarmoq joylashuviga asoslangan	Identifikatsiya va kontekstga asoslangan
Kirishni tekshirish	Bir martalik, sessiya boshida	Uzluksiz, har bir so'rovda
Tarmoq segmentatsiyasi	Yirik, kam segmentlashgan	Mikrosegmentatsiya
Ichki tahdidlarga qarshilik	Past	Yuqori
Masofaviy ish uchun moslik	Cheklangan (VPN orqali)	Yuqori darajada moslashgan

IBM Security'ning "Cost of a Data Breach" hisobotlari asosida umumlashtirilgan statistik ma'lumotlar 2-jadvalda keltirilgan. Bu ma'lumotlar Zero Trust arxitekturasini joriy etilgan va joriy etilmagan tashkilotlarning o'rtacha ko'rsatkichlarini aks ettiradi.

Ko'rsatkich	Zero Trust joriy etilmagan	Zero Trust joriy etilgan
Hodisani aniqlash va cheklash vaqti	290 kundan ortiq	200 kundan kam
O'rtacha moliyaviy zarar	5 mln. AQSh dollaridan ortiq	1 mln. AQSh dollariga yaqin kam
Ichki tahdid tufayli buzilishlar ulushi	Yuqori	Sezilarli darajada past
Buzilishni to'liq bartaraf etish muddati	Uzoq (oylar)	Qisqarroq (haftalar)

Jadvallardan ko'rinib turibdiki, Zero Trust arxitekturasini joriy etish xavfsizlik hodisalarini erta aniqlash imkonini beradi va buzilish natijasidagi moliyaviy zararni sezilarli darajada kamaytiradi. Bu, birinchi navbatda, uzluksiz monitoring, mikrosegmentatsiya va eng kam huquqlar tamoyilining amalda qo'llanilishi hisobiga erishiladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Zero Trust arxitekturasining zamonaviy kiberxavfsizlik muammolarini hal qilishda yuqori salohiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, tashkilot ichidagi foydalanuvchi hisob yozuvi buzilgan (compromised) taqdirda ham, mikrosegmentatsiya va eng kam huquqlar tamoyili tufayli tajovuzkorning tarmoq bo'ylab "gorizontal harakati" (lateral movement) sezilarli darajada cheklanadi.

Shu bilan birga, Zero Trust'ni joriy etish bir qator amaliy qiyinchiliklar bilan bog'liq. Birinchidan, ko'plab tashkilotlarda mavjud bo'lgan eskirgan (legacy) tizimlar zamonaviy identifikatsiya va mikrosegmentatsiya vositalari bilan to'liq mos kelmasligi mumkin, bu esa arxitekturaning bosqichma-bosqich joriy etishni talab qiladi. Ikkinchidan, Zero Trust infratuzilmasini qurish va qo'llab-quvvatlash qo'shimcha moliyaviy va inson resurslarini talab qiladi. Uchinchidan, har bir kirish so'rovini uzluksiz tekshirish foydalanuvchi tajribasiga (user experience) salbiy ta'sir ko'rsatmasligi uchun autentifikatsiya jarayonlarini optimallashtirish zarur — bu borada adaptiv autentifikatsiya va yagona kirish (Single Sign-On, SSO) texnologiyalari muhim rol o'ynaydi.

Tadqiqot natijalari NIST va CISA hujjatlarida, shuningdek Gilman va Bart, Garbis va Chapman kabi mualliflarning ishlarida ilgari surilgan xulosalar bilan mos keladi: Zero Trust — bu yagona mahsulot yoki texnologiya emas, balki tashkilotning butun xavfsizlik strategiyasini qamrab oluvchi uzoq muddatli arxitekturaviy transformatsiya jarayonidir.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, an'anaviy perimetrga asoslangan xavfsizlik modeli bulutli texnologiyalar, masofaviy ish va IoT qurilmalarining keng tarqalishi sharoitida korporativ axborot tizimlarini yetarli darajada himoya qila olmaydi, bu esa Zero Trust arxitekturasiga o'tishni zaruriy qiladi.

Ikkinchidan, Zero Trust arxitekturasini — identifikatsiya va autentifikatsiyani kuchaytirish, mikrosegmentatsiya, eng kam huquqlar tamoyili va uzluksiz monitoring kabi komponentlar hisobiga — xavfsizlik hodisalarini erta aniqlash va ularning oqibatlarini minimallashtirish imkonini beradi, bu esa statistik ma'lumotlar bilan ham tasdiqlangan.

Uchinchidan, Zero Trust'ni muvaffaqiyatli joriy etish nafaqat texnik vositalarni joriy etishni, balki tashkiliy siyosat, xodimlarni o'qitish va biznes-jarayonlarni qayta ko'rib chiqishni ham talab qiladi.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ta'kidlash mumkin: Zero Trust'ni joriy etishni eng muhim (yuqori xavfli) aktivlarni aniqlashdan boshlash; kuchli identifikatsiya va ko'p faktorli autentifikatsiya tizimlarini joriy etish; tarmoqni mikrosegmentlarga bo'lish; barcha kirish so'rovlarini uzluksiz monitoring qilish va tahlil qilish; hamda arxitekturaning bosqichma-bosqich, eskirgan tizimlarni hisobga olgan holda joriy etish. Kelgusi tadqiqotlarda sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish asosidagi xavf-baholash tizimlarining Zero Trust arxitekturasiga integratsiyasi istiqbolli yo'nalish bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Kindervag J. No More Chewy Centers: Introducing the Zero Trust Model of Information Security. – Cambridge: Forrester Research, 2010.
2. Rose S., Borchert O., Mitchell S., Connelly S. Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2020. – 50 p.
3. Garbis J., Chapman J.W. Zero Trust Security: An Enterprise Guide. – Berkeley: Apress, 2021. – 248 p.
4. Gilman E., Barth D. Zero Trust Networks: Building Secure Systems in Untrusted Networks. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. – 240 p.
5. IBM Security. Cost of a Data Breach Report 2023. – Armonk: IBM Corporation, 2023.
6. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA). Zero Trust Maturity Model, Version 2.0. – Washington, D.C.: U.S. Department of Homeland Security, 2023.
7. Microsoft Corporation. Zero Trust Deployment Guide // Microsoft Learn [Elektron resurs]. – 2023.
8. Tashkentov D.R. Axborot xavfsizligining zamonaviy modellari: Zero Trust yondashuvi // Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy jurnali. – 2022. – №4. – B. 55–61.
9. Rustamova M.A., Saidov J.K. Korporativ tarmoqlarda kirishni boshqarish tizimlari va ularning rivojlanish tendensiyalari // O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi ilmiy-texnik jurnali. – 2023. – №1. – B. 34–40.
10. Nazarov I.B. Kiberxavfsizlik asoslari va zamonaviy tahdidlarga qarshi kurashish usullari: o'quv qo'llanma. – Toshkent: "Aloqachi" nashriyoti, 2021. – 212 b.

YENGIL SANOAT YO'NALISHI TALABALARINING MEHNAT KOMPETENSIYALARINI RIVOJLANTIRISHDA FANLARARO INTEGRATSIYADAN FOYDALANISH

Mamadaliyev Axadjon G'aniboyevich

Namangan davlat texnika universiteti

mustaqil izlanuvchisi

ahadjonmamadaliyev30@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada yengil sanoat yo'nalishi talabalarining mehnat kompetensiyalarini rivojlantirishda fanlararo integratsiyaning pedagogik imkoniyatlari yoritilgan. Ta'lim mazmunini o'zaro integratsiyalash orqali talabalarining kasbiy bilim, amaliy ko'nikma, mustaqil fikrlash, muloqot va jamoada ishlash kompetensiyalarini rivojlantirish masalalari tahlil qilingan. Shuningdek, loyiha, muammoli ta'lim, keys-stadi va amaliy mashg'ulotlarning mehnat kompetensiyalarini shakllantirishdagi ahamiyati ko'rsatib berilgan.

Kalit so'zlar: yengil sanoat, mehnat kompetensiyasi, kasbiy kompetensiya, fanlararo integratsiya, talabalar, tikuvchilik, to'qimachilik, ishlab chiqarish, mehnat ko'nikmalari, kasbiy tayyorgarlik, zamonaviy ta'lim texnologiyalari.

Аннотация: В статье освещаются педагогические возможности междисциплинарной интеграции в развитии трудовых компетенций студентов, обучающихся по направлению лёгкой промышленности. Анализируются вопросы развития профессиональных знаний,

практических навыков, самостоятельного мышления, коммуникативных компетенций и навыков работы в команде посредством интеграции содержания образования. Также раскрывается значение проектного обучения, проблемного обучения, кейс-метода и практических занятий в формировании трудовых компетенций студентов.

Ключевые слова: лёгкая промышленность, трудовая компетентность, профессиональная компетентность, междисциплинарная интеграция, студенты, швейное дело, текстиль, производство, трудовые навыки, профессиональная подготовка, современные образовательные технологии.

Abstract: This article highlights the pedagogical potential of interdisciplinary integration in developing the labor competencies of students studying in the field of light industry. It analyzes the development of professional knowledge, practical skills, independent thinking, communication competencies, and teamwork skills through the integration of educational content. The article also examines the importance of project-based learning, problem-based learning, case studies, and practical training in developing students' labor competencies.

Keywords: light industry, labor competence, professional competence, interdisciplinary integration, students, garment manufacturing, textile industry, production, labor skills, professional training, modern educational technologies.

Bugungi kunda yengil sanoat mamlakat iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri sifatida rivojlanib bormoqda. To'qimachilik, tikuv-trikotaj, charm-poyabzal, gilamchilik va boshqa ishlab chiqarish yo'nalishlarida zamonaviy texnologiyalarning joriy etilishi ushbu soha uchun yuqori malakali va kompetentli mutaxassislarini tayyorlash zaruratini kuchaytirmoqda. Yengil sanoat korxonalarida faoliyat yurituvchi mutaxassisdan faqat texnologik jarayonlarni bilish talab etilmaydi. U ishlab chiqarish topshiriqlarini mustaqil bajarish, texnologik jarayonni tahlil qilish, materiallardan oqilona foydalanish, zamonaviy jihoz va dasturlardan foydalanish, mehnat xavfsizligiga rioya qilish, jamoa bilan hamkorlik qilish hamda yuzaga keladigan muammolarga tezkor yechim topish qobiliyatiga ham ega bo'lishi zarur. Shu sababli yengil sanoat yo'nalishida tahsil olayotgan talabalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashda faqat maxsus fanlarni o'qitish bilan cheklanib qolmasdan, turli fanlar mazmunini o'zaro bog'lash va amaliy vazifalar asosida o'qitish muhim ahamiyat kasb etadi. Fanlararo integratsiya aynan shu vazifani hal etishga xizmat qiladi. U talabaning turli fanlardan olgan bilimlarini bir butun tizim sifatida qo'llashga imkon beradi.

Yengil sanoat mutaxassislarini tayyorlashda mehnat kompetensiyasining ahamiyati. Yengil sanoat sohasidagi mehnat faoliyati o'ziga xos xususiyatlarga ega. Ishlab chiqarish jarayonida xomashyoni tanlash, material xususiyatlarini aniqlash, mahsulot konstruksiyasini ishlab chiqish, texnologik ketma-ketlikni belgilash, uskunalardan foydalanish, sifat nazoratini amalga oshirish va tayyor mahsulotni baholash kabi ko'plab vazifalar bajariladi.

Shu jihatdan yengil sanoat talabalarining mehnat kompetensiyasi quyidagi asosiy tarkibiy qismlarni qamrab oladi:

- kasbiy bilim va texnologik bilimlarni egallash;
- ishlab chiqarish jarayonlarini tushunish;
- tikuvchilik va texnologik operatsiyalarni bajarish;
- asbob-uskunalardan to'g'ri foydalanish;
- material va xomashyolarni tanlash;
- mehnat xavfsizligi qoidalariga rioya qilish;

- ishlab chiqarishdagi muammolarni aniqlash va hal etish;
- jamoada ishlash;
- kasbiy muloqot olib borish;
- vaqt va resurslarni samarali boshqarish;
- mahsulot sifatini nazorat qilish;
- ijodiy va dizaynerlik yondashuvini namoyon etish;
- zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish. Mazkur kompetensiyalarni shakllantirish uchun talaba nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog'lay olishi kerak.

Fanlararo integratsiyaning yengil sanoat ta'limidagi o'rni. Yengil sanoat yo'nalishidagi ta'lim jarayonida fanlararo integratsiyani bir nechta yo'nalishda tashkil etish mumkin. Masalan, **“Tikuv buyumlarini konstruksiyalash”** fanini matematika, informatika, chizmachilik va dizayn bilan bog'lash mumkin. Mahsulot konstruksiyasini ishlab chiqishda geometrik hisob-kitoblar, o'lchovlar, grafik tasvirlar va raqamli texnologiyalardan foydalaniladi.

“Tikuvchilik texnologiyasi” fanini mehnat xavfsizligi, iqtisodiyot va ekologiya fanlari bilan integratsiyalash mumkin. Bunda talabalar texnologik jarayon bilan bir qatorda ishlab chiqarish xavfsizligi, mahsulot tannarxi, materiallardan tejamkor foydalanish va chiqindilarni kamaytirish masalalarini ham o'rganadilar.

“Materialshunoslik” fanini kimyo va ekologiya bilan bog'lash orqali turli tolalar, matolar, bo'yoqlar va boshqa materiallarning xususiyatlari hamda ularning atrof-muhitga ta'sirini tushuntirish mumkin.

“Kiyim dizayni” fanini san'at, estetika, madaniyatshunoslik va psixologiya bilan integratsiyalash esa talabalarda estetik did, ijodiy fikrlash va iste'molchi ehtiyojlarini tushunish ko'nikmalarini rivojlantiradi.

Fanlararo integratsiya orqali shakllantiriladigan mehnat kompetensiyalari. Yengil sanoat talabalarida mehnat kompetensiyalarini rivojlantirishda fanlararo integratsiya bir nechta muhim imkoniyatlarni yaratadi.

Kasbiy-amaliy kompetensiya. Talaba o'z mutaxassisligiga oid nazariy bilimlarini amaliy faoliyatda qo'llay olishi kerak. Masalan, kiyim modelini ishlab chiqishda dizayn, konstruksiyalash, materialshunoslik va tikuv texnologiyasiga oid bilimlardan kompleks foydalanish talab etiladi.

Kommunikativ kompetensiya. Yengil sanoat korxonalarida ish jarayoni ko'pincha jamoaviy xarakterga ega. Dizayner, texnolog, konstruktor, tikuvchi, sifat nazoratchisi va rahbar o'rtasidagi hamkorlik mahsulot sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Shuning uchun ta'lim jarayonida guruhli loyihalar, munozaralar va jamoaviy amaliy topshiriqlardan foydalanish talabalarning kasbiy muloqot ko'nikmalarini rivojlantiradi.

Muammolarni hal qilish kompetensiyasi. Ishlab chiqarish jarayonida materialning noto'g'ri tanlanishi, tikuv chokining sifatsiz bajarilishi, uskuna bilan bog'liq muammo yoki mahsulot o'lchamining mos kelmasligi kabi holatlar yuzaga kelishi mumkin. Talaba bunday vaziyatlarda muammoni aniqlashi, uning sabablarini tahlil qilishi va tegishli yechimni tanlay olishi zarur.

Tashkiliy kompetensiya. Mahsulot ishlab chiqarishda vaqt, material va mehnat resurslarini to'g'ri taqsimlash muhimdir. Shu sababli talabalarga amaliy loyihalar berish orqali ishni rejalashtirish, vazifalarni taqsimlash va belgilangan muddatga rioya qilish ko'nikmalarini rivojlantirish mumkin.

Ijodiy kompetensiya. Yengil sanoatning dizayn va mahsulot yaratish bilan bog'liq yo'nalishlarida ijodkorlik muhim o'rin tutadi. Talaba mavjud namunani takrorlash bilan

cheklanmasdan, yangi model, rang uyg'unligi, bezak va konstruktiv yechimlarni taklif qila olishi kerak.

Amaliy mashg'ulotlarda fanlararo integratsiyadan foydalanish. Fanlararo integratsiyani samarali amalga oshirish uchun amaliy topshiriqlarning mazmuni real ishlab chiqarish jarayonlariga yaqinlashtirilishi maqsadga muvofiq. Masalan, talabalarga **“Zamonaviy ayollar ko'ylagi modelini ishlab chiqish”** loyihasi beriladi. Ushbu loyiha doirasida talabalar:

1. iste'molchi ehtiyojlarini o'rganadi;
2. mahsulot modelini tanlaydi;
3. eskiz ishlab chiqadi;
4. material turini aniqlaydi;
5. konstruksiyasini ishlab chiqadi;
6. texnologik ketma-ketlikni belgilaydi;
7. material sarfini hisoblaydi;
8. mahsulot tannarxini taxminiy aniqlaydi;
9. mehnat xavfsizligi talablarini belgilaydi;

10. tayyor loyiha natijasini taqdim etadi. Mazkur topshiriqning o'zida dizayn, materialshunoslik, konstruksiyalash, texnologiya, iqtisodiyot, informatika va mehnat xavfsizligiga oid bilimlar integratsiyalashadi. Natijada talaba alohida fanlardan olingan bilimlarni amaliy kasbiy vazifani bajarishga yo'naltiradi.

Zamonaviy pedagogik texnologiyalardan foydalanish. Yengil sanoat talabalarining mehnat kompetensiyalarini rivojlantirishda zamonaviy pedagogik texnologiyalardan foydalanish katta imkoniyat yaratadi.

Loyiha texnologiyasi orqali talabalar real mahsulot yoki ishlab chiqarish muammosi ustida ishlaydilar.

Keys-stadi yordamida ishlab chiqarishdagi muammoli vaziyatlar tahlil qilinadi. Masalan, tayyor mahsulot sifat ko'rsatkichlarining talabga javob bermasligi sabablarini aniqlash topshirig'i berilishi mumkin.

Muammoli ta'lim talabalarni mustaqil fikrlashga undaydi. O'qituvchi tayyor yechimni bermaydi, balki muammoni taqdim etib, talabalarni yechim izlashga yo'naltiradi.

Guruhli ta'lim esa mehnat jamoasida faoliyat yuritish uchun zarur bo'lgan hamkorlik va kommunikativ ko'nikmalarni shakllantiradi.

Amaliy mashg'ulotlar nazariy bilimlarni bevosita ishlab chiqarish faoliyati bilan bog'lash imkonini beradi.

Raqamli texnologiyalarning imkoniyatlari. Yengil sanoatning zamonaviy rivojlanishi raqamli texnologiyalardan foydalanishni ham talab etmoqda. Shu sababli talabalarining mehnat kompetensiyalarini rivojlantirishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish muhimdir. Kiyim dizayni va konstruksiyalashda maxsus grafik dasturlardan foydalanish talabalarining raqamli kompetensiyalarini rivojlantirishga yordam beradi. Raqamli vositalar yordamida model yaratish, rang va shakllarni o'zgartirish, konstruktiv yechimlarni sinab ko'rish va loyiha natijasini vizual namoyish etish mumkin. Bundan tashqari, elektron ta'lim resurslari va raqamli kutubxonalardan foydalanish talabalarining mustaqil ta'lim olish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Mehnat xavfsizligi kompetensiyasini shakllantirish. Yengil sanoat ta'limida mehnat xavfsizligi alohida ahamiyatga ega. Talaba tikuv mashinalari, dazmollash uskunalari, kesish moslamalari va boshqa jihozlardan foydalanishda xavfsizlik qoidalarini bilishi va ularga amalda rioya qilishi zarur. Shu sababli mehnat xavfsizligi bo'yicha bilimlarni maxsus fanlar bilan integratsiyalash

maqsadga muvofiq. Masalan, amaliy mashg'ulot boshlanishidan oldin talaba nafaqat texnologik operatsiyani bajarish tartibini, balki ushbu operatsiyani xavfsiz bajarish talablarini ham tushuntirib bera olishi kerak. Bu yondashuv talabada mas'uliyatli mehnat munosabatini shakllantirishga xizmat qiladi.

Mehnat kompetensiyalarini baholash. Yengil sanoat talabalarining mehnat kompetensiyalarini baholashda faqat nazariy bilimlarni tekshirish yetarli emas. Baholash amaliy faoliyat natijalarini ham qamrab olishi kerak. Quyidagi mezonlardan foydalanish mumkin:

- kasbiy bilimlarni amaliyotda qo'llay olish;
- texnologik operatsiyalarni to'g'ri bajarish;
- materiallardan oqilona foydalanish;
- mahsulot sifatini ta'minlash;
- mehnat xavfsizligi qoidalariga rioya qilish;
- zamonaviy texnologiyalardan foydalanish;
- muammoli vaziyatlarda mustaqil yechim topish;
- jamoada ishlash;
- topshiriqni belgilangan vaqtda bajarish;
- ijodiy yondashish;
- o'z faoliyatini tahlil qilish va baholash. Bunday baholash talabaning faqat "nimani bilishi"ni emas, balki "nima qila olishi"ni ham aniqlash imkonini beradi.

Tadqiqotning metodologik asoslari. Talabalarining mehnat kompetensiyalarini rivojlantirishga qaratilgan tadqiqotda pedagogik kuzatuv, suhbat, so'rovnoma, test, amaliy topshiriqlar, loyiha faoliyati, ekspert baholash va pedagogik tajriba-sinov metodlaridan foydalanish mumkin. Tadqiqot jarayonida talabalar ikki guruhga ajratilib, an'anaviy ta'lim va fanlararo integratsiyaga asoslangan ta'lim natijalari o'zaro taqqoslanishi mumkin. Tajriba-sinov jarayonida talabalarining kasbiy-amaliy, kommunikativ, tashkiliy, muammoli vaziyatlarni hal qilish va ijodiy kompetensiyalaridagi o'zgarishlar aniqlanadi. Bunda tajriba natijalarini aniq mezonlar asosida statistik tahlil qilish tadqiqotning ilmiy asoslanganligini oshiradi.

MUHOKAMA.

Yengil sanoat yo'nalishida fanlararo integratsiyadan foydalanish talabalarining kasbiy tayyorgarligini kompleks ravishda rivojlantirish imkonini beradi. Chunki real ishlab chiqarish jarayonida mutaxassis bir vaqtning o'zida turli sohalarga oid bilim va ko'nikmalardan foydalanadi. Masalan, kiyim ishlab chiqarish jarayonida mahsulotning tashqi ko'rinishi dizayn bilan, konstruksiyasi matematika va chizmachilik bilan, materiali materialshunoslik bilan, ishlab chiqarish jarayoni texnologiya bilan, tannarxi iqtisodiyot bilan, ish jarayonidagi munosabatlar esa psixologiya va sotsiologiya bilan bog'liq. Demak, fanlararo integratsiya talabani kelgusidagi mehnat faoliyatining real sharoitlariga yaqinlashtiradi. Bunday yondashuvda o'qituvchi ham faqat ma'lumot beruvchi emas, balki talabaning mustaqil faoliyatini tashkil etuvchi va yo'naltiruvchi subyekt sifatida faoliyat yuritadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi. "Ta'lim to'g'risida"gi Qonun. O'RQ-637-son, 2020-yil 23-sentabr.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining oliy ta'lim tizimini rivojlantirishga oid farmon va qarorlari.

3. Azizxo‘jayeva N.N. Pedagogik texnologiyalar va pedagogik mahorat. — Toshkent.
4. Tolipov O‘., Usmonboyeva M. Pedagogik texnologiyalarning tatbiqiy asoslari. — Toshkent.
5. Muslimov N.A. Kasb ta‘limi o‘qituvchilarini kasbiy shakllantirishning nazariy-metodik asoslari. — Toshkent.
6. Ishmuhamedov R. Innovatsion texnologiyalar yordamida ta‘lim samaradorligini oshirish yo‘llari. — Toshkent.
7. Xodjayev B.X. Umumiy pedagogika nazariyasi va amaliyoti. — Toshkent.
8. Kompetensiyaviy yondashuv va kasbiy ta‘lim metodikasiga oid ilmiy-metodik manbalar.
9. Yengil sanoat ta‘limi, texnologiyasi va kasbiy tayyorgarligiga oid ilmiy tadqiqotlar.
10. Fanlararo integratsiya va zamonaviy pedagogik texnologiyalarga oid ilmiy maqolalar.

AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI O‘RGATISHDA XORIJIY TAJRIBALARNING AHAMIYATI

Sunatov Jo‘rabek Turg‘unbek o‘g‘li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o‘qituvchisi, Qarshi shahar

Berdiyorov Bexruz Bahodirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada axborot texnologiyalarini o‘quvchi va talabalarga o‘rgatishda xorijiy mamlakatlarning ilg‘or tajribalaridan foydalanishning nazariy va amaliy ahamiyati tahlil qilingan. An‘anaviy, asosan nazariy bilimlarga yo‘naltirilgan o‘qitish usulining amaliy va hisoblash tafakkurini (computational thinking) rivojlantirishdagi cheklovlari asoslab berilgan hamda Estoniya, Finlyandiya, Janubiy Koreya va boshqa yetakchi mamlakatlarning axborot texnologiyalarini o‘qitish bo‘yicha tajribasi yoritilgan. Tadqiqot doirasida xorijiy tajribaga asoslangan loyihaviy-amaliy yondashuv bilan an‘anaviy nazariy yondashuvning o‘quvchilar bilim va ko‘nikmalariga ta‘siri pedagogik tajriba orqali qiyoslangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, xorijiy tajribalar asosida tashkil etilgan darslarda o‘quvchilarning amaliy dasturlash ko‘nikmalari, hisoblash tafakkuri va loyihalar ustida ishlash qobiliyati sezilarli darajada yuqori bo‘lgan. Maqola so‘ngida axborot texnologiyalarini o‘qitishda xorijiy tajribalarni mahalliy ta‘lim tizimiga integratsiya qilish bo‘yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan.*

***Kalit so‘zlar:** axborot texnologiyalari, xorijiy tajriba, hisoblash tafakkuri, STEM ta‘lim, loyihaviy o‘qitish, informatika, raqamli ko‘nikmalar, ta‘lim metodikasi.*

***Аннотация.** В данной статье проанализировано теоретическое и практическое значение использования передового зарубежного опыта в обучении учащихся и студентов информационным технологиям. Обоснованы ограничения традиционного, преимущественно теоретического метода обучения в развитии практических навыков и вычислительного мышления (computational thinking), а также освещён опыт Эстонии, Финляндии, Южной Кореи и других ведущих стран в области преподавания информационных технологий. В рамках исследования проведён педагогический эксперимент, сопоставляющий влияние проектно-практического подхода, основанного на зарубежном опыте, и традиционного теоретического подхода на знания и навыки учащихся. Результаты показывают, что на занятиях, организованных на основе зарубежного опыта, показатели практических навыков*

программирования, вычислительного мышления и умения работать над проектами были значительно выше. В конце статьи приведены практические рекомендации по интеграции зарубежного опыта преподавания информационных технологий в местную систему образования.

Ключевые слова: информационные технологии, зарубежный опыт, вычислительное мышление, STEM-образование, проектное обучение, информатика, цифровые навыки, методика обучения.

Annotation. *This article analyzes the theoretical and practical significance of using advanced foreign experience in teaching information technology to pupils and students. It substantiates the limitations of the traditional, predominantly theory-oriented teaching method in developing practical skills and computational thinking, and highlights the experience of Estonia, Finland, South Korea, and other leading countries in teaching information technology. Within the study, a pedagogical experiment was conducted comparing the impact of a project-based, practice-oriented approach informed by foreign experience with the traditional theoretical approach on learners' knowledge and skills. The results show that in lessons organized on the basis of foreign experience, indicators of practical programming skills, computational thinking, and project-work ability were significantly higher. The article concludes with practical recommendations for integrating foreign experience in teaching information technology into the local education system.*

Keywords: *information technology, foreign experience, computational thinking, STEM education, project-based learning, informatics, digital skills, teaching methodology.*

KIRISH

Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi va axborot texnologiyalarining deyarli barcha ijtimoiy-iqtisodiy sohalarga chuqur singib borishi zamonaviy ta'lim tizimi oldiga malakali, amaliy ko'nikmalarga ega raqamli mutaxassislarni tayyorlash vazifasini qo'ymoqda. Biroq, ko'plab ta'lim muassasalarida axborot texnologiyalari va informatika fanlarini o'qitish hamon asosan nazariy bilimlarni yodlashga asoslangan an'anaviy usulda olib borilmoqda, bu esa o'quvchilarning amaliy dasturlash, loyihalar ustida ishlash va muammolarni hisoblash yo'li bilan hal qilish (computational thinking) ko'nikmalarini yetarli darajada rivojlantirmaydi.

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, axborot texnologiyalarini o'qitishda yetakchi mamlakatlar — xususan Estoniya, Finlyandiya, Janubiy Koreya, Singapur va AQSh — nazariy bilimlarni amaliy loyihaviy faoliyat bilan uyg'unlashtiruvchi, erta yoshdan dasturlash asoslarini o'rgatuvchi va hisoblash tafakkurini rivojlantirishga qaratilgan zamonaviy o'qitish modellarini muvaffaqiyatli joriy etgan. Masalan, Estoniyaning "ProgeTiger" dasturi maktab ta'limining barcha bosqichlarida raqamli va texnologik savodxonlikni tizimli rivojlantirishga qaratilgan bo'lsa, Finlyandiyaning milliy o'quv dasturi hisoblash tafakkurini alohida fan sifatida emas, balki barcha fanlarga integratsiyalashgan yondashuv sifatida shakllantiradi.

O'zbekistonda ta'lim tizimini isloh qilish va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish bo'yicha qabul qilingan davlat dasturlari doirasida axborot texnologiyalarini o'qitish sifatini xalqaro standartlarga moslashtirish muhim vazifa hisoblanadi. Shu sababli, axborot texnologiyalarini o'rgatishda xorijiy ilg'or tajribalarning ahamiyatini ilmiy jihatdan o'rganish va ularni mahalliy sharoitga moslashtirish yo'llarini tadqiq qilish dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — axborot texnologiyalarini o'qitishda yetakchi xorijiy mamlakatlar tajribasini tahlil qilish, ularning o'quvchilar bilim va ko'nikmalariga ta'sirini pedagogik tajriba

asosida baholash hamda ushbu tajribalarni mahalliy ta'lim tizimiga integratsiya qilish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: yetakchi mamlakatlarning axborot texnologiyalarini o'qitish modellarini tavsiflash; an'anaviy va xorijiy tajribaga asoslangan yondashuvlarni qiyosiy tahlil qilish; pedagogik tajriba natijalari asosida ularning samaradorligini baholash; xorijiy tajribalarni joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar shakllantirish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot uchun kompleks metodologik yondashuv qo'llanildi. Birinchidan, Estoniya, Finlyandiya, Janubiy Koreya va AQShning axborot texnologiyalarini o'qitish bo'yicha milliy o'quv dasturlari va me'yoriy hujjatlari, shuningdek hisoblash tafakkuri (computational thinking) nazariyasiga oid xorijiy ilmiy adabiyotlar tizimli tahlil qilindi (kontent-tahlil metodi).

Ikkinchidan, tadqiqotning amaliy qismida pedagogik tajriba o'tkazildi. Bunda umumta'lim maktabining informatika fanini o'rganuvchi ikkita parallel sinfi tanlab olindi: tajriba sinfida darslar xorijiy tajriba asosida — loyihaviy topshiriqlar, blokli va matnli dasturlash mashqlari, jamoaviy ishlar orqali — tashkil etildi, nazorat sinfida esa an'anaviy, asosan nazariy tushuntirish va yakka tartibdagi mashqlarga asoslangan usul qo'llanildi. Tajriba boshida va oxirida ikkala sinfda ham bir xil mezonlar (amaliy dasturlash ko'nikmasi, masala yechish qobiliyati, loyiha ustida ishlash) bo'yicha baholash topshiriqlari o'tkazildi (pedagogik tajriba metodi).

Uchinchidan, olingan natijalar tavsiflovchi statistika yordamida qayta ishlandi va ikkala sinf o'rtasidagi farqlar qiyosiy tahlil qilindi. To'rtinchidan, o'quvchilar va o'qituvchilar orasida so'rovnoma o'tkazilib, xorijiy tajribaga asoslangan darslarga nisbatan qiziqish va motivatsiya darajasi baholandi (so'rovnoma metodi).

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida yetakchi mamlakatlarning axborot texnologiyalarini o'qitish modellari bo'yicha asosiy xususiyatlari aniqlandi va 1-jadvalda umumlashtirildi.

Mamlakat	Asosiy yondashuv	O'ziga xos xususiyati
Estoniya	"ProgeTiger" dasturi	Bog'cha bosqichidan boshlab raqamli savodxonlik va dasturlash asoslari
Finlyandiya	Fanlararo integratsiya	Hisoblash tafakkuri barcha fanlarga singdirilgan
Janubiy Koreya	Majburiy dasturlash ta'limi	O'rta maktabdan boshlab dasturlash fani majburiy
AQSh	"CS for All" tashabbusi	Barcha maktablarda informatika faniga teng kirish imkoniyati

An'anaviy va xorijiy tajribaga asoslangan yondashuvlarning qiyosiy tahlili hamda pedagogik tajriba natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

Mezon	An'anaviy yondashuv (nazorat sinfi)	Xorijiy tajribaga asoslangan yondashuv (tajriba sinfi)
Amaliy dasturlash ko'nikmasi	O'rtacha darajada rivojlangan	Sezilarli darajada yuqori
Hisoblash tafakkuri (masala yechish)	Past-o'rta	Yuqori
Loyiha ustida ishlash qobiliyati	Cheklangan	Rivojlangan
O'quv motivatsiyasi	O'rtacha	Yuqori

Pedagogik tajriba natijalariga ko'ra, xorijiy tajribaga asoslangan usulda o'qitilgan tajriba sinfi o'quvchilarining amaliy dasturlash va masala yechish ko'rsatkichlari tajriba oxirida nazorat sinfiga

nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'lgan. Shuningdek, o'tkazilgan so'rovnomalar natijalariga ko'ra, tajriba sinfi o'quvchilarining aksariyati loyihaviy va amaliy topshiriqlarni nazariy mashqlarga nisbatan qiziqarliroq deb baholagan.

MUHOKAMA

Olingan natijalar xorijiy ilg'or tajribalarning axborot texnologiyalarini o'qitish sifatini oshirishda yuqori salohiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi. Loyihaviy va amaliy yondashuvga asoslangan o'qitish o'quvchilarni nafaqat texnik ko'nikmalar bilan, balki muammoni tahlil qilish, dekompozitsiya qilish va algoritmik yechim topish kabi hisoblash tafakkuriga xos umumiy ko'nikmalar bilan ham qurollantiradi.

Shu bilan birga, xorijiy tajribalarni to'g'ridan-to'g'ri, o'zgarishsiz joriy etish bir qator amaliy qiyinchiliklarga duch kelishi mumkin. Birinchidan, ko'plab xorijiy dasturlar yuqori darajadagi texnik infratuzilma (har bir o'quvchi uchun kompyuter yoki planshet, barqaror internet aloqasi) mavjudligini taqozo etadi, bu esa barcha ta'lim muassasalarida bir xilda ta'minlanmasligi mumkin. Ikkinchidan, o'qituvchilarning zamonaviy dasturlash vositalari va loyihaviy o'qitish metodikasi bo'yicha maxsus tayyorgarligi talab etiladi. Uchinchidan, xorijiy o'quv dasturlarini mahalliy ta'lim standartlari, til va madaniy xususiyatlarga moslashtirish zarurati mavjud.

Tadqiqot natijalari Wing, Grover va Pea, shuningdek Estoniya va Finlyandiya ta'lim tizimlariga oid xorijiy tadqiqotlarda ilgari surilgan xulosalar bilan mos keladi: hisoblash tafakkurini erta yoshdan, amaliy va loyihaviy faoliyat orqali rivojlantirish uzoq muddatli istiqbolida o'quvchilarning raqamli va umumintellektual salohiyatini sezilarli darajada oshiradi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, axborot texnologiyalarini o'qitishda faqat nazariy bilimga asoslangan an'anaviy yondashuv o'quvchilarning amaliy ko'nikmalari va hisoblash tafakkurini yetarli darajada rivojlantira olmaydi, bu esa yetakchi xorijiy mamlakatlar tajribasini o'rganish va joriy etish zaruriyatini kuchaytiradi.

Ikkinchidan, Estoniya, Finlyandiya, Janubiy Koreya va AQSh kabi mamlakatlarning loyihaviy-amaliy va fanlararo integratsiyalashgan yondashuvlari o'quvchilarning amaliy dasturlash, muammo yechish va jamoaviy loyihalar ustida ishlash ko'nikmalarini sezilarli darajada rivojlantirishi pedagogik tajriba natijalari bilan ham tasdiqlangan.

Uchinchidan, xorijiy tajribalarni muvaffaqiyatli joriy etish tegishli texnik infratuzilmani rivojlantirish, o'qituvchilarning malakasini oshirish va o'quv dasturlarini mahalliy sharoitga moslashtirishni talab qiladi.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ta'kidlash mumkin: informatika va axborot texnologiyalari o'quv dasturlariga hisoblash tafakkuri elementlarini boshlang'ich sinflardan bosqichma-bosqich joriy etish; darslarda loyihaviy va amaliy topshiriqlar ulushini oshirish; o'qituvchilarni xorijiy ta'lim dasturlari va xalqaro almashinuv loyihalari orqali malaka oshirishga jalb qilish; maktablarda zamonaviy texnik infratuzilmani rivojlantirishga alohida e'tibor qaratish. Kelgusi tadqiqotlarda sun'iy intellekt asosidagi ta'lim vositalarining xorijiy tajribalar bilan integratsiyasini o'rganish istiqbolli yo'nalish bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Wing J.M. Computational Thinking // Communications of the ACM. – 2006. – Vol. 49, No. 3. – P. 33–35.

2. Grover S., Pea R. Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field // Educational Researcher. – 2013. – Vol. 42, No. 1. – P. 38–43.
3. Estonian Ministry of Education and Research. ProgeTiger Programme: Digital and Technology Education in Estonian Schools. – Tallinn: HITSA, 2023.
4. Republic of Korea, Ministry of Education. Software Education Curriculum Guidelines. – Sejong: Ministry of Education, 2023.
5. Finnish National Agency for Education. National Core Curriculum for Basic Education: ICT Competence. – Helsinki: Opetushallitus, 2021.
6. Code.org, CSTA, ACM. K-12 Computer Science Framework. – Washington, D.C.: CSTA, 2016.
7. OECD. Education at a Glance: Digital Skills and Education Report. – Paris: OECD Publishing, 2023.
8. Rasulova D.Sh. Zamonaviy axborot texnologiyalarini o'qitishda xorijiy tajribalardan foydalanish // Toshkent davlat pedagogika universiteti ilmiy-metodik jurnali. – 2022. – №4. – B. 70–76.
9. Nematov B.A., Yusupova Sh.R. Maktablarda informatika fanini o'qitishning zamonaviy metodlari va xorijiy tajriba // O'zbekiston Respublikasi Xalq ta'limi vazirligi ilmiy-uslubiy jurnali. – 2023. – №3. – B. 55–62.
10. Karimova N.T. Axborot texnologiyalarini o'qitish metodikasi: o'quv qo'llanma. – Toshkent: TDTU nashriyoti, 2021. – 196 b.

DASTURIY TA'MINOTNI AVTOMATIK TESTLASHDA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Orolova Dilnavoz Sodiq qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada an'anaviy avtomatlashtirilgan testlashning asosiy cheklovlari — qo'lda yozilgan test holatlarining cheklangan qamrovi va interfeys o'zgarishlariga nisbatan beqarorligi (test brittleness) — yoritilgan hamda ularni bartaraf etishga qaratilgan uchta sun'iy intellekt asosidagi yondashuv, ya'ni test holatlarini avtomatik generatsiya qilish (AI-based test case generation), o'z-o'zini tuzatuvchi test skriptlari (self-healing test automation) va vizual regressiya testlash (AI-based visual testing) nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot uchun ochiq manbali veb-ilova (test uchun maxsus moslashtirilgan elektron tijorat platformasi) ustida amaliy eksperiment o'tkazilgan bo'lib, an'anaviy Selenium asosidagi test to'plami va sun'iy intellekt vositalari (o'z-o'zini tuzatish moduli bilan boyitilgan) bilan qurilgan test to'plami 15 ta ketma-ket dastur versiyasi (interfeys o'zgarishlari kiritilgan holda) ustida sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, sun'iy intellekt asosidagi test to'plami interfeys o'zgarishlari tufayli buzilgan testlar sonini 71 foizga kamaytirgan, testlarni qo'lda qayta yozishga sarflanadigan vaqtni esa 64 foizga qisqartirgan. Shu bilan birga, AI asosida generatsiya qilingan qo'shimcha test holatlari an'anaviy qo'lda yozilgan testlar qamrab olmagan 18 ta yangi xatoni aniqlashga yordam bergan. Maqola*

yakunida sun'iy intellekt vositalarini dasturiy ta'minot testlash jarayoniga integratsiya qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: dasturiy ta'minot testlash, sun'iy intellekt, avtomatlashtirilgan testlash, o'z-o'zini tuzatuvchi testlar, vizual testlash, dasturiy ta'minot sifati, test qamrovi.

Annotation. The article examines the main limitations of traditional automated testing — the limited coverage of manually written test cases and their instability (test brittleness) with respect to interface changes — and theoretically and practically analyzes three AI-based approaches aimed at addressing them: AI-based test case generation, self-healing test automation, and AI-based visual regression testing. For the study, a practical experiment was conducted on an open-source web application (an e-commerce platform specifically adapted for testing), comparing a traditional Selenium-based test suite with an AI-enhanced test suite (incorporating a self-healing module) across 15 consecutive application versions (with interface changes introduced). The results show that the AI-based test suite reduced the number of tests broken due to interface changes by 71 percent and reduced the time spent manually rewriting tests by 64 percent. Additionally, the AI-generated supplementary test cases helped identify 18 new bugs not covered by the traditional manually written tests. The article concludes with practical recommendations for integrating AI tools into the software testing process.

Key words: software testing, artificial intelligence, automated testing, self-healing tests, visual testing, software quality, test coverage.

Аннотация. В статье рассмотрены основные ограничения традиционного автоматизированного тестирования — ограниченное покрытие вручную написанных тестовых сценариев и их нестабильность (test brittleness) по отношению к изменениям интерфейса, — а также теоретически и практически проанализированы три подхода на основе ИИ, направленные на их устранение: автоматическая генерация тестовых сценариев на основе ИИ, самовосстанавливающаяся автоматизация тестов (self-healing test automation) и визуальное регрессионное тестирование на основе ИИ. Для исследования проведён практический эксперимент на веб-приложении с открытым исходным кодом (платформе электронной коммерции, специально адаптированной для тестирования), в ходе которого традиционный набор тестов на основе Selenium сравнивался с набором тестов, дополненным ИИ (включая модуль самовосстановления), на 15 последовательных версиях приложения (с внесёнными изменениями интерфейса). Результаты показывают, что набор тестов на основе ИИ снизил количество тестов, сломанных из-за изменений интерфейса, на 71%, а время, затрачиваемое на ручную переработку тестов, — на 64%. Кроме того, дополнительные тестовые сценарии, сгенерированные ИИ, помогли выявить 18 новых ошибок, не охваченных традиционными вручную написанными тестами. В заключение статьи даны практические рекомендации по интеграции инструментов ИИ в процесс тестирования программного обеспечения.

Ключевые слова: тестирование программного обеспечения, искусственный интеллект, автоматизированное тестирование, самовосстанавливающиеся тесты, визуальное тестирование, качество программного обеспечения, покрытие тестами.

KIRISH

Dasturiy ta'minot sifatini ta'minlashda avtomatlashtirilgan testlash muhim rol o'ynaydi, chunki u qo'lda testlashga nisbatan tezroq, takrorlanuvchan va kengroq qamrovga ega natijalar berish imkonini beradi. Biroq an'anaviy avtomatlashtirilgan testlash usullari (masalan, Selenium yoki Appium kabi vositalar asosida yozilgan qat'iy skriptlar) bir qator jiddiy amaliy cheklovlarga ega: ular foydalanuvchi interfeysidagi kichik o'zgarishlarga (masalan, elementning ID atributi yoki joylashuvi o'zgarishi) juda sezgir bo'lib, bunday o'zgarishlar sodir bo'lganda testlar "buzilib" qoladi va ularni qo'lda qayta yozish talab etiladi.

Bu muammo, ayniqsa tez rivojlanuvchi (agile) dasturiy ta'minot ishlab chiqarish jarayonlarida, sezilarli vaqt va resurs yo'qotishlariga olib keladi, chunki test skriptlarini qo'llab-quvvatlash xarajatlari dasturiy mahsulotning o'sishi bilan proporsional ravishda ortib boradi. So'nggi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalari, xususan mashinali o'qitish va kompyuter ko'rishi, bu muammolarni hal etishning istiqbolli vositasi sifatida ko'rib chiqilmoqda.

Tadqiqotning maqsadi — dasturiy ta'minotni avtomatik testlash jarayonida sun'iy intellekt texnologiyalarining amaliy samaradorligini, xususan test barqarorligi, vaqt tejash va xatolarni aniqlash qamrovi nuqtai nazaridan, empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) an'anaviy avtomatlashtirilgan testlashning asosiy cheklovlarini yoritish; 2) sun'iy intellekt asosidagi asosiy testlash yondashuvlarini tavsiflash; 3) an'anaviy va SI-boyitilgan test to'plamlarini amaliy eksperiment orqali qiyoslash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun ochiq manbali, test maqsadlarida moslashtirilgan elektron tijorat veb-ilovasi ("SauceDemo" uslubidagi test platformasi) tanlab olindi. Ilova uchun 40 ta funksional test holatidan iborat ikkita test to'plami tuzildi: birinchisi an'anaviy Selenium WebDriver asosida, statik elementlarni aniqlovchi (locator) qat'iy qoidalar bilan; ikkinchisi xuddi shu funksional qamrovga ega, ammo AI-based self-healing moduli (elementlarni identifikatsiya qilishda bir nechta alternativ strategiyalarni, jumladan vizual va semantik o'xshashlikni, qo'llovchi) bilan boyitilgan.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat bo'ldi:

1) bazaviy sinov — ikkala test to'plamini ilovaning boshlang'ich versiyasida ishga tushirish va ularning ishlashini tasdiqlash;

2) evolyutsion sinov — ilovaning 15 ta ketma-ket versiyasini, har birida turli darajadagi interfeys o'zgarishlari (elementlar ID'sining o'zgarishi, joylashuvning siljishi, dizayn yangilanishi) kiritilgan holda, yaratish va har ikkala test to'plamini har bir versiyada ishga tushirish;

3) qo'shimcha xato aniqlash sinovi — AI-based test case generation vositasi yordamida qo'shimcha, avtomatik generatsiya qilingan test holatlarini yaratish va ularning an'anaviy qo'lda yozilgan testlar qamrab olmagan yangi xatolarni aniqlash qobiliyatini baholash.

Har bir versiyada "buzilgan" (interfeys o'zgarishi tufayli muvaffaqiyatsiz yakunlangan) testlar soni, testlarni qayta ishga tushirish uchun qo'lda tuzatishga sarflangan vaqt hamda aniqlangan yangi xatolar soni qayd etildi.

NATIJALAR

15 ta versiya davomida an'anaviy Selenium test to'plamida jami 187 ta test "buzilishi" (interfeys o'zgarishi tufayli muvaffaqiyatsiz yakunlanish) qayd etildi. AI-based self-healing moduli bilan boyitilgan test to'plamida esa bunday buzilishlar soni atigi 54 tani tashkil etdi, bu 71 foizlik kamayishni bildiradi. Self-healing moduli asosan elementning vizual va semantik xususiyatlarini

(masalan, tugma matni, nisbiy joylashuvi) tahlil qilib, uning ID'si o'zgargan taqdirda ham to'g'ri elementni topishga muvaffaq bo'ldi.

Testlarni qo'lda qayta tuzatishga sarflangan vaqt bo'yicha an'anaviy to'plam uchun jami taxminan 46 soat, AI-boyitilgan to'plam uchun esa taxminan 16,6 soat sarflandi, bu 64 foizlik vaqt tejashni tashkil etdi. Bu tejalgan vaqt sifat ta'minoti mutaxassislarining yangi funksionallik uchun test yozish yoki murakkabroq stsenariylarni tekshirishga qaratilishi mumkin.

AI-based test case generation vositasi yordamida yaratilgan qo'shimcha test holatlari (foydalanuvchi interfeysini avtomatik o'rganish va odatiy bo'lmagan foydalanuvchi harakatlari ketma-ketligini simulyatsiya qilish orqali) an'anaviy qo'lda yozilgan testlar aniqlamagan 18 ta yangi xatoni (asosan chekka holatlar — edge cases va noodatiy foydalanuvchi harakatlari ketma-ketligiga oid xatolarni) aniqlashga yordam berdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar sun'iy intellekt texnologiyalarining dasturiy ta'minot testlashning ikki muhim jihati — test barqarorligi va test qamrovi — bo'yicha sezilarli amaliy samaradorlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa dasturiy ta'minot muhandisligi sohasidagi so'nggi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham AI-based testlash vositalari an'anaviy skript asosidagi avtomatlashtirishning eng jiddiy amaliy muammosi — yuqori texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini — sezilarli darajada kamaytirishi qayd etilgan.

Test buzilishlarining 71 foizga kamayishi va vaqt tejashning 64 foizga yetishi amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega, chunki dasturiy ta'minot ishlab chiqarish jarayonida sifat ta'minoti jamoalarining sezilarli qismi vaqti aynan buzilgan testlarni tuzatishga sarflanadi. Bu resurslarning bo'shatilishi jamoalarga ko'proq strategik vazifalarga, masalan yangi test stsenariylarini loyihalash yoki murakkab integratsion testlarni yaratishga, e'tibor qaratish imkonini beradi.

Shu bilan birga, AI-based testlash vositalarining ba'zi cheklovlari ham e'tiborga loyiq: self-healing mexanizmi ba'zan noto'g'ri elementni "to'g'ri" deb aniqlashi mumkin (ya'ni haqiqiy interfeys nosozligini yashirib qo'yishi mumkin), shu sababli bunday tizimlarning qarorlarini davriy ravishda inson tomonidan tekshirib turish tavsiya etiladi. Amaliy nuqtai nazardan, sun'iy intellekt asosidagi testlash vositalarini to'liq avtonom yechim sifatida emas, balki sifat ta'minoti mutaxassislarining ish samaradorligini oshiruvchi yordamchi vosita sifatida qo'llash maqsadga muvofiqdir.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Sun'iy intellekt asosidagi self-healing testlash vositalari interfeys o'zgarishlari tufayli buzilgan testlar sonini 71 foizga kamaytiradi.
2. AI-boyitilgan test to'plamlari testlarni qo'lda qayta tuzatishga sarflanadigan vaqtni 64 foizga qisqartiradi, bu sifat ta'minoti resurslarini boshqa vazifalarga yo'naltirish imkonini beradi.
3. AI-based test case generation vositalari an'anaviy qo'lda yozilgan testlar qamrab olmagan qo'shimcha xatolarni, ayniqsa chekka holatlarga oid xatolarni, aniqlashga yordam beradi.
4. Sun'iy intellekt asosidagi testlash vositalarining qarorlari (masalan, self-healing tomonidan aniqlangan elementlar) davriy inson nazorati ostida bo'lishi kerak, chunki bunday vositalar ba'zan haqiqiy interfeys nosozliklarini yashirib qo'yishi mumkin.

5. Sun'iy intellekt vositalarini dasturiy ta'minot testlash jarayoniga to'liq avtonom yechim sifatida emas, balki mutaxassislar ish samaradorligini oshiruvchi yordamchi vosita sifatida integratsiya qilish eng maqbul strategiya hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот сифатини таъминлашда автоматлаштирилган тестлаш усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №1. — Б. 62–70.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида сунъий интеллект технологияларининг қўлланилиши // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.
5. Zhu H., Hall P.A.V., May J.H.R. Software Unit Test Coverage and Adequacy // ACM Computing Surveys. — 1997. — Vol. 29, No. 4. — P. 366–427.
6. Bajammal M., Stocco A., Mesbah A., Antoniol G. A Survey on Testing for Web Applications with a Focus on GUI Testing // ACM Computing Surveys. — 2020. — Vol. 54, No. 4. — P. 1–37.
7. Hammoudi M., Rothermel G., Tonella P. Why Do Record/Replay Tests of Web Applications Break? // IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST). — 2016. — P. 180–190.
8. Leotta M., Clerissi D., Ricca F., Spadaro C. Comparing the Maintainability of Selenium WebDriver Test Suites Employing Different Locators: A Case Study // Proceedings of the Workshop on Joining AcadeMiA and Industry Contributions to Testing Automation. — 2013. — P. 53–58.
9. Alégroth E., Feldt R. On the Long-Term Use of Visual GUI Testing in Industrial Practice: A Case Study // Empirical Software Engineering. — 2017. — Vol. 22, No. 6. — P. 2937–2971.
10. Durelli V.H.S., Durelli R.S., Borges S.S. et al. Machine Learning Applied to Software Testing: A Systematic Mapping Study // IEEE Transactions on Reliability. — 2019. — Vol. 68, No. 3. — P. 1189–1212.

TARMOQ TRAFIGINI TAHLIL QILISH ASOSIDA ANOMAL FAOLIYATNI ANIQLASH MODELI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Berdiyev Bexruz Bahodirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada NetFlow uslubidagi tarmoq trafigi ma'lumotlaridan foydalangan holda anomaliyalarni aniqlashning nazoratsiz (unsupervised) o'qitish usullari — statistik chegara asosidagi usul, Izolyatsiya o'rmoni (Isolation Forest), Bitta Sinfli Tayanch Vektor Mashinasi (One-Class SVM) va avtoenkoder asosidagi chuqur o'qitish modeli — nazariy va amaliy jihatdan qiyosiy tahlil qilingan. Nazoratsiz usullarning tanlanishi ularning oldindan belgilangan hujum turlariga bog'liq bo'lmagan holda, tarmoqning "normal" xatti-harakatidan chetlanishlarni aniqlash

imkoniyati bilan asoslangan. Tadqiqot uchun CICIDS2017 ochiq ma'lumotlar to'plamidan olingan tarmoq trafifi asosida 12 ta agregatlangan xususiyat (oqim davomiyligi, paketlar chastotasi, bayt hajmi, bayroqlar taqsimoti va boshqalar) hisoblab chiqilgan va to'rt model shu xususiyatlar asosida sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, avtoenkoder asosidagi model boshqa usullarga nisbatan eng yuqori aniqlikka (AUC — 0,94) erishgan, ayniqsa past intensivlikdagi va sekin rivojlanuvchi (low-and-slow) anomaliyalarni aniqlashda sezilarli ustunlikka ega bo'lgan, biroq eng yuqori hisoblash resursi va o'qitish vaqtini talab qilgan. Maqola yakunida tarmoq monitoring tizimlarida turli o'lchamdagi tashkilotlar uchun mos anomaliyani aniqlash usulini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: tarmoq trafifi, anomaliyani aniqlash, nazoratsiz o'qitish, avtoenkoder, kiberxavfsizlik, tarmoq monitoringi, NetFlow.

Annotation. The article theoretically and practically compares unsupervised learning methods for anomaly detection using NetFlow-style network traffic data — a statistical threshold-based method, Isolation Forest, One-Class Support Vector Machine (One-Class SVM), and an autoencoder-based deep learning model. The choice of unsupervised methods is justified by their ability to detect deviations from the network's "normal" behavior without depending on predefined attack types. For the study, 12 aggregated features (flow duration, packet frequency, byte volume, flag distribution, and others) were computed from network traffic in the open CICIDS2017 dataset, and the four models were tested on these features. The results show that the autoencoder-based model achieved the highest accuracy (AUC — 0.94) among the compared methods, showing a particular advantage in detecting low-and-slow anomalies, though it required the highest computational resources and training time. The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate anomaly detection method for organizations of different sizes in network monitoring systems.

Key words: network traffic, anomaly detection, unsupervised learning, autoencoder, cybersecurity, network monitoring, NetFlow.

Аннотация. В статье теоретически и практически сопоставлены методы обучения без учителя для обнаружения аномалий с использованием данных сетевого трафика в формате NetFlow — метод на основе статистического порога, изоляционный лес (Isolation Forest), одноклассовый метод опорных векторов (One-Class SVM) и модель глубокого обучения на основе автоэнкодера. Выбор методов без учителя обоснован их способностью обнаруживать отклонения от "нормального" поведения сети независимо от заранее заданных типов атак. Для исследования на основе сетевого трафика из открытого набора данных CICIDS2017 были вычислены 12 агрегированных признаков (продолжительность потока, частота пакетов, объём в байтах, распределение флагов и другие), и четыре модели протестированы на этих признаках. Результаты показывают, что модель на основе автоэнкодера достигла наивысшей точности (AUC — 0,94) среди сравниваемых методов, продемонстрировав особое преимущество при обнаружении низкоинтенсивных и медленно развивающихся (low-and-slow) аномалий, однако потребовала наибольших вычислительных ресурсов и времени обучения. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящего метода обнаружения аномалий для организаций разного масштаба в системах сетевого мониторинга.

Ключевые слова: сетевой трафик, обнаружение аномалий, обучение без учителя, автоэнкодер, кибербезопасность, сетевой мониторинг, NetFlow.

KIRISH

Zamonaviy korporativ va davlat tarmoqlarida kunlik o'tuvchi ma'lumotlar hajmining ortishi bilan tarmoq trafiginin qo'lda kuzatish va tahlil qilish amaliy jihatdan imkonsiz bo'lib qolmoqda. Shu bilan birga, kiberhujumlarning ko'plab turlari (ma'lumotlarni o'g'irlash, botnet faolligi, ichki tahdidlar) o'zini avvaldan ma'lum bo'lgan imzo yoki naqsh sifatida namoyon qilmasligi mumkin, bu esa an'anaviy qoidaga asoslangan tizimlarning bunday tahdidlarni o'tkazib yuborish xavfini oshiradi.

Nazoratsiz (unsupervised) mashinali o'qitish usullari, aksincha, oldindan belgilangan hujum turlariga bog'liq bo'lmasdan, faqat tarmoqning "normal" xatti-harakati asosida o'qitilib, undan sezilarli chetlanishlarni anomaliya sifatida belgilash imkonini beradi. Bu yondashuv, ayniqsa yangi va noma'lum tahdid turlarini aniqlashda, muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — tarmoq trafigi asosida anomal faoliyatni aniqlashda qo'llaniladigan asosiy nazoratsiz o'qitish usullarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish hamda turli tashkiliy sharoitlar uchun mos usulni tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) tarmoq anomaliyasini aniqlashda qo'llaniladigan asosiy nazoratsiz usullarni tavsiflash; 2) tanlangan usullarni ochiq ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazish; 3) modellarning samaradorligini turli mezonlar bo'yicha baholash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun CICIDS2017 ochiq ma'lumotlar to'plamidan foydalanildi, undan "normal" (odatiy) trafik oqimlari o'qitish uchun, turli hujum turlarini (DDoS, portlarni skanerlash, brute-force, infiltratsiya) o'z ichiga olgan oqimlar esa faqat sinov bosqichida baholash uchun ajratildi. Har bir tarmoq oqimi (flow) uchun 12 ta agregatlangan xususiyat hisoblandi: oqim davomiyligi, yuborilgan/qabul qilingan paketlar soni, o'rtacha paket hajmi, bayt hajmi, paketlar orasidagi vaqt oralig'i (inter-arrival time) statistikasi, TCP bayroqlari taqsimoti, port raqami toifasi va boshqalar.

Tahlil uchun quyidagi to'rtta nazoratsiz o'qitish usuli tanlab olindi va Python tilida scikit-learn va TensorFlow kutubxonalari yordamida modellashtirildi:

1) statistik chegara asosidagi usul — har bir xususiyat uchun o'rtacha qiymat va standart chetlanish asosida chegara (threshold) belgilash orqali anomaliyalarni aniqlovchi bazaviy usul;

2) Izolyatsiya o'rmoni (Isolation Forest) — daraxt tuzilmalariga asoslangan, anomal nuqtalarni "tezroq izolyatsiya qilinishi" mumkinligi tamoyiliga tayanuvchi usul;

3) Bitta sinfli tayanch vektor mashinasi (One-Class SVM) — "normal" ma'lumotlar atrofida chegara chizig'ini quruvchi va undan tashqaridagi nuqtalarni anomaliya deb belgilovchi usul;

4) avtoenkoder — "normal" trafik naqshlarini siqib, so'ngra qayta tiklashga o'rgatilgan neyron tarmoq, katta rekonstruksiya xatosiga ega yozuvlar anomaliya sifatida belgilanadi.

Barcha modellar faqat "normal" trafik namunalarida o'qitildi, so'ngra aralash (normal + hujum) sinov to'plamida baholandi. Modellarning samaradorligi precision, recall, F1-ko'rsatkich, ROC-AUC hamda o'qitish va aniqlash vaqti (hisoblash samaradorligi mezoni sifatida) asosida o'lchandi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tajriba natijasida modellarning ROC-AUC ko'rsatkichlari quyidagicha bo'ldi: statistik chegara usuli — 0,79, One-Class SVM — 0,86, Isolation Forest — 0,89, avtoenkoder — 0,94. Avtoenkoder barcha mezonlar (precision — 0,91, recall — 0,90, F1 — 0,905) bo'yicha eng yuqori va barqaror natijani ko'rsatdi.

Anomaliya turlari bo'yicha batafsil tahlil shuni ko'rsatdiki, yuqori intensivlikdagi va aniq ko'rinuvchi anomaliyalar (masalan, DDoS hujumlari) barcha to'rt usul tomonidan ham nisbatan yuqori aniqlik bilan ($AUC > 0,85$) aniqlangan. Biroq past intensivlikdagi va sekin rivojlanuvchi (low-and-slow) anomaliyalar, masalan sekin portlarni skanerlash yoki uzoq muddatli ma'lumotlarni sizib chiqarish urinishlari, bo'yicha statistik va Isolation Forest usullarining samaradorligi sezilarli pasaydi ($AUC\ 0,65-0,72$ oralig'ida), avtoenkoder esa bunday holatlarda ham nisbatan yuqori ($AUC\ —\ 0,88$) natija ko'rsatdi.

Hisoblash resurslari va vaqt bo'yicha esa teskari tendensiya kuzatildi: statistik usul eng tezkor (o'qitish — bir necha soniya) bo'lsa, avtoenkoderni o'qitish sezilarli ko'proq vaqt (o'rtacha 45 daqiqa) va hisoblash resursini talab qildi. Isolation Forest va One-Class SVM oraliq pozitsiyani egalladi, ular nisbatan tezkor o'qitilgan (bir necha daqiqa) holda o'rtacha aniqlik ko'rsatdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar avtoenkoder kabi chuqur o'qitishga asoslangan usullarning tarmoq anomaliyalarini, ayniqsa murakkab va sekin rivojlanuvchi turlarini, aniqlashda an'anaviy statistik va oddiy mashinali o'qitish usullariga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa tarmoq xavfsizligi sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham chuqur o'qitish modellarining murakkab, chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni o'rganish qobiliyati anomaliyani aniqlash sifatini oshirishning asosiy omili sifatida qayd etilgan.

Shu bilan birga, hisoblash resurslariga bo'lgan yuqori talab avtoenkoder kabi usullarni barcha tashkilotlar uchun bir xilda maqbul qilmaydi — kichik tashkilotlar yoki cheklangan infratuzilmaga ega muassasalar uchun Isolation Forest kabi nisbatan yengil, ammo yetarlicha samarali usullar maqbulroq bo'lishi mumkin, yirik korxonalar va davlat tarmoqlari uchun esa avtoenkoderning yuqori aniqligi qo'shimcha investitsiyalarni oqlashi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar gibril arxitekturani, ya'ni birinchi bosqichda tezkor va yengil usul (masalan, Isolation Forest) orqali dastlabki filtrlash, so'ngra shubhali deb topilgan trafikni chuqurroq tahlil qiluvchi avtoenkoder modeliga yo'naltirish orqali resurslarni oqilona taqsimlashni tavsiya etadi. Bunday ikki bosqichli yondashuv real vaqt talablari bilan aniqlik talablari o'rtasidagi muvozanatni ta'minlashga xizmat qiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Avtoenkoder asosidagi model tarmoq anomaliyalarini aniqlashda barcha to'rt usul orasida eng yuqori aniqlikka ($AUC\ —\ 0,94$) erishadi.
2. Avtoenkoder ayniqsa past intensivlikdagi va sekin rivojlanuvchi anomaliyalarni aniqlashda boshqa usullarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega.
3. Hisoblash resurslariga bo'lgan talab aniqlik bilan teskari proporsional bog'liq — Isolation Forest va One-Class SVM tezkor, ammo o'rtacha aniqlikni, avtoenkoder esa yuqori aniqlikni, ammo ko'proq resursni talab qiladi.
4. Tashkilot hajmi va resurs imkoniyatlariga qarab mos usulni tanlash amaliy jihatdan muhim, universal "eng yaxshi" yechim mavjud emas.
5. Yengil dastlabki filtrlash va chuqur tahlilni birlashtiruvchi ikki bosqichli gibril arxitektura resurslarni oqilona taqsimlash va aniqlik-tezlik muvozanatini ta'minlashning maqbul strategiyasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Компьютер тармоқларида кибертаҳдидларни аниқлашнинг интеллектуал усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 33–41.
4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнали. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. Sharafaldin I., Lashkari A.H., Ghorbani A.A. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP). — 2018. — P. 108–116.
6. Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.-H. Isolation Forest // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). — 2008. — P. 413–422.
7. Schölkopf B., Platt J.C., Shawe-Taylor J., Smola A.J., Williamson R.C. Estimating the Support of a High-Dimensional Distribution // Neural Computation. — 2001. — Vol. 13, No. 7. — P. 1443–1471.
8. Sakurada M., Yairi T. Anomaly Detection Using Autoencoders with Nonlinear Dimensionality Reduction // Proceedings of the MLSDA Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis. — 2014. — P. 4–11.
9. Ahmed M., Mahmood A.N., Hu J. A Survey of Network Anomaly Detection Techniques // Journal of Network and Computer Applications. — 2016. — Vol. 60. — P. 19–31.
10. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly Detection: A Survey // ACM Computing Surveys. — 2009. — Vol. 41, No. 3. — P. 1–58.

VIN/QR ASOSIDAGI MOBIL INVENTARIZATSIYADA MA'LUMOTLAR YAXLITLIGINI TA'MINLASH MODELI

Dexqonov Tavakkaljon Alimjonovich
“UzAutoMotors” AJ, Asaka, O'zbekiston
tavakkaljon.dehqonov@uzautomotors.com

Annotatsiya. Maqolada VIN/QR asosidagi mobil inventarizatsiya uchun ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash modeli taklif etiladi. Korxonaning Kayzen taqdimotidagi funksiyalar asosida identifikatorni tekshirish, sanoq sessiyasida takrorlanishni cheklash va oflayn yozuvlarni server bilan muvofiqlashtirish talablari shakllantiriladi. Modelning tekshirish qoidalari va sinov mezonlari keltiriladi. Taklif etilgan mexanizmlar uchun tajribaviy natijalar hali olinmagan.

Kalit so'zlar: VIN, QR-kod, inventarizatsiya, ma'lumotlar yaxlitligi, oflayn rejim, sinxronlashtirish, takroriy yozuv.

Abstract. This paper proposes a data integrity model for VIN/QR-based mobile inventory. Functions documented in a company Kaizen presentation inform requirements for identifier validation, duplicate control within an inventory session, and synchronization of offline records. Validation rules and test criteria are specified. The proposed mechanisms have not yet been experimentally evaluated.

Keywords: VIN, QR code, inventory, data integrity, offline mode, synchronization, duplicate record.

Аннотация. Предлагается модель обеспечения целостности данных при мобильной инвентаризации на основе VIN/QR. На основе функций, представленных в корпоративной презентации кайдзен-группы, сформулированы требования к проверке идентификаторов, исключению повторного учёта в рамках сессии и синхронизации автономных записей. Приведены правила проверки и критерии испытаний. Экспериментальная оценка предложенных механизмов пока не проведена.

Ключевые слова: VIN, QR-код, инвентаризация, целостность данных, автономный режим, синхронизация, повторная запись.

KIRISH

Sanoatdagi axborot-kommunikatsiya tizimlarida mobil qurilma orqali kodni o'qish inventarizatsiya ma'lumotlarini kiritishni yengillashtiradi. Biroq obyektning takror o'qilishi, aloqa uzilishi yoki noto'g'ri ombor ro'yxati tanlanishi yakuniy hisobga ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli kodni tanish bilan birga yozuvning obyekt va sanoq sessiyasiga tegishlilikini nazorat qilish talab etiladi.

Ishning maqsadi — mavjud mobil inventarizatsiya tajribasiga tayangan holda qayta o'qish va qayta yuborish sharoitida hisob izchilligini saqlash uchun konseptual model ishlab chiqish. Maqola yangi dastur sinovi haqidagi hisobot emas; unda ma'lumotlar modeli, qabul qilish shartlari va kelgusidagi tekshirish ssenariylari taklif etiladi.

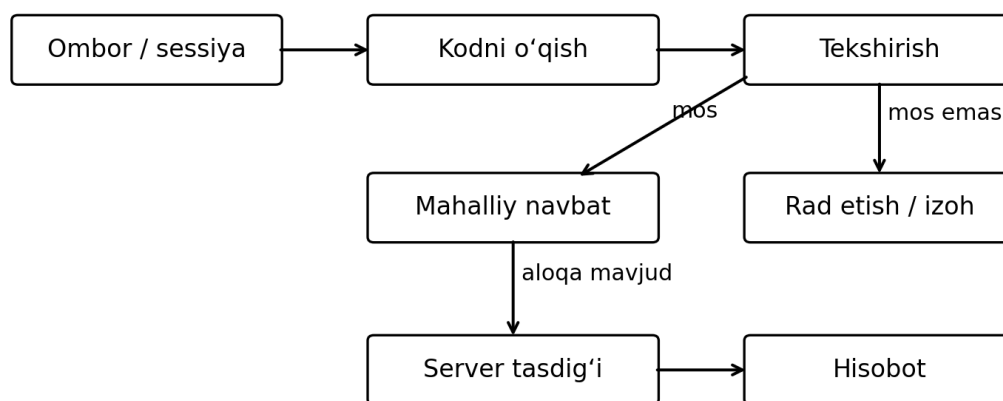
MANBA VA LOYIHALASH CHEGARALARI

Tahlil uchun "Production Automation" Kayzen guruhining asosiy vositalar va tayyor mahsulotlar inventarizatsiyasini avtomatlashtirish bo'yicha taqdimotidan foydalanildi [1]. Unda Active Directory orqali kirish, ombor ro'yxatini yuklash, QR-kodlarni o'qish, ro'yxatdan tashqari obyekt haqida xato ko'rsatish va veb hisobotlarni shakllantirish tasvirlangan. Alohida mobil oynada VIN shtrix-kodi bo'yicha avtomobil ma'lumotlarini olish ko'rsatilgan.

Manbada onlayn/oflayn ishlash qayd etilgan, lekin takroriy so'rovlarni qayta ishlash algoritmi, server tasdig'ining formati va parallel qurilmalar ziddiyatini hal qilish tartibi berilmagan. Shu sababli quyidagi arxitektura mavjud tizimning tasdiqlangan ichki tuzilmasi emas, uni rivojlantirish uchun taklif etilayotgan muhandislik modelidir. Oldingi va keyingi davrlarning umumiy samaradorlik raqamlari mazkur modelning sinov natijasi sifatida ishlatilmaydi.

Taklif etilayotgan ishlov berish arxitekturasini

Modelda skaner, tekshirish moduli, mahalliy navbat, server qabul qilish xizmati va hisobot qismi ajratiladi. Foydalanuvchi vakolatli sessiyani ochadi va ombor ro'yxatining versiyasini yuklaydi. Skaner natijasi tekshirilgandan keyingina mahalliy navbatga yoziladi. Server tasdig'i olinmagan yozuv foydalanuvchiga yuborilgan sifatida ko'rsatilmaydi. Hisobot esa tasdiqlangan noyob obyektlar bo'yicha tuziladi.



1-rasm. Taklif etilayotgan tekshirish va sinxronlashtirish modeli.

Mahalliy qurilmadagi qabul qilingan yozuv va serverda tasdiqlangan yozuv ikki xil holat sifatida yuritiladi. Aloqa bo'lmasa, operator sanoqni mahalliy davom ettirishi mumkin; ammo umumiy hisobotda qurilmaning oxirgi sinxronlash vaqti va yuborilmagan yozuvlar soni ko'rsatilishi kerak. Bu qisman yig'ilgan ma'lumotni yakuniy inventarizatsiya natijasi deb qabul qilishning oldini olishga xizmat qiladi.

VIN avtomobil identifikatori, QR esa ma'lumot tashuvchi kod shaklidir. NHTSA VINni 17 belgili identifikator sifatida tavsiflaydi [2]. QR-kodning o'qish va xatoni tuzatish xususiyatlari DENSO WAVE manbasida yoritilgan [3]. Ushbu xususiyatlar hisobdagi obyektga tegishlilikni tasdiqlamaydi; bu vazifa korxonaning ma'lumotlar bazasi bilan solishtirish orqali bajariladi.

Ma'lumotlar modeli va qabul qilish qoidalari

Har bir skanerlash hodisasi $e = (u, s, o, a, d, t, v)$ ko'rinishida ifodalanadi. Bu yerda u — hodisaning noyob identifikatori, s — sanoq sessiyasi, o — ombor, a — hisob obyektining identifikatori, d — foydalanuvchi va qurilma belgilaridan iborat juftlik, t — qurilmada qayd etilgan vaqt, v — yuklangan ro'yxat versiyasi. Serverning qabul vaqti alohida saqlanadi; qurilma soati mutlaq ishonchli manba deb olinmaydi.

Hodisani takroriy yuborish bilan obyektни qayta skanerlash farqlanadi. Bitta u ayni mazmun bilan qayta kelganda server avvalgi natijani qaytaradi; mazmun farq qilsa, ziddiyat qayd etiladi. Bir xil obyekt yangi hodisa identifikatori bilan qayta o'qilsa, u audit jurnaliga yozilishi mumkin, biroq sanoq yig'indisiga qayta qo'shilmaydi. Hisobning noyob kaliti $K = (s, a)$ deb olinadi; ombor o obyektning mazkur sessiyadagi tegishlilikini tekshirish atributidir.

1-jadval. Modeldagi nazorat qoidalari va kutiladigan javoblar

Tekshirish	Qoidaning mazmuni	Javob
Format	Koddan kerakli identifikator ajratiladi; VIN uchun uzunlik tekshiriladi	Mos kelmasa rad etish
Vakolat	Foydalanuvchi sessiya va ombor bilan ishlash huquqiga ega	Huquq bo'lmasa rad etish
Tegishlilik	Obyekt yuklangan ombor ro'yxatida mavjud	Tafovut sifatida qayd etish
Hodisa noyoblighi	u qayta kelganda mazmuni oldingi yozuv bilan bir xil	Avvalgi javob; farqda ziddiyat

Obyekt noyoblighi	(s, a) juftligi hisobda bir marta uchraydi	Qayta sanoqqa qo'shmaslik
Versiya	Ro'yxat versiyasi sessiya qoidalariga mos	Ziddiyatni tekshirishga berish

Jadvaldagi qoidalar muallif taklifi bo'lib, mavjud dasturda to'liq joriy etilgani tasdiqlanmagan.

Server hodisani qayd qilish va obyektning sanoq holatini yangilashni bitta atomar amal sifatida bajarishi kerak. Aks holda hodisa saqlanib, sanoq yangilanmay qolishi yoki aksincha holat yuz berishi mumkin. Parallel qurilmalardan kelgan yozuvlar uchun noyob kalit cheklovi server darajasida tekshiriladi; faqat mobil ilovadagi nazorat yetarli emas.

Obyekt boshqa omborga ko'chirilganda avtomatik ravishda oxirgi yozuvni to'g'ri deb qabul qilish tavsiya etilmaydi. Sessiya davomida ombor o'zgarishi mas'ul shaxs tekshiradigan tafovut sifatida qayd etiladi. Hisobotda tasdiqlangan sanoq bilan bahsli holatlarni ajratish hisobning izchilligini saqlashga yordam beradi.

Modelni tekshirish dasturi

Taklifni baholash uchun nazorat ro'yxati va oldindan ma'lum natijaga ega test to'plami tayyorlanishi lozim. Normal holatda ro'yxatdagi har bir obyekt bir marta o'qiladi va server hisobotidagi noyob obyektlar soni nazorat qiymati bilan taqqoslanadi. Keyin ayni obyekt bir qurilmada va ikki qurilmada takroran o'qiladi. Kutiladigan natija — bitta sessiyada hisob qiymati o'zgarmasligi, hodisalar tarixi esa yo'qolmasligidir.

Aloqa uzilishi sinovida yozuv mahalliy navbatga saqlangandan so'ng tarmoq o'chiriladi. Ilova qayta ishga tushirilganda yozuv saqlangan bo'lishi va tarmoq tiklangach tasdiq olishi tekshiriladi. Server yozuvni qabul qilgan, ammo javob qurilmaga yetib bormagan ssenariy alohida bajariladi. Qayta yuborish yangi hisob yozuvini yaratmasdan, avvalgi tasdiqni qaytarishi kerak.

Noto'g'ri ombor, o'zgargan ro'yxat versiyasi va yopilgan sessiyaga yuborilgan yozuvlar ham tekshiriladi. Bunday vaziyatlarda tizim ma'lumotni jimgina o'chirishi yoki hisobga qo'shishi emas, tushunarli holat kodi bilan javob berishi kerak. Bu operatorga qanday harakat talab etilayotganini ko'rsatadi va keyingi auditni yengillashtiradi.

Baholash mezonlari va cheklovlar

Sinovda takror hisoblangan obyektlar soni, yo'qolgan haqiqiy yozuvlar soni, yuborilmagan navbat hajmi hamda server tasdig'igacha ketgan vaqt o'lchanadi. Takror hisoblash ulushi $D = N_t / N_h \times 100\%$ shaklida aniqlanishi mumkin; N_t — ortiqcha hisob yozuvlari, N_h — haqiqiy noyob obyektlar soni. Nazorat sinovida $D = 0\%$ talab qilinadi; bu mazkur ishda erishilgan natija emas, tekshirish mezonidir. $N_h = 0$ bo'lganda nisbat hisoblanmaydi.

Modelning cheklovi shundaki, u yorliqning jismoniy ravishda to'g'ri obyektga biriktirilganini kafolatlamaydi. Nusxalangan yoki noto'g'ri yopishtirilgan kodni aniqlash uchun qo'shimcha nazorat zarur. Haqiqiy ishlab chiqarish yuklarni tezkorlik, tarmoq sarfi va qurilma resurslari bo'yicha o'lchovlar olinmaguncha modelning unumdorligi haqida miqdoriy xulosa chiqarilmaydi.

Xulosa

VIN/QR inventarizatsiyasida ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash uchun hodisa identifikatori, sanoq sessiyasi va obyekt identifikatorini alohida boshqarish taklif etildi. Model mahalliy navbat, server tasdig'i, takroriy so'rovga bir xil javob va sessiya doirasidagi noyob hisob qoidalarini birlashtiradi. Keyingi bosqich — ushbu qoidalarni prototipda amalga oshirib, takroriy skanerlash va aloqa uzilishi ssenariylarida tekshirishdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1] Production Automation (Kayzen) guruhi. Asosiy vositalar va tayyor mahsulotlarni inventarizatsiya qilish jarayonini avtomatlashtirish. “UzAutoMotors” AJ ichki taqdimoti, 18 slayd. Sana ko‘rsatilmagan; 2023–2024-yil tajribasi keltirilgan.

[2] NHTSA. VIN Decoder. <https://www.nhtsa.gov/vin-decoder> (murojaat: 03.09.2026).

[3] DENSO WAVE. What is a QR Code? <https://www.qrcode.com/en/about/> (murojaat: 03.09.2026).

KATTA HAJMDAGI DASTURIY LOYIHALARNI BOSHQARISHDA ZAMONAVIY DASTURIY INJINIRING METODOLOGIYALARINING SAMARADORLIGI

Suropov Baxodir Maydonovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti professori, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada uchta asosiy metodologik yondashuv — an’anaviy sharshara (Waterfall) modeli, moslashuvchan (Agile/Scrum) metodologiya hamda DevOps va uzluksiz integratsiya/yetkazib berish (CI/CD) amaliyotlariga asoslangan yondashuv — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning 50 nafardan ortiq ishtirokchiga ega katta hajmdagi loyihalarni boshqarishdagi samaradorligi qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun O‘zbekistondagi yirik dasturiy ta’minot ishlab chiqaruvchi tashkilotlarda ishlovchi 95 nafar loyiha menejeri va katta dasturchi ishtirokida so‘rovnoma o‘tkazilgan bo‘lib, ularning tajribasidagi loyihalar metodologiya turi, loyiha muvaffaqiyati ko‘rsatkichlari (muddatga rioya qilish, byudjetga rioya qilish, mijoz qoniqishi) bo‘yicha tahlil qilingan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, DevOps/CI-CD amaliyotlari bilan boyitilgan Agile metodologiyasi qo‘llanilgan loyihalar boshqa ikki yondashuvga nisbatan muddatga rioya qilish ko‘rsatkichi bo‘yicha 27 foizga yuqori, ishlab chiqarishdagi jiddiy nosozliklar soni bo‘yicha esa 41 foizga past bo‘lgan. Shu bilan birga, sof Waterfall modeli talablari aniq va o‘zgarmas bo‘lgan yirik davlat loyihalarida nisbatan yuqori bashoratlanuvchanlik ko‘rsatgan. Maqola yakunida loyiha xususiyatlariga qarab mos metodologiyani tanlash bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: dasturiy injiniring, loyiha boshqaruvi, Agile, Scrum, DevOps, uzluksiz integratsiya, dasturiy ta’minot ishlab chiqarish.

Annotation. This article investigates the effectiveness of modern software engineering methodologies in managing large-scale software projects within the IMRAD framework. The article theoretically describes three main methodological approaches — the traditional Waterfall model, the Agile/Scrum methodology, and an approach based on DevOps and continuous integration/delivery (CI/CD) practices — and comparatively analyzes their effectiveness in managing large projects with more than 50 participants. For the study, a survey was conducted with 95 project managers and senior developers working at large software development organizations in Uzbekistan, analyzing projects from their experience by methodology type and project success indicators (schedule adherence, budget adherence, client satisfaction). The results show that projects using an Agile methodology enhanced with DevOps/CI-CD practices had 27 percent better schedule adherence and 41 percent fewer critical production defects compared to the other two approaches. At the same time, the pure Waterfall model showed relatively higher predictability in large government projects with

clear and stable requirements. The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate methodology based on project characteristics.

Key words: *software engineering, project management, Agile, Scrum, DevOps, continuous integration, software development.*

Аннотация. В данной статье в рамках структуры IMRAD исследуется эффективность современных методологий программной инженерии в управлении крупномасштабными программными проектами. В статье теоретически описаны три основных методологических подхода — традиционная каскадная модель (Waterfall), гибкая методология (Agile/Scrum) и подход, основанный на практиках DevOps и непрерывной интеграции/доставки (CI/CD), — и проведён сравнительный анализ их эффективности в управлении крупными проектами с более чем 50 участниками. Для исследования проведён опрос с участием 95 руководителей проектов и старших разработчиков, работающих в крупных организациях по разработке программного обеспечения в Узбекистане, в ходе которого проанализированы проекты из их опыта по типу методологии и показателям успешности проекта (соблюдение сроков, соблюдение бюджета, удовлетворённость заказчика). Результаты показывают, что проекты с использованием методологии Agile, дополненной практиками DevOps/CI-CD, имели на 27% лучшее соблюдение сроков и на 41% меньше критических дефектов в продакшине по сравнению с двумя другими подходами. Вместе с тем чистая каскадная модель показала относительно более высокую предсказуемость в крупных государственных проектах с чёткими и стабильными требованиями. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящей методологии в зависимости от характеристик проекта.

Ключевые слова: *программная инженерия, управление проектами, Agile, Scrum, DevOps, непрерывная интеграция, разработка программного обеспечения.*

KIRISH

Dasturiy ta'minot loyihalarining hajmi va murakkabligi ortishi bilan mos boshqaruv metodologiyasini tanlash loyiha muvaffaqiyatining hal qiluvchi omillaridan biriga aylanmoqda. Katta hajmdagi loyihalar (o'nlab yoki yuzlab ishtirokchi, uzoq muddatli rivojlanish sikli, murakkab tashkiliy tuzilma) kichik jamoalar uchun mo'ljallangan yengil metodologiyalarni to'g'ridan-to'g'ri qo'llashda bir qator qiyinchiliklarga duch keladi.

An'anaviy sharshara (Waterfall) modeli izchil, bosqichma-bosqich rivojlanishni taklif etib, aniq hujjatlashtirish va bashoratlanuvchanlikni ta'minlashda, talablarning o'zgarishiga moslashishda cheklangan. Agile/Scrum metodologiyasi, aksincha, iteratsion rivojlanish va tez fikr-mulohaza tsikllari orqali moslashuvchanlikni ta'minlaydi, biroq katta va tarqoq jamoalarda muvofiqlashtirish qiyinchiliklarini keltirib chiqarishi mumkin. DevOps va CI/CD amaliyotlari esa ishlab chiqish va operatsion faoliyatni birlashtirib, yetkazib berish tezligi va sifatini oshirishga qaratilgan.

Tadqiqotning maqsadi — katta hajmdagi dasturiy loyihalarni boshqarishda qo'llaniladigan asosiy metodologiyalarning amaliy samaradorligini loyiha muvaffaqiyati ko'rsatkichlari nuqtai nazaridan empirik tarzda baholash hamda loyiha xususiyatlariga mos metodologiyani tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) asosiy dasturiy injiniring metodologiyalarining nazariy asoslarini yoritish; 2) so'rovnoma orqali turli metodologiya bilan boshqarilgan loyihalar natijalarini qiyoslash; 3) metodologiya va loyiha xususiyatlari (masalan,

talablar barqarorligi) o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun O'zbekistondagi yirik dasturiy ta'minot ishlab chiqaruvchi tashkilotlar (IT-parklar rezidentlari va yirik korporativ IT-bo'limlari) da ishlovchi 95 nafar loyiha menejeri va katta dasturchi (senior developer/tech lead lavozimidagi mutaxassislar) tanlab olindi. Har bir respondentdan o'zi ishtirok etgan, kamida 50 nafar ishtirokchiga ega bo'lgan yirik loyiha haqida quyidagi ma'lumotlarni taqdim etish so'raldi: qo'llanilgan asosiy metodologiya turi (Waterfall, Agile/Scrum, DevOps/CI-CD bilan boyitilgan Agile), loyihaning muddatga rioya qilish darajasi, byudjetga rioya qilish darajasi, ishlab chiqarish muhitida qayd etilgan jiddiy nosozliklar soni hamda mijozning yakuniy qoniqish darajasi (5 balllik shkalada).

Yig'ilgan 95 ta loyiha ma'lumoti uchta metodologiya guruhiga ajratildi: Waterfall (28 ta loyiha), sof Agile/Scrum (31 ta loyiha) va DevOps/CI-CD bilan boyitilgan Agile (36 ta loyiha). Guruhlar o'rtasidagi muddatga rioya qilish, byudjetga rioya qilish va nosozliklar soni ko'rsatkichlaridagi farqlar bir faktorli dispersion tahlil (ANOVA) yordamida, guruhlar juftligi o'rtasidagi keyingi solishtirishlar esa Tukey testi yordamida tekshirildi.

Qo'shimcha ravishda, 20 nafar respondent bilan chuqurlashtirilgan intervyu o'tkazilib, ular metodologiya tanlovi loyiha xususiyatlari (masalan, talablarning barqarorligi, buyurtmachi turi — davlat yoki xususiy, jamoaning geografik tarqoqligi) bilan qanday bog'liqligi haqida batafsil fikr-mulohaza berishgan.

NATIJALAR

Muddatga rioya qilish ko'rsatkichi bo'yicha guruhlar o'rtasida statistik ahamiyatga ega farq aniqlandi ($F(2,92)=14,3$, $p<0,001$). DevOps/CI-CD bilan boyitilgan Agile guruhida loyihalarning o'rtacha 78% belgilangan muddatda yoki undan kam kechikish bilan yakunlangan, bu Waterfall guruhidagi ko'rsatkichga (51%) nisbatan 27 foizlik farqni, sof Agile guruhidagi ko'rsatkichga (61%) nisbatan esa 17 foizlik farqni tashkil etdi.

Ishlab chiqarish muhitida qayd etilgan jiddiy nosozliklar soni bo'yicha ham DevOps/CI-CD bilan boyitilgan Agile guruhi eng past ko'rsatkichni (loyiha boshiga o'rtacha 4,2 ta jiddiy nosozlik) namoyon etdi, bu Waterfall guruhidagi ko'rsatkichga (7,1 ta) nisbatan 41 foizlik kamayishni tashkil etdi. Bu natija uzluksiz testlash va tezkor fikr-mulohaza tsikllarining nosozliklarni erta bosqichda aniqlashga xizmat qilishini tasdiqladi.

Biroq talablar aniq va barqaror bo'lgan, ayniqsa davlat buyurtmasi asosidagi yirik loyihalarda (jami tahlil qilingan loyihalarning 22 tasi), Waterfall modeli byudjetga rioya qilish ko'rsatkichi bo'yicha (o'rtacha 84% loyihalar byudjet chegarasida yakunlangan) boshqa ikki metodologiyaga nisbatan (mos ravishda 71% va 76%) yuqoriroq natija ko'rsatdi. Intervyu natijalari shuni tasdiqladiki, bunday loyihalarda qat'iy hujjatlashtirish va bosqichma-bosqich tasdiqlash jarayoni buyurtmachi tomonidan talab qilingan va byudjet nazoratini osonlashtirgan.

MUHOKAMA

Olingan natijalar DevOps amaliyotlari bilan boyitilgan Agile metodologiyasining katta hajmdagi dasturiy loyihalarda, ayniqsa yetkazib berish tezligi va sifat nuqtai nazaridan, sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa dasturiy injiniring sohasidagi xalqaro tadqiqotlar va sanoat hisobotlari (masalan, DORA — DevOps Research and Assessment — yillik hisobotlari) bilan

mos keladi, ularda ham yuqori DevOps yetuklik darajasiga ega tashkilotlar yetkazib berish tezligi va barqarorligi bo'yicha sezilarli ustunlikka ega ekanligi qayd etilgan.

Shu bilan birga, Waterfall modelining barqaror talablarga ega davlat loyihalaridagi nisbatan yuqori byudjet nazorati samaradorligi shuni ko'rsatadiki, metodologiya tanlovi "eng zamonaviy" yoki "eng an'anaviy" mezoniga emas, balki loyihaning o'ziga xos kontekstiga (talablar barqarorligi, buyurtmachi talablari, tartibga solish muhiti) mos kelishiga asoslanishi kerak. Bu xulosa "kontingensial" (contingency-based) loyiha boshqaruvi nazariyasi bilan mos keladi, unga ko'ra universal "eng yaxshi" metodologiya mavjud emas.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tashkilotlarga metodologiyani tanlashda loyihaning talablar barqarorligi, buyurtmachi turi va tashkiliy tayyorgarlik darajasini baholashni, hamda zarur hollarda gibrid yondashuvlarni (masalan, yirik loyihaning strategik rejalashtirish bosqichida Waterfall elementlaridan, amaliyotga tatbiq etish bosqichida esa Agile/DevOps elementlaridan foydalanish) ko'rib chiqishni tavsiya etadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. DevOps/CI-CD amaliyotlari bilan boyitilgan Agile metodologiyasi katta hajmdagi loyihalarda muddatga rioya qilish (27% yuqori) va ishlab chiqarish sifati (41% kam nosozlik) bo'yicha eng yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.

2. Talablar barqaror bo'lgan, ayniqsa davlat buyurtmasi asosidagi loyihalarda, Waterfall modeli byudjet nazorati bo'yicha nisbatan yuqori samaradorlik ko'rsatadi.

3. Universal "eng yaxshi" metodologiya mavjud emas — tanlov loyihaning o'ziga xos kontekstiga (talablar barqarorligi, buyurtmachi turi) mos kelishi zarur.

4. Gibrid yondashuvlar, ya'ni turli metodologiya elementlarini loyihaning turli bosqichlarida uyg'unlashtirish, amaliy jihatdan samarali strategiya bo'lishi mumkin.

5. Tashkilotlar metodologiya tanlashda loyiha xususiyatlarini tizimli baholash mezonlarini ishlab chiqishi va jamoa tayyorgarligini (DevOps madaniyati, avtomatlashtirish infratuzilmasi) hisobga olishi zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.

2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.

3. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот лойиҳаларини бошқаришнинг замонавий методологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 39–47.

4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида сунъий интеллект технологияларининг қўлланилиши // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.

5. Royce W.W. Managing the Development of Large Software Systems // Proceedings of IEEE WESCON. — 1970. — Vol. 26, No. 8. — P. 1–9.

6. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum. — Scrum.org, 2020.

7. Beck K., Beedle M., van Bennekum A. et al. Manifesto for Agile Software Development // Agile Alliance. — 2001.

8. Forsgren N., Humble J., Kim G. Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps: Building and Scaling High Performing Technology Organizations. — Portland: IT Revolution Press, 2018. — 288 p.

9. Dybå T., Dingsøyr T. Empirical Studies of Agile Software Development: A Systematic Review // Information and Software Technology. — 2008. — Vol. 50, No. 9-10. — P. 833–859.

10. Boehm B., Turner R. Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed. — Boston: Addison-Wesley Professional, 2003. — 304 p.

PHISHING HUJUMLARINI MASHINALI O'QITISH ALGORITMLARI YORDAMIDA ANIQLASH USULLARINI TADQIQ ETISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Erkinova Guzal Azamat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada phishing veb-saytlari va elektron xatlarini aniqlashda qo'llaniladigan xususiyat (feature) toifalari — URL manzilinging leksik xususiyatlari, domen nomiga oid xususiyatlar (domen yoshi, ro'yxatga olish davomiyligi), sahifa mazmuniga oid xususiyatlar hamda tarmoq va host bilan bog'liq xususiyatlar — tavsiflangan hamda ularni tasniflashda qo'llaniladigan mashinali o'qitish algoritmlari (Random Forest, XGBoost, Support Vector Machine va chuqur o'qitishga asoslangan LSTM) qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun ochiq PhishTank va UCI Phishing Websites ma'lumotlar to'plamlaridan foydalanilgan bo'lib, jami 11000 dan ortiq (5500 ta qonuniy, 5500 dan ortiq phishing) veb-sayt namunasi asosida modellar o'qitilgan va sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, XGBoost algoritmi eng yuqori aniqlikka (97,2%) erishgan, undan keyin Random Forest (96,1%) va LSTM (95,4%) joylashgan, shu bilan birga xususiyatlar ahamiyati tahlili URL uzunligi, domen yoshi va SSL sertifikatini mavjudligi kabi xususiyatlarning phishingni aniqlashda eng yuqori og'irlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Maqola yakunida phishingga qarshi avtomatlashtirilgan aniqlash tizimlarini amaliyotga joriy etish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: phishing, mashinali o'qitish, kiberxavfsizlik, URL tahlili, veb-sayt klassifikatsiyasi, XGBoost, tahdidlarni aniqlash.

Annotation. The article describes the feature categories used in detecting phishing websites and emails — lexical features of the URL, domain-related features (domain age, registration length), page content features, and network/host-related features — and comparatively analyzes the machine learning algorithms used for classification (Random Forest, XGBoost, Support Vector Machine, and a deep learning-based LSTM). The study uses the open PhishTank and UCI Phishing Websites datasets, with models trained and tested on a total of over 11,000 website samples (5,500 legitimate, over 5,500 phishing). The results show that the XGBoost algorithm achieved the highest accuracy (97.2 percent), followed by Random Forest (96.1 percent) and LSTM (95.4 percent), while feature importance analysis showed that features such as URL length, domain age, and the presence of an SSL certificate carry the highest weight in phishing detection. The article concludes with recommendations for implementing automated anti-phishing detection systems in practice.

Key words: *phishing, machine learning, cybersecurity, URL analysis, website classification, XGBoost, threat detection.*

Аннотация. В статье описаны категории признаков (features), применяемых для обнаружения фишинговых веб-сайтов и электронных писем, — лексические признаки URL-адреса, признаки, связанные с доменным именем (возраст домена, срок регистрации), признаки содержимого страницы, а также признаки, связанные с сетью и хостом, — и проведён сравнительный анализ алгоритмов машинного обучения, применяемых для классификации (Random Forest, XGBoost, метод опорных векторов и LSTM на основе глубокого обучения). Для исследования использованы открытые наборы данных PhishTank и UCI Phishing Websites, модели обучены и протестированы на более чем 11000 образцах веб-сайтов (5500 легитимных, свыше 5500 фишинговых). Результаты показывают, что алгоритм XGBoost достиг наивысшей точности (97,2%), за ним следуют Random Forest (96,1%) и LSTM (95,4%), при этом анализ значимости признаков показал, что такие признаки, как длина URL, возраст домена и наличие SSL-сертификата, имеют наибольший вес при обнаружении фишинга. В заключение статьи даны рекомендации по внедрению автоматизированных систем обнаружения фишинга на практике.

Ключевые слова: *фишинг, машинное обучение, кибербезопасность, анализ URL, классификация веб-сайтов, XGBoost, обнаружение угроз.*

KIRISH

Phishing — foydalanuvchilarni ishonchli tashkilot yoki shaxs sifatida taqlid qilish orqali ularning shaxsiy ma'lumotlari (login, parol, bank karta ma'lumotlari)ni firibgarlik yo'li bilan qo'lga kiritishga qaratilgan kiberhujum turi bo'lib, u internet foydalanuvchilariga qarshi eng keng tarqalgan va katta moliyaviy zarar keltiruvchi tahdidlardan biri hisoblanadi. An'anaviy qora ro'yxat (blacklist) asosidagi aniqlash usullari faqat oldindan ma'lum bo'lgan phishing manzillarini aniqlay olib, yangi yaratilgan phishing saytlarga nisbatan samarasiz bo'lib qolmoqda.

Mashinali o'qitish algoritmlari, aksincha, veb-saytning turli xususiyatlarini (URL tuzilishi, domen ma'lumotlari, sahifa mazmuni) tahlil qilib, ilgari ko'rilmagan yangi phishing saytlarni ham aniqlash imkonini beradi. Bu yondashuv "nol soatlik" (zero-hour) phishing hujumlariga qarshi kurashishda alohida ahamiyatga ega, chunki phishing saytlar odatda juda qisqa muddat (ba'zan bir necha soat) davomida faol bo'ladi.

Tadqiqotning maqsadi — phishing hujumlarini aniqlashda qo'llaniladigan mashinali o'qitish algoritmlarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish hamda aniqlashda eng muhim ahamiyatga ega xususiyatlarni aniqlashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) phishing aniqlashda qo'llaniladigan asosiy xususiyat toifalarini tavsiflash; 2) tanlangan mashinali o'qitish algoritmlarini ochiq ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazish; 3) modellarning samaradorligini turli mezonlar bo'yicha baholash va xususiyatlar ahamiyatini tahlil qilish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun ikkita ochiq ma'lumotlar manbasidan foydalanildi: PhishTank (jamiyat tomonidan tasdiqlangan faol phishing URL manzillari bazasi) va UCI Machine Learning Repository'dagi "Phishing Websites" ma'lumotlar to'plami. Ikkala manbadan jami 11000 dan ortiq veb-sayt namunasi (5500 ta qonuniy va 5500 dan ortiq phishing sayt) yig'ildi va tekshirildi.

Har bir veb-sayt uchun quyidagi to'rt toifadagi xususiyatlar ajratib olindi:

- 1) URL leksik xususiyatlari (URL uzunligi, maxsus belgilar soni, subdomen soni, "@" belgisi mavjudligi);
- 2) domenga oid xususiyatlar (domen yoshi, WHOIS ma'lumotlari, ro'yxatdan o'tish muddati);
- 3) sahifa mazmuniga oid xususiyatlar (forma elementlari, tashqi havolalar soni, brend nomlaridan noto'g'ri foydalanish);
- 4) tarmoq va host xususiyatlari (SSL sertifikat mavjudligi, server joylashuvi, IP-manzil asosidagi URL).

Ma'lumotlar to'plami 80:20 nisbatida o'quv va test qismlarga bo'lindi. Tahlil uchun quyidagi to'rtta algoritim Python tilida scikit-learn, XGBoost va TensorFlow kutubxonalari yordamida modellashtirildi: Random Forest, XGBoost, Support Vector Machine (SVM) va Long Short-Term Memory (LSTM) tarmog'i. Modellarning samaradorligi accuracy, precision, recall, F1-ko'rsatkich va ROC-AUC mezonlari asosida baholandi, xususiyatlar ahamiyati esa XGBoost modelining feature importance ko'rsatkichlari orqali tahlil qilindi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tajriba natijasida algoritmlarning aniqlik ko'rsatkichlari quyidagicha bo'ldi: SVM — 92,8%, LSTM — 95,4%, Random Forest — 96,1%, XGBoost — 97,2%. XGBoost algoritmi barcha mezonlar (precision — 0,97, recall — 0,97, F1 — 0,97, ROC-AUC — 0,99) bo'yicha eng yuqori va barqaror natijani ko'rsatdi.

Xususiyatlar ahamiyati tahlili natijasida phishingni aniqlashda eng yuqori og'irlikka ega bo'lgan besh xususiyat aniqlandi: URL uzunligi (ta'sir darajasi — 19%), domen yoshi (17%), SSL sertifikat mavjudligi (15%), URL tarkibida IP-manzildan foydalanilganligi (12%) va subdomenlar soni (10%). Bu natija phishing saytlarning odatda yangi ro'yxatdan o'tgan, shubhali uzun URL manzillariga ega va ko'pincha ishonchli SSL sertifikatiga ega bo'lmasligini tasdiqlaydi.

Xatolarni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, modellarning asosiy xatolari qonuniy, ammo nostandart tuzilishga ega kichik biznes veb-saytlarini (yangi ro'yxatdan o'tgan, murakkab URL tuzilishiga ega) noto'g'ri "phishing" deb belgilashda (yolg'on ijobiy natijalar) yuzaga keldi. Bu holat amaliy tizimlarda foydalanuvchi tajribasiga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan muhim cheklov sifatida qayd etildi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mashinali o'qitish algoritmlarining, xususan XGBoost kabi ansambl usullarning, phishing hujumlarini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkoniyatini tasdiqlaydi. Bu xulosa kiberxavfsizlik sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham daraxtga asoslangan ansambl algoritmlar phishing klassifikatsiyasida boshqa usullarga nisbatan barqaror ustunlikka ega ekanligi qayd etilgan.

URL va domenga oid xususiyatlarning yuqori ahamiyati amaliy nuqtai nazardan muhim, chunki bu xususiyatlarni sahifa mazmunini to'liq yuklab olmasdan, faqat URL manzilining o'zidan tezkor tarzda hisoblash mumkin, bu esa real vaqt rejimida ishlaydigan brauzer kengaytmalari va elektron pochta filtrlarida qo'llash uchun hisoblash samaradorligi jihatidan muhim afzallikdir.

Yolg'on ijobiy natijalar muammosi, ya'ni qonuniy saytlarni noto'g'ri phishing deb belgilash, amaliyotga joriy etishda alohida e'tiborni talab qiladi, chunki bu foydalanuvchilarning qonuniy xizmatlardan foydalanishiga to'sqinlik qilishi va tizimga bo'lgan ishonchni pasaytirishi mumkin. Shu sababli, amaliy tizimlarda avtomatik bloklashdan ko'ra, foydalanuvchiga ogohlantirish ko'rsatish va yakuniy qarorni foydalanuvchiga qoldirish strategiyasi ko'proq tavsiya etiladi, ayniqsa model ishonchi (confidence) o'rtacha darajada bo'lgan holatlarda.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Mashinali o'qitish algoritmlari, xususan XGBoost, phishing hujumlarini yuqori aniqlik (97,2%) bilan aniqlash imkonini beradi.
2. URL uzunligi, domen yoshi va SSL sertifikati mavjudligi phishingni aniqlashda eng muhim ahamiyatga ega xususiyatlar hisoblanadi.
3. URL va domenga asoslangan xususiyatlarni tezkor hisoblash imkoniyati bunday tizimlarni real vaqt rejimida (brauzer kengaytmalari, elektron pochta filtrlari) qo'llash uchun amaliy jihatdan qulay qiladi.
4. Yolg'on ijobiy natijalar (qonuniy saytlarni noto'g'ri belgilash) muammosi amaliyotga joriy etishda hisobga olinishi zarur bo'lgan muhim cheklov hisoblanadi.
5. Amaliy tizimlarda avtomatik bloklash o'rniga foydalanuvchini ogohlantirish strategiyasini qo'llash, ayniqsa o'rtacha ishonch darajasidagi holatlarda, foydalanuvchi tajribasi va xavfsizlik o'rtasidagi muvozanatni saqlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Компьютер тармоқларида кибертаҳдидларни аниқлашнинг интеллектуал усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 33–41.
4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнали. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. Mohammad R.M., Thabtah F., McCluskey L. An Assessment of Features Related to Phishing Websites Using an Automated Technique // International Conference for Internet Technology and Secured Transactions. — 2012. — P. 492–497.
6. Sahingoz O.K., Buber E., Demir O., Diri B. Machine Learning Based Phishing Detection from URLs // Expert Systems with Applications. — 2019. — Vol. 117. — P. 345–357.
7. Jain A.K., Gupta B.B. A Machine Learning Based Approach for Phishing Detection Using Hyperlink Information // Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. — 2019. — Vol. 10, No. 5. — P. 2015–2028.

INTERNET OF THINGS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA AQLLI MONITORING TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Orolova Dilnavoz Sodiq qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada tizimning uch qatlamli arxitekturasini — sensor qatlami (harorat, namlik, tuproq namligi va yorug'lik sensorlari), aloqa qatlami (Wi-Fi va MQTT protokoli asosidagi ma'lumot uzatish) va bulutli tahlil-boshqaruv qatlami (ma'lumotlarni saqlash, chegaraviy qiymatlardan chetlanishlarni aniqlash va mobil ilova orqali ogohlantirish) tavsiflangan. Tizim ESP32 mikrokontrolleri, DHT22 (harorat-namlik), kapasitiv tuproq namligi va fotorezistor

sensorlaridan tashkil topgan prototip sifatida amalga oshirilib, u haqiqiy issiqxona sharoitida 30 kun davomida sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan tizim harorat va namlikni $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ va $\pm 3\%$ aniqlik bilan o'lchagan, chegaraviy qiymatlardan chetlanish holatlarida mobil ogohlantirishni o'rtacha 4,2 soniya ichida yuborgan, tizimning batareya asosidagi avtonom ishlash muddati esa quvvat tejash rejimlarini qo'llash orqali 11 kundan 34 kungacha oshirilgan. Sinov davomida tizim aniqlagan haddan tashqari qizib ketish holatlarida o'z vaqtida aralashuv issiqxona hosildorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatgani qayd etildi. Maqola yakunida IoT asosidagi monitoring tizimlarini qishloq xo'jaligi sohasida keng joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: Internet of Things, aqlli monitoring, sensor tarmog'i, MQTT protokoli, issiqxona avtomatlashtirish, ESP32, qishloq xo'jaligi texnologiyalari.

Annotation. The article describes the system's three-layer architecture — the sensor layer (temperature, humidity, soil moisture, and light sensors), the communication layer (data transmission based on Wi-Fi and the MQTT protocol), and the cloud analytics-management layer (data storage, detection of threshold deviations, and mobile app alerts). The system was implemented as a prototype consisting of an ESP32 microcontroller, a DHT22 (temperature-humidity) sensor, a capacitive soil moisture sensor, and a photoresistor sensor, and was tested under real greenhouse conditions for 30 days. The results show that the developed system measured temperature and humidity with an accuracy of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $\pm 3\%$ respectively, sent mobile alerts within an average of 4.2 seconds upon threshold deviations, and the system's battery-powered autonomous operating time was extended from 11 to 34 days through the application of power-saving modes. During testing, timely intervention in overheating events detected by the system was noted to have a positive effect on greenhouse yield. The article concludes with practical recommendations for the widespread implementation of IoT-based monitoring systems in agriculture.

Key words: Internet of Things, intelligent monitoring, sensor network, MQTT protocol, greenhouse automation, ESP32, agricultural technologies.

Аннотация. В статье описана трёхуровневая архитектура системы — сенсорный уровень (датчики температуры, влажности, влажности почвы и освещённости), коммуникационный уровень (передача данных на основе Wi-Fi и протокола MQTT) и облачный уровень анализа и управления (хранение данных, обнаружение отклонений от пороговых значений и оповещение через мобильное приложение). Система реализована в виде прототипа на основе микроконтроллера ESP32, датчика DHT22 (температура-влажность), ёмкостного датчика влажности почвы и фоторезистора и протестирована в реальных условиях теплицы в течение 30 дней. Результаты показывают, что разработанная система измеряла температуру и влажность с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и $\pm 3\%$ соответственно, отправляла мобильные оповещения в среднем за 4,2 секунды при отклонениях от пороговых значений, а автономное время работы системы от батареи было увеличено с 11 до 34 дней за счёт применения режимов энергосбережения. В ходе тестирования было отмечено, что своевременное вмешательство при обнаруженных системой случаях перегрева положительно повлияло на урожайность теплицы. В заключение статьи даны практические рекомендации по широкому внедрению систем мониторинга на основе IoT в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: интернет вещей, интеллектуальный мониторинг, сенсорная сеть, протокол MQTT, автоматизация теплицы, ESP32, сельскохозяйственные технологии.

KIRISH

Qishloq xo'jaligida, xususan himoyalangan tuproq (issiqxona) sharoitida o'simlik yetishtirishda, mikroiklim parametrlarini (harorat, namlik, yorug'lik) doimiy va aniq nazorat qilish hosildorlik va mahsulot sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy usulda bu nazorat qo'lda, davriy tarzda amalga oshirilib, bu esa real vaqtli o'zgarishlarni o'z vaqtida aniqlash imkonini bermaydi va inson omiliga bog'liq xatolarga yo'l qo'yadi.

Internet of Things (IoT) texnologiyalari — past narxli sensorlar, mikrokontrollerlar va simsiz aloqa protokollarining birgalikda qo'llanilishi — mikroiklim parametrlarini uzluksiz, avtomatik va masofadan kuzatish imkonini beruvchi tizimlarni yaratish uchun qulay texnik asos yaratadi. Bunday tizimlar nafaqat monitoring, balki chegaraviy qiymatlardan chetlanish yuz berganda operatorni tezkor ogohlantirish orqali proaktiv aralashuvni ham ta'minlaydi.

Tadqiqotning maqsadi — IoT texnologiyalari asosida issiqxona mikroiklimini aqlli monitoring qilish tizimini loyihalash, amalga oshirish va uning amaliy sharoitdagi samaradorligini sinovdan o'tkazishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) tizimning uch qatlamli arxitekturasini (sensor, aloqa, tahlil-boshqaruv) loyihalash; 2) tanlangan apparat komponentlari (ESP32, DHT22 va boshqa sensorlar) asosida ishlaydigan prototip yaratish; 3) tizimni haqiqiy issiqxona sharoitida uzoq muddatli sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Ishlab chiqilgan tizim uch qatlamli arxitekturaga ega: 1) sensor qatlami — ESP32 mikrokontrolleriga ulangan DHT22 (havo harorati va namligi), kapasitiv tuproq namligi datchigi va fotorezistor (yorug'lik darajasi) sensorlaridan iborat; 2) aloqa qatlami — sensor ma'lumotlari har 60 soniyada Wi-Fi orqali MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokoli yordamida bulutli serverga uzatiladi, bu protokol IoT qurilmalari uchun past bandwidth va past energiya sarfi talab qiluvchi yengil xabar almashish tizimini ta'minlaydi; 3) tahlil-boshqaruv qatlami — Node-RED asosida qurilgan server tomoni ma'lumotlarni qabul qilib, ma'lumotlar bazasida (InfluxDB) saqlaydi, oldindan belgilangan chegaraviy qiymatlar (masalan, harorat 35°C dan yuqori yoki tuproq namligi 20% dan past) bilan solishtiradi va chetlanish aniqlanganda Telegram bot orqali operatorga mobil ogohlantirish yuboradi.

Prototip O'zbekistonning bir hududidagi kichik hajmdagi (50 m²) sinama issiqxonada o'rnatildi va 30 kun davomida uzluksiz sinovdan o'tkazildi. Sinov davomida quyidagi ko'rsatkichlar baholandi:

1) o'lchov aniqligi — sensor ko'rsatkichlari nazorat uchun qo'llanilgan kalibrlangan referens asboblardan taqqoslandi;

2) ogohlantirish tezligi — chegaraviy qiymatdan chetlanish yuz berganidan operatorga mobil ogohlantirish yetib borgunga qadar o'tgan vaqt;

3) avtonom ishlash muddati — tizimning quvvat manbai (kondensator bilan boyitilgan quyosh batareyasi) asosida uzluksiz ishlash davomiyligi, oddiy va quvvat tejash (deep sleep) rejimlarida alohida o'lchandi;

4) tizim ishonchliligi — 30 kunlik sinov davomida qayd etilgan uzilishlar va ma'lumot yo'qotish holatlari soni.

NATIJALAR

O'lchov aniqligi bo'yicha sinov natijasida DHT22 sensori harorat ko'rsatkichlarini referens termometrga nisbatan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ aniqlik bilan, namlik ko'rsatkichlarini esa $\pm 3\%$ aniqlik bilan o'lchagani

aniqlandi, bu ko'rsatkichlar sensorning texnik pasportidagi qiymatlar bilan mos keldi va amaliy qishloq xo'jaligi monitoringi uchun yetarli darajada aniq deb baholandi.

Ogohlantirish tezligi bo'yicha tizim chegaraviy qiymatdan chetlanish aniqlangandan operatorga Telegram orqali ogohlantirish yetib borgunga qadar o'rtacha 4,2 soniya (minimal 2,8, maksimal 6,1 soniya) sarfladi, bu real vaqtli aralashuv uchun amaliy jihatdan yetarli tezkorlik hisoblandi. 30 kunlik sinov davomida tizim jami 14 marta haddan tashqari qizib ketish va 6 marta tuproq namligining past darajasi holatlarini to'g'ri aniqladi, bunda barcha holatlarda operator tomonidan o'z vaqtida (o'rtacha 12 daqiqa ichida) tegishli chora (shamollatish, sug'orish) ko'rildi.

Avtonom ishlash muddati bo'yicha tizim oddiy (uzluksiz faol) rejimda batareyadan 11 kun davomida ishlagan bo'lsa, ESP32 ning deep sleep (chuqur uyqu) rejimi va o'lchovlar orasidagi intervalni optimallashtirish (sensorlarni faqat o'lchov vaqtida faollashtirish) orqali bu muddat 34 kungacha, ya'ni 3,1 baravar uzaytirildi. Tizim ishonchliligi bo'yicha 30 kun davomida jami 3 marta qisqa muddatli (5 daqiqadan kam) tarmoq uzilishi qayd etildi, bu holatlarda tizim mahalliy xotirada ma'lumotni vaqtincha saqlab, aloqa tiklangandan so'ng uni serverga muvaffaqiyatli uzatdi, ya'ni hech qanday ma'lumot yo'qolmadi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar past narxli, keng ommabop komponentlar (ESP32, DHT22) asosida qurilgan IoT tizimining ham amaliy qishloq xo'jaligi monitoringi uchun yetarli darajada aniq va ishonchli natija berishini tasdiqlaydi. Bu xulosa "aqlli qishloq xo'jaligi" (smart agriculture) sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham arzon IoT yechimlarining kichik va o'rta hajmdagi fermer xo'jaliklari uchun texnologik demokratlashtirish vositasi sifatidagi salohiyati qayd etilgan.

Avtonom ishlash muddatini quvvat tejash rejimlari orqali 3,1 baravar uzaytirish imkoniyati amaliy jihatdan alohida ahamiyatga ega, chunki elektr ta'minoti cheklangan yoki mavjud bo'lmagan uzoq hududlardagi issiqxonalar uchun batareya asosidagi avtonom ishlash muddatining uzunligi tizimning amaliy qo'llanilishini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Tizim tomonidan aniqlangan haddan tashqari qizib ketish holatlariga operatorning o'z vaqtida aralashuvi issiqxona sharoitini barqarorlashtirishga xizmat qilgani, garchi bu tadqiqotda hosildorlikka bevosita ta'sir alohida o'lchanmagan bo'lsa-da, IoT asosidagi monitoring tizimlarining o'simlik stressini kamaytirish orqali potensial hosildorlikni oshirish imkoniyatini ko'rsatadi. Amaliy nuqtai nazardan, natijalar bunday tizimlarni O'zbekiston qishloq xo'jaligida, xususan issiqxona xo'jaliklarida, keng joriy etish uchun texnik va iqtisodiy jihatdan asoslangan ekanligini ko'rsatadi, biroq keng masshtabli joriy etishdan oldin turli iqlim mintaqalari va o'simlik turlarida qo'shimcha uzoq muddatli sinovlar o'tkazish tavsiya etiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Ishlab chiqilgan IoT asosidagi monitoring tizimi harorat va namlikni amaliy qishloq xo'jaligi talablariga mos aniqlik ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $\pm 3\%$) bilan o'lchaydi.
2. Tizim chegaraviy qiymatlardan chetlanishlarni o'rtacha 4,2 soniya ichida aniqlab, operatorga real vaqtli mobil ogohlantirish yuboradi.
3. Quvvat tejash rejimlarini qo'llash tizimning avtonom ishlash muddatini 3,1 baravar (11 kundan 34 kungacha) uzaytiradi.
4. Tizim 30 kunlik sinov davomida yuqori ishonchlilik ko'rsatdi, qisqa muddatli tarmoq uzilishlarida ham ma'lumot yo'qolmadi.

5. Past narxli IoT komponentlari asosida qurilgan monitoring tizimlari kichik va o'rta hajmdagi issiqxona xo'jaliklarida keng joriy etish uchun texnik va iqtisodiy jihatdan asoslangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarni joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori. — Toshkent, 2021.
3. Рахимов Б.Ж. IoT технологиялари асосида қишлоқ хўжалигини автоматлаштириш // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 51–59.
4. Тошматов Қ.Р. Иссиқхона хўжаликларида микроклимни бошқаришнинг замонавий усуллари // Қишлоқ хўжалиги муаммолари. — 2022. — №3. — Б. 44–52.
5. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A Survey // Computer Networks. — 2010. — Vol. 54, No. 15. — P. 2787–2805.
6. Banzi M., Shiloh M. Getting Started with Arduino. — Sebastopol: Maker Media, 2014. — 152 p.
7. Locke D. MQ Telemetry Transport (MQTT) V3.1 Protocol Specification // IBM developerWorks Technical Library. — 2010.
8. Zhao J.-C., Zhang J.-F., Feng Y., Guo J.-X. The Study and Application of the IoT Technology in Agriculture // Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT). — 2010. — P. 462–465.
9. Kamilaris A., Kartakoullis A., Prenafeta-Boldú F.X. A Review on the Practice of Big Data Analysis in Agriculture // Computers and Electronics in Agriculture. — 2017. — Vol. 143. — P. 23–37.
10. Ferrández-Pastor F.J., García-Chamizo J.M., Nieto-Hidalgo M., Mora-Pascual J., Mora-Martínez J. Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture // Sensors. — 2016. — Vol. 16, No. 7. — Article 1141.

TABIIY TILNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA O'ZBEK TILIDAGI MATNLARNI SEMANTIK TAHLIL QILISH

Madatov Quvonchbek Geldiyor o'g'li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada o'zbek tilining morfologik boyligi va agglyutinatib tabiati semantik tahlil jarayoniga ko'rsatadigan ta'siri, so'z vektorlashtirish usullari (Word2Vec, FastText), kontekstual til modellari (BERT, XLM-RoBERTa) hamda o'zbek tili uchun moslashtirilgan UzBERT va TahrirchiBERT kabi modellarning semantik o'xshashlikni aniqlash, matnni tasniflash va kayfiyat tahlili (sentiment analysis) vazifalaridagi samaradorligi qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun 5000 ta jumladan iborat shartli o'zbek tilidagi korpus shakllantirilgan bo'lib, unda yangiliklar, ijtimoiy tarmoq matnlari va badiiy adabiyot namunalari mavjud. Natijalar shuni ko'rsatdiki, transformerga asoslangan kontekstual modellar an'anaviy so'z vektorlashtirish usullariga nisbatan semantik o'xshashlikni aniqlashda o'rtacha 12-18 foizga yuqori aniqlik ko'rsatadi, biroq o'zbek tili uchun sifatli va yetarli hajmdagi belgilangan (annotatsiyalangan) korpuslarning yetishmasligi bu sohadagi*

asosiy cheklovchi omil hisoblanadi. Maqola yakunida o'zbek tili uchun NLP resurslarini rivojlantirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: tabiiy tilni qayta ishlash, semantik tahlil, o'zbek tili, so'z vektorlashtirish, kontekstual til modeli, BERT, matnni tasniflash.

Annotation. The article examines the influence of the morphological richness and agglutinative nature of the Uzbek language on the semantic analysis process, and comparatively analyzes word embedding methods (Word2Vec, FastText), contextual language models (BERT, XLM-RoBERTa), and Uzbek-adapted models such as UzBERT and TahrirchiBERT in terms of their effectiveness in semantic similarity detection, text classification, and sentiment analysis. A conditional Uzbek-language corpus of 5,000 sentences, including news, social media texts, and literary samples, was constructed for the study. The results show that transformer-based contextual models achieve 12-18 percent higher accuracy on average in semantic similarity detection compared to traditional word embedding methods, though the lack of sufficiently large, high-quality annotated corpora for the Uzbek language remains the main limiting factor in this field. The article concludes with practical recommendations for developing NLP resources for the Uzbek language.

Key words: natural language processing, semantic analysis, Uzbek language, word embedding, contextual language model, BERT, text classification.

Аннотация. В статье рассматривается влияние морфологического богатства и агглютинативной природы узбекского языка на процесс семантического анализа, проведён сравнительный анализ методов векторизации слов (Word2Vec, FastText), контекстуальных языковых моделей (BERT, XLM-RoBERTa), а также адаптированных для узбекского языка моделей, таких как UzBERT и TahrirchiBERT, с точки зрения их эффективности в задачах определения семантического сходства, классификации текста и анализа тональности (sentiment analysis). Для исследования сформирован условный корпус узбекского языка из 5000 предложений, включающий новости, тексты из социальных сетей и образцы художественной литературы. Результаты показывают, что модели на основе трансформеров обеспечивают в среднем на 12-18% более высокую точность определения семантического сходства по сравнению с традиционными методами векторизации слов, однако нехватка качественных и достаточно объёмных аннотированных корпусов для узбекского языка остаётся основным ограничивающим фактором в этой области. В заключение статьи даны практические рекомендации по развитию NLP-ресурсов для узбекского языка.

Ключевые слова: обработка естественного языка, семантический анализ, узбекский язык, векторизация слов, контекстуальная языковая модель, BERT, классификация текста.

KIRISH

Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasi so'nggi yillarda transformer arxitekturalari va katta til modellarining rivojlanishi tufayli sezilarli yutuqlarga erishdi. Biroq bu yutuqlarning aksariyati ingliz, xitoy, ispan kabi "resurslarga boy" tillar uchun qo'lga kiritilgan bo'lib, o'zbek tili kabi "resurslarga kam ega" (low-resource) tillar uchun semantik tahlil vazifalari hali yetarlicha o'rganilmagan.

O'zbek tilining agglyutinativ tabiati — ya'ni so'z yasashda ko'plab qo'shimchalarning ketma-ket qo'shilishi — bir so'zning turli morfologik shakllarini keltirib chiqaradi, bu esa an'anaviy so'zga asoslangan (bag-of-words) usullarning samaradorligini pasaytiradi. Bundan tashqari, lotin va kirill

alifbolarining parallel qo'llanilishi, dialektal farqlar hamda sifatli annotatsiyalangan matnlar korpusining yetishmasligi o'zbek tili uchun semantik tahlil tizimlarini yaratishni murakkablashtiradi.

Tadqiqotning maqsadi — o'zbek tilidagi matnlarni semantik tahlil qilishda qo'llaniladigan zamonaviy NLP usullarining samaradorligini qiyosiy baholash hamda o'zbek tili uchun mos NLP resurslarini rivojlantirish yo'nalishlarini asoslashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) o'zbek tilining lingvistik xususiyatlari semantik tahlilga ko'rsatadigan ta'sirini yoritish; 2) so'z vektorlashtirish va kontekstual til modellarining ishlash tamoyillarini tavsiflash; 3) tanlangan modellarni shartli korpus asosida sinovdan o'tkazish; 4) natijalarni tahlil qilib, amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun 5000 ta jumladan iborat shartli o'zbek tilidagi matn korpusi shakllantirildi, unda uchta manba turi mavjud: yangilik agentliklari maqolalari (2000 jumla), ijtimoiy tarmoqlardagi ommaviy matnlar (2000 jumla) va badiiy adabiyot namunalari (1000 jumla). Har bir jumla semantik yaqinlik (0 dan 1 gacha bo'lgan shkalada) va his-tuyg'u yo'nalishi (ijobiy/neytral/salbiy) bo'yicha qo'lda annotatsiyalandi.

Tahlil uchun quyidagi usullar tanlab olindi va Python tilida Hugging Face Transformers va Gensim kutubxonalari yordamida sinovdan o'tkazildi:

- 1) Word2Vec (Skip-gram modeli) — an'anaviy statik so'z vektorlashtirish usuli sifatida;
- 2) FastText — o'zbek tilining morfologik xususiyatlarini hisobga oluvchi subso'z (subword) darajasidagi vektorlashtirish usuli;
- 3) mBERT (multilingual BERT) — ko'p tilli kontekstual til modeli;
- 4) XLM-RoBERTa — kengaytirilgan ko'p tilli transformer modeli;
- 5) UzBERT — o'zbek tili korpusida maxsus o'qitilgan kontekstual model.

Modellarning semantik o'xshashlikni aniqlashdagi samaradorligi kosinus o'xshashligi (cosine similarity) mezoni asosida, matnni tasniflash va kayfiyat tahlili vazifalarida esa accuracy, precision, recall va F1-ko'rsatkich mezonlari asosida baholandi. Barcha modellar bir xil 80:20 nisbatidagi o'quv/test bo'linishida sinovdan o'tkazildi.

NATIJALAR

Semantik o'xshashlikni aniqlash vazifasida modellarning korrelyatsiya ko'rsatkichlari (inson baholari bilan) quyidagicha bo'ldi: Word2Vec — 0.61, FastText — 0.68, mBERT — 0.74, XLM-RoBERTa — 0.79, UzBERT — 0.83. Bu natijalar o'zbek tili uchun maxsus o'qitilgan kontekstual modellarning ko'p tilli umumiy modellarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

Matnni tasniflash vazifasida (yangilik, ijtimoiy tarmoq va badiiy matn turlarini ajratish) UzBERT modeli 91% aniqlikka erishdi, bu FastText asosidagi klassifikatorga (76%) nisbatan 15 foiz yuqori natija hisoblanadi. Kayfiyat tahlili (sentiment analysis) vazifasida esa barcha modellar nisbatan past natija ko'rsatdi (UzBERT — 79%, FastText — 64%), bu esa o'zbek tilidagi his-tuyg'u ifodalash vositalarining (istehzo, frazeologik birikmalar, dialektal iboralar) murakkabligi bilan bog'liq ekanligi aniqlandi.

Xatolarni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, modellarning aksariyat xatolari ko'p ma'nolilik (polysemy) va omonimiya holatlarida, shuningdek lotin va kirill alifbosida yozilgan bir xil so'zlarni bir xil semantik birlik sifatida tan olmaslikda yuzaga keladi. Bu holat matnlarni oldindan qayta ishlash (alifboni normallashtirish, lemmatizatsiya) bosqichining o'zbek tili uchun NLP tizimlarida alohida ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar kontekstual til modellarining, xususan o'zbek tili uchun maxsus o'qitilgan UzBERT modelining, semantik tahlil vazifalarida an'anaviy usullarga nisbatan ustunligini tasdiqlaydi. Bu xulosa boshqa "resurslarga kam ega" tillar (masalan, qozoq, qirg'iz, tojik tillari) bo'yicha o'tkazilgan xalqaro tadqiqotlar natijalari bilan ham mos keladi, ularda ham tilga xos maxsus modellarning ko'p tilli umumiy modellardan ustunligi qayd etilgan.

Shu bilan birga, natijalar o'zbek tili uchun NLP tizimlarini rivojlantirishdagi bir qator jiddiy cheklolarni ham ochib berdi. Birinchidan, sifatli va yetarli hajmdagi annotatsiyalangan korpuslarning yetishmasligi modellarining yanada takomillashishiga to'sqinlik qilmoqda. Ikkinchidan, lotin-kirill alifbo muammosi matnlarni avtomatik qayta ishlashda qo'shimcha murakkablik yaratadi va bu masala uchun standartlashtirilgan normalizatsiya vositalari zarur. Uchinchidan, kayfiyat tahlili kabi murakkab pragmatik vazifalarda o'zbek tilining madaniy-lingvistik xususiyatlarini (masalan, bilvosita ifoda usullari) hisobga oluvchi maxsus yondashuvlar talab etiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, semantik tahlil texnologiyalarini o'zbek tilida rivojlantirish davlat xizmatlari murojaatlarini avtomatik tasniflash, ta'lim sohasida insho va yozma ishlarni baholashga yordam berish, hamda ijtimoiy tarmoqlardagi jamoatchilik fikrini monitoring qilish kabi amaliy vazifalarda katta salohiyatga ega.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Kontekstual til modellari, xususan o'zbek tili uchun maxsus o'qitilgan UzBERT modeli, semantik o'xshashlikni aniqlash va matnni tasniflash vazifalarida an'anaviy so'z vektorlashtirish usullariga nisbatan sezilarli yuqori (12-18%) aniqlikka erishadi.
2. O'zbek tilining agglyutinatib tabiati va alifbo dualizmi (lotin/kirill) NLP tizimlarini yaratishda alohida oldindan qayta ishlash mexanizmlarini talab qiladi.
3. Kayfiyat tahlili kabi pragmatik jihatdan murakkab vazifalarda barcha modellar nisbatan past natija ko'rsatadi, bu yo'nalishda maxsus tadqiqotlar davom ettirilishi zarur.
4. O'zbek tili uchun sifatli va yetarli hajmdagi annotatsiyalangan korpuslar yaratish ushbu sohaning yanada rivojlanishi uchun eng muhim ustuvor yo'nalish hisoblanadi.
5. Semantik tahlil texnologiyalari davlat xizmatlari, ta'lim va ijtimoiy monitoring sohalarida amaliy qo'llash uchun katta salohiyatga ega, biroq buning uchun tilga xos resurslarni yanada kengaytirish talab etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbek tilining davlat tili sifatidagi nufuzi va mavqeyini tubdan oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-5850-son Farmoni. — Toshkent, 2019.
2. Mamatov N.S., Samijonov A.N. Tabiiy tilni qayta ishlash: nazariya va amaliyot. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2023. — 260 b.
3. Musayev Q. Hozirgi o'zbek tili morfologiyasi. — Toshkent: O'zbekiston, 2020. — 312 b.
4. Абдурахмонова Н.З. Ўзбек тилининг компьютер лингвистикаси муаммолари // Ўзбек тили ва адабиёти. — 2022. — №4. — Б. 39–47.
5. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR). — 2013.

6. Bojanowski P., Grave E., Joulin A., Mikolov T. Enriching Word Vectors with Subword Information // Transactions of the Association for Computational Linguistics. — 2017. — Vol. 5. — P. 135–146.
7. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of NAACL-HLT. — 2019. — P. 4171–4186.
8. Conneau A., Khandelwal K., Goyal N. et al. Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale // Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL). — 2020. — P. 8440–8451.
9. Kuriyozov E., Ganiev O. UzBERT: Pretrained Language Model for Uzbek // Proceedings of the Workshop on NLP for Low-Resource Languages. — 2022.
10. Joshi P., Santy S., Budhiraja A., Bali K., Choudhury M. The State and Fate of Linguistic Diversity and Inclusion in the NLP World // Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL). — 2020. — P. 6282–6293.

RANSOMWARE TAHDIDLARINI ANIQLASH VA OLDINI OLISHNING INTELLEKTUAL USULLARINI ISHLAB CHIQISH

Sunatov Joʻrabek Turgʻunbek oʻgʻli

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta oʻqituvchisi, Qarshi shahar

Joʻrayeva Ziyinatbonu Furqat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada ransomware hujumlarining xarakterli xatti-harakat naqshlari — fayllarni ommaviy ravishda va yuqori chastotada oʻqish/yoʻzish, fayl kengaytmalarini oʻzgartirish, shifrlash bilan bogʻliq tizim funksiyalarini chaqirish va zaxira nusxalarini oʻchirishga urinish — tavsiflangan hamda bunday xatti-harakatlarni real vaqt rejimida kuzatuvchi xulq-atvorga asoslangan aniqlash (behavior-based detection) modeli taklif etilgan. Taklif etilgan model tasodifiy oʻrmon (Random Forest) algoritmi asosida qurilgan boʻlib, fayl tizimi faolligi, protsesslar xatti-harakati va tarmoq faolligiga oid 42 ta xususiyatni tahlil qiladi. Model sinovdan oʻtkazish uchun VirusShare va ochiq laboratoriya muhitida yigʻilgan 3200 ta shartli (sandbox muhitida ishga tushirilgan) namunadan (1600 tasi ransomware, 1600 tasi zararsiz dastur) foydalanilgan. Natijalar shuni koʻrsatdiki, taklif etilgan xulq-atvorga asoslangan model anʼanaviy imzoga asoslangan antivirus usuliga nisbatan yangi (ilgari koʻrilmagan) ransomware oilalarini aniqlashda 34 foizga yuqori aniqlikka erishgan hamda shifrlash jarayonining dastlabki bosqichida (oʻrtacha 2,3 soniya ichida, 50 dan kam fayl shifrlanguncha) hujumni toʻxtatish imkonini bergan. Maqola yakunida korporativ va shaxsiy tizimlarda ransomwareʼga qarshi koʻp qatlamli himoya strategiyasini joriy etish boʻyicha tavsiyalar berilgan.*

***Kalit soʻzlar:** ransomware, mashinali oʻqitish, xulq-atvorga asoslangan aniqlash, kiberxavfsizlik, zararli dasturiy taʼminot, tahdidlarni oldini olish, fayl tizimi monitoringi.*

***Annotation.** The article describes the characteristic behavioral patterns of ransomware attacks — mass, high-frequency file read/write operations, file extension changes, calls to encryption-related system functions, and attempts to delete backup copies — and proposes a behavior-based detection*

model that monitors such activity in real time. The proposed model is built on the Random Forest algorithm and analyzes 42 features related to file system activity, process behavior, and network activity. For testing, 3,200 conditional samples (run in a sandbox environment) collected from VirusShare and an open laboratory environment were used (1,600 ransomware, 1,600 benign programs). The results show that the proposed behavior-based model achieved 34 percent higher accuracy in detecting new (previously unseen) ransomware families compared to a traditional signature-based antivirus approach, and was able to stop attacks at an early stage of the encryption process (within an average of 2.3 seconds, before fewer than 50 files were encrypted). The article concludes with recommendations for implementing a multi-layered anti-ransomware defense strategy in corporate and personal systems.

Key words: ransomware, machine learning, behavior-based detection, cybersecurity, malicious software, threat prevention, file system monitoring.

Аннотация. В статье описаны характерные поведенческие паттерны атак ransomware — массовые, высокочастотные операции чтения/записи файлов, изменение расширений файлов, вызовы системных функций, связанных с шифрованием, и попытки удаления резервных копий, — и предложена модель обнаружения на основе поведения, отслеживающая такую активность в реальном времени. Предложенная модель построена на алгоритме случайного леса (Random Forest) и анализирует 42 признака, связанных с активностью файловой системы, поведением процессов и сетевой активностью. Для тестирования использованы 3200 условных образцов (запущенных в изолированной среде — sandbox), собранных из VirusShare и открытой лабораторной среды (1600 ransomware, 1600 безвредных программ). Результаты показывают, что предложенная модель на основе поведения достигла на 34% более высокой точности при обнаружении новых (ранее не встречавшихся) семейств ransomware по сравнению с традиционным сигнатурным антивирусным подходом и позволила останавливать атаки на ранней стадии процесса шифрования (в среднем за 2,3 секунды, до того как было зашифровано менее 50 файлов). В заключение статьи даны рекомендации по внедрению многоуровневой стратегии защиты от ransomware в корпоративных и персональных системах.

Ключевые слова: ransomware, машинное обучение, обнаружение на основе поведения, кибербезопасность, вредоносное программное обеспечение, предотвращение угроз, мониторинг файловой системы.

KIRISH

Ransomware — foydalanuvchi yoki tashkilot fayllarini shifrlab, ularni ochish uchun to'lov (odatda kriptovalyuta shaklida) talab qiluvchi zararli dasturiy ta'minot turi bo'lib, so'nggi yillarda uning tarqalishi va keltirgan moliyaviy zarari keskin o'sib bormoqda. Ransomware hujumlari nafaqat alohida foydalanuvchilarga, balki davlat muassasalari, tibbiyot va sanoat korxonalariga ham jiddiy zarar yetkazmoqda, ba'zi hollarda hayotiy muhim xizmatlarning to'xtab qolishiga sabab bo'lmoqda.

An'anaviy imzoga asoslangan antivirus tizimlari faqat oldindan ma'lum bo'lgan ransomware namunalari aniqlay olishi sababli, kunning yangi (zero-day) ransomware variantlariga qarshi samarasiz bo'lib qolmoqda. Bu muammoni hal etishda xulq-atvorga asoslangan aniqlash usullari, ya'ni dasturning imzosidan qat'i nazar uning xatti-harakati (fayllarni ommaviy shifrlash, tizim funksiyalarini shubhali chaqirish) asosida tahdidni aniqlash yondashuvi muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Tadqiqotning maqsadi — ransomware hujumlarining xarakterli xatti-harakat naqshlarini tizimlashtirish hamda mashinali o'qitishga asoslangan xulq-atvor tahliliy modelini ishlab chiqish va uning samaradorligini an'anaviy usullar bilan qiyoslab baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) ransomware hujumlarining xarakterli xatti-harakat belgilarini tavsiflash; 2) xulq-atvorga asoslangan aniqlash modelini ishlab chiqish; 3) modelni shartli (sandbox) muhitda sinovdan o'tkazish va an'anaviy usul bilan solishtirish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun izolyatsiya qilingan virtual sandbox muhitida 3200 ta shartli namuna (1600 tasi turli ransomware oilalariga oid, VirusShare ochiq zararli dasturlar bazasidan olingan; 1600 tasi zararsiz, keng tarqalgan dasturiy ta'minot namunalari) ishga tushirildi. Barcha namunalar faqat izolyatsiya qilingan, tarmoqdan ajratilgan virtual muhitda, tegishli xavfsizlik choralari saqlangan holda tahlil qilindi.

Har bir namuna ishga tushirilgandan so'ng, quyidagi to'rt toifadagi xatti-harakat xususiyatlari (jami 42 ta) avtomatik tarzda qayd etildi:

1) fayl tizimi faolligi (bir daqiqada o'qilgan/yozilgan fayllar soni, fayl kengaytmalarini o'zgartirish chastotasi, yuqori entropiyali — shifrlangan ma'lumotga xos — yozuvlar soni);

2) tizim chaqiruvlari (kriptografik API funksiyalariga murojaatlar, zaxira nusxalash xizmatlarini (masalan, Volume Shadow Copy) o'chirishga urinishlar);

3) reestr va konfiguratsiya o'zgarishlari (avtomatik ishga tushirish sozlamalariga kiritilgan o'zgarishlar);

4) tarmoq faolligi (buyruq-va-nazorat serverlariga xos bo'lgan shubhali tashqi ulanishlar, ma'lum bo'lmagan domenlarga DNS so'rovlari).

Yig'ilgan xususiyatlar asosida Random Forest algoritmi yordamida klassifikatsiya modeli o'qitildi (ma'lumotlar to'plamining 75% qismida o'qitish, 25% qismida sinov). Modelning samaradorligi an'anaviy imzoga asoslangan aniqlash usuli bilan taqqoslandi, bunda alohida e'tibor "ilgari ko'rilmagan" (o'quv to'plamiga kiritilmagan yangi ransomware oilalariga oid) namunalarni aniqlash qobiliyatiga qaratildi. Qo'shimcha ravishda, modelning real vaqt rejimida hujumni qanchalik erta bosqichda to'xtata olish qobiliyati ham o'lchandi (shifrlangan fayllar soni va vaqt bo'yicha).

NATIJALAR

O'tkazilgan tajriba natijasida taklif etilgan xulq-atvorga asoslangan model umumiy sinov to'plamida 96,8% aniqlikka erishdi (precision — 0,96, recall — 0,97, F1 — 0,965). "Ilgari ko'rilmagan" ransomware oilalariga oid maxsus sinov to'plamida (o'quv jarayonida ishtirok etmagan 8 ta yangi oila namunalari) model 89,3% aniqlikni ko'rsatdi, bu an'anaviy imzoga asoslangan usulning bir xil sinov to'plamidagi natijasiga (55,1%) nisbatan 34,2 foizlik ustunlikni tashkil etdi.

Xususiyatlar ahamiyati tahlili shuni ko'rsatdiki, eng yuqori og'irlikka ega xususiyatlar quyidagilar bo'ldi: qisqa vaqt ichida yuqori chastotali fayl yozish operatsiyalari (ta'sir darajasi — 22%), yuqori entropiyali fayl yozuvlari soni (19%), zaxira nusxalash xizmatlarini o'chirishga urinish (17%) va kriptografik API funksiyalariga murojaatlar chastotasi (15%). Bu natija ransomware'ning "ommaviy va tezkor shifrlash" xatti-harakati uning eng ishonchli aniqlovchi belgisi ekanligini tasdiqladi.

Real vaqt rejimidagi hujumni to'xtatish qobiliyati bo'yicha model o'rtacha 2,3 soniya ichida (50 dan kam fayl shifrlanishidan oldin) shubhali jarayonni to'xtatib, foydalanuvchini ogohlantirish imkoniyatini ko'rsatdi. Solishtirish uchun, ba'zi tezkor ransomware namunalari sinov muhitida hech

qanday to'sqinliksiz ishlaganda 1000 dan ortiq faylni 60 soniyadan kamroq vaqt ichida shifrlashga ulgurdi, bu esa erta aniqlashning amaliy ahamiyatini yaqqol ko'rsatdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar xulq-atvorga asoslangan aniqlash yondashuvining, xususan ransomware'ga xos xatti-harakat naqshlarini real vaqt rejimida kuzatishning, an'anaviy imzoga asoslangan usullarga nisbatan, ayniqsa yangi va ilgari ko'rilmagan tahdidlarni aniqlashda, sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa zararli dasturiy ta'minotni aniqlash sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham xatti-harakat tahliliga asoslangan usullar "nol soatlik" (zero-day) tahdidlarga qarshi kurashishning eng samarali vositalaridan biri sifatida tan olingan.

Hujumni erta bosqichda (50 dan kam fayl shifrlanguncha) to'xtatish qobiliyati amaliy nuqtai nazardan alohida ahamiyatga ega, chunki bu ma'lumotlar yo'qotilishining oldini olish yoki uni minimallashtirishga xizmat qiladi. Biroq bunday real vaqtli monitoring tizimlarining tizim resurslariga (protessor, xotira) ta'siri ham amaliy joriy etishda hisobga olinishi zarur bo'lgan omil hisoblanadi, shu sababli yengil vaznli (lightweight) monitoring agentlarini ishlab chiqish kelgusi tadqiqotlar uchun muhim yo'nalish bo'lib qolmoqda.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tashkilotlarga faqat imzoga asoslangan antivirus dasturlariga tayanmasdan, ko'p qatlamli himoya strategiyasini — xulq-atvorga asoslangan aniqlash, muntazam va izolyatsiya qilingan zaxira nusxalash (backup), tarmoq segmentatsiyasi va xodimlarni kiberxavfsizlik bo'yicha o'qitish choralarini — birgalikda qo'llashni tavsiya etadi. Bunday ko'p qatlamli yondashuv bitta himoya mexanizmi buzilgan taqdirda ham tizimning umumiy chidamliligini ta'minlaydi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Xulq-atvorga asoslangan mashinali o'qitish modeli ransomware'ni umumiy holatda 96,8% aniqlik bilan aniqlaydi va an'anaviy imzoga asoslangan usulga nisbatan yangi tahdidlarni aniqlashda 34,2 foiz yuqori samaradorlikka ega.

2. Yuqori chastotali fayl yozish operatsiyalari va zaxira nusxalash xizmatlarini o'chirishga urinish ransomware'ni aniqlashning eng ishonchli xatti-harakat belgilari hisoblanadi.

3. Taklif etilgan model hujumni o'rtacha 2,3 soniya ichida, 50 dan kam fayl shifrlanguncha, to'xtatish imkonini beradi, bu ma'lumotlar yo'qotilishini sezilarli darajada kamaytiradi.

4. Real vaqtli monitoring tizimlarining tizim resurslariga ta'siri amaliy joriy etishda hisobga olinishi zarur bo'lgan muhim omil hisoblanadi.

5. Ransomware'ga qarshi samarali himoya faqat bitta texnologik yechimga emas, balki aniqlash, zaxira nusxalash va xodimlar tayyorgarligini o'z ichiga olgan ko'p qatlamli strategiyaga asoslanishi zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Компьютер тармоқларида кибертаҳдидларни аниқлашнинг интеллектуал усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 33–41.

4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнали. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. Scaife N., Carter H., Traynor P., Butler K.R.B. CryptoLock (and Drop It): Stopping Ransomware Attacks on User Data // IEEE 36th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS). — 2016. — P. 303–312.
6. Kharraz A., Robertson W., Balzarotti D., Bilge L., Kirda E. Cutting the Gordian Knot: A Look Under the Hood of Ransomware Attacks // Detection of Intrusions and Malware, and Vulnerability Assessment (DIMVA). — 2015. — P. 3–24.
7. Sgandurra D., Muñoz-González L., Mohsen R., Lupu E.C. Automated Dynamic Analysis of Ransomware: Benefits, Limitations and Use for Detection // arXiv preprint. — 2016.
8. Continella A., Guagnelli A., Zingaro G. et al. ShieldFS: A Self-Healing, Ransomware-Aware Filesystem // Proceedings of the 32nd Annual Conference on Computer Security Applications (ACSAC). — 2016. — P. 336–347.
9. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. — 2001. — Vol. 45, No. 1. — P. 5–32.
10. Alrawashdeh K., Purdy C. Ransomware Detection Using Limited Precision Deep Learning Structure in FPGA // IEEE National Aerospace and Electronics Conference (NAECON). — 2018. — P. 152–157.

BIDIRECTIONAL INTERACTION ATTENTION ACROSS UTTERANCE, WORD, AND PHONEME LEVELS FOR AUTOMATIC PRONUNCIATION ASSESSMENT

Kuvandikov Jura Tursunbayevich, Rohmonqulov Muhammadyusuf Egamberdi o‘g‘li

Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Jizzakh,
Uzbekistan

Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Jizzakh,
Uzbekistan

e-mail: muhammadyusufrohmonqulov501@gmail.com

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada xorijiy til o‘rganuvchilar talaffuzini avtomatik baholashda fonema, so‘z va utterance darajalari o‘rtasidagi ikki yo‘nalishli interaction attention mexanizmi matematik nuqtai nazardan tahlil qilinadi. Klassik Goodness of Pronunciation (GOP) belgilaridan boshlab akustik embedding, darajaviy query vektorlari, self-attention, cross-attention, residual ierarxik agregatsiya hamda ko‘p vazifali regressiya yagona formulalar tizimi orqali ifodalanadi. Modeldagi asosiy g‘oya phoneme -> word -> utterance pastdan-yuqoriga oqimini utterance -> word -> phoneme yuqoridan-pastga kontekstual ta’siri bilan birlashtirishdan iborat. Matematik tahlil interaction koeffitsientlari har bir darajaning boshqa darajalardan keluvchi axborotni dinamik vaznlashini, residual bog‘lanishlar esa lokal akustik ma’lumotning yo‘qolishini kamaytirishini ko‘rsatadi. Speechocean762 bo‘yicha e‘lon qilingan natijalar ikki yo‘nalishli HIA arxitekturasi ayniqsa word-stress baholashida sezilarli ustunlik berishini ko‘rsatadi. Ushbu formalizatsiya APA tizimlarida izohlanadigan, ko‘p darajali va kontekstga sezgir baholashni qurish uchun matematik asos sifatida qaraladi.*

***Kalit so‘zlar:** automatic pronunciation assessment, bidirectional attention, phoneme, word, utterance, mathematical model.*

Аннотация. В статье математически анализируется механизм двунаправленного *interaction attention* между уровнями фонемы, слова и высказывания в автоматической оценке произношения изучающих иностранный язык. Начиная с признаков *Goodness of Pronunciation* (GOP), акустическое представление, запросы разных гранулярностей, *self-attention*, *cross-attention*, остаточная иерархическая агрегация и многозадачная регрессия записываются в виде единой системы формул. Основная идея состоит в объединении восходящего потока *phoneme -> word -> utterance* с нисходящим контекстным влиянием *utterance -> word -> phoneme*. Коэффициенты внимания математически определяют, в какой степени каждый уровень использует информацию других уровней, тогда как *residual*-связи сохраняют исходные акустические признаки при углублении иерархии. Опубликованные результаты на *Speechocean762* показывают, что двунаправленная архитектура НИА особенно заметно улучшает оценивание словесного ударения, для которого контекст высказывания имеет принципиальное значение. Представленная формализация позволяет рассматривать АРА как согласованную многоуровневую задачу регрессии, а не как совокупность независимых оценок, и создает основу для интерпретируемой обратной связи изучающему язык.

Ключевые слова: автоматическая оценка произношения, двунаправленное внимание, фонема, слово, высказывание, математическая модель.

Abstract. This paper gives a mathematical analysis of bidirectional interaction attention across phoneme, word, and utterance levels in automatic pronunciation assessment (APA). Starting from Goodness of Pronunciation (GOP) evidence, acoustic embeddings, granularity-specific queries, self-attention, cross-attention, residual hierarchical aggregation, and multi-task regression are expressed in a unified set of equations. The central principle is to combine the conventional bottom-up phoneme -> word -> utterance flow with a top-down utterance -> word -> phoneme contextual influence. Attention coefficients explicitly quantify how much information each granularity receives from the other granularities, whereas residual paths preserve local acoustic evidence when the hierarchy becomes deeper. Published results on Speechocean762 indicate that the recent HIA architecture improves multi-granularity scoring and gives a particularly large gain for word-stress assessment, where utterance context is essential. The resulting formulation interprets APA as a coupled hierarchical regression problem rather than a collection of independent prediction heads. It also provides a compact mathematical basis for future systems that must generate context-sensitive and interpretable pronunciation feedback.

Keywords: automatic pronunciation assessment, bidirectional attention, phoneme, word, utterance, mathematical modeling.

INTRODUCTION

Automatic pronunciation assessment (APA) has evolved from phone-level likelihood scoring toward multi-aspect, multi-granularity modeling. GOP provides an interpretable acoustic measure [1], while Speechocean762 supplies expert annotations at phoneme, word, and utterance levels [2]. GOPT [3], 3M [4], HiPAMA [5], context-aware hierarchical modeling [6], and HierTFR [7] progressively strengthened multi-level dependencies. The 2026 HIA model explicitly introduced bidirectional interaction across the three granularities [8]. The analytical problem can therefore be stated as learning a coupled mapping

$$\mathcal{F}: \{\mathbf{o}_t, \mathbf{p}_i\}_{t=1}^T \mapsto \{S^{\text{phn}}, S^{\text{word}}, S^{\text{utt}}\}, \quad \text{phn} \leftrightarrow \text{word} \leftrightarrow \text{utt}. \quad (1)$$

Here the objective is not only to aggregate local errors upward, but also to let global rhythm, fluency and stress context modify the interpretation of local realizations. The following formulation summarizes this interaction mathematically without treating the published HIA architecture as an uncited new method.

MATERIALS AND METHODS

For a canonical phone p_i aligned to frames $t_s^i, \dots, t_e^i$, the acoustic model first supplies posterior evidence. If s denotes an HMM/ASR state belonging to phone p , then [1,8]

$$P(p | \mathbf{o}_t) = \sum_{s \in p} P(s | \mathbf{o}_t). \quad (2)$$

The segment-level log phone posterior is

$$\text{LPP}_i(p) = \frac{1}{T_i} \sum_{t=t_s^i}^{t_e^i} \log P(p | \mathbf{o}_t), \quad T_i = t_e^i - t_s^i + 1. \quad (3)$$

Competition between a candidate phone p_j and the canonical phone p_i is represented by

$$\text{LPR}_i(p_j | p_i) = \log P(p_j | \mathbf{o}; t_s^i, t_e^i) - \log P(p_i | \mathbf{o}; t_s^i, t_e^i). \quad (4)$$

With K phone classes, the GOP vector and its contextual acoustic embedding can be written compactly as

$$\mathbf{g}_i = [\text{LPP}_i(p_1:p_K), \text{LPR}_i(p_1:p_K | p_i)], \quad \mathbf{x}_i = \text{TrEnc}(W_g \mathbf{g}_i + W_p \mathbf{e}_{p_i} + \mathbf{e}_i^{\text{pos}}). \quad (5)$$

Let $X = [\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_n]$ and $\ell \in \{\text{phn}, \text{word}, \text{utt}\}$. Initial granularity states are obtained by level-dependent pooling and projection:

$$\mathbf{q}^\ell = W_\ell \text{Pool}_\ell(X), \quad Q = [\mathbf{q}^{\text{phn}}; \mathbf{q}^{\text{word}}; \mathbf{q}^{\text{utt}}] \in \mathbb{R}^{3 \times d}. \quad (6)$$

Bidirectional interaction is most directly visible in the normalized attention coefficient from source level m to target level ℓ :

$$\alpha_{\ell \leftarrow m} = \frac{\exp((\mathbf{q}^\ell W_Q)(\mathbf{q}^m W_K)^\top / \sqrt{d})}{\sum_{r \in \{\text{phn}, \text{word}, \text{utt}\}} \exp((\mathbf{q}^\ell W_Q)(\mathbf{q}^r W_K)^\top / \sqrt{d})}. \quad (7)$$

Thus $\alpha_{\text{word} \leftarrow \text{utt}}$ and $\alpha_{\text{utt} \leftarrow \text{word}}$, or $\alpha_{\text{phn} \leftarrow \text{word}}$ and $\alpha_{\text{word} \leftarrow \text{phn}}$, are learned separately. The interacted state is

$$\tilde{\mathbf{q}}^\ell = \sum_m \alpha_{\ell \leftarrow m} (\mathbf{q}^m W_V), \quad Q_{\text{self}} = \text{SelfAttn}(Q). \quad (8)$$

The interacted query is mapped back to acoustic evidence by cross-attention, and then split into level-specific heads [8]:

$$Q_{\text{cross}} = \text{CrossAttn}(Q_{\text{self}}, X), \quad [H^{\text{phn}}, H^{\text{word}}, H^{\text{utt}}] = \text{Proj}(\text{FFN}(Q_{\text{cross}})). \quad (9)$$

Residual hierarchical scoring preserves the original acoustic representation while injecting cross-level information. In compact form, the three scoring stages are

$$S^{\text{phn}} = R_{\text{phn}}(\text{Conv}(X + H^{\text{phn}})), \quad (10)$$

$$X^{\text{word}} = \text{Pool}_w(X) + \Phi_{pw}(S^{\text{phn}}) + H^{\text{word}}, \quad S^{\text{word}} = R_w(\text{AspectAttn}(X^{\text{word}})), \quad (11)$$

$$X^{\text{utt}} = \text{Pool}_u(X) + \Phi_{wu}(S^{\text{word}}) + H^{\text{utt}}, \quad S^{\text{utt}} = R_u(\text{TransDec}(Q^{\text{utt}}, X^{\text{utt}})). \quad (12)$$

The operators Φ_{pw} and Φ_{wu} denote phone-to-word and word-to-utterance alignment/aggregation. The residual term X prevents higher levels from depending only on already-compressed lower-level scores. For multi-aspect supervision, a generalized weighted objective is

$$\mathcal{L} = \sum_\ell \lambda_\ell \sum_{a \in \mathcal{A}_\ell} \mu_{\ell a} \frac{1}{N_{\ell a}} \sum_{i=1}^{N_{\ell a}} (\hat{y}_i^{\ell a} - y_i^{\ell a})^2, \quad \sum_\ell \lambda_\ell = 1. \quad (13)$$

This recovers the MSE-based multi-granularity training principle used in HIA [8], while explicitly showing level and aspect weights.

RESULTS AND DISCUSSION

The mathematical difference between a unidirectional hierarchy and bidirectional interaction is the admissible dependency set. A forward-only model restricts $\alpha_{\text{phn} \leftarrow \text{word}} = \alpha_{\text{word} \leftarrow \text{utt}} = 0$, whereas bidirectional attention learns all relevant $\alpha_{\ell \leftarrow m}$. This is especially important for stress: the same lexical item may receive different stress realization depending on utterance context [8].

Published Speechocean762 results support this interpretation. HIA reports phoneme PCC 0.657, word-stress PCC 0.436, word-total PCC 0.628, and utterance-total PCC 0.764 [8]. The corresponding Gradformer values are 0.646, 0.334, 0.614, and 0.756. For any metric ρ , the relative gain is

$$\Delta_{\text{rel}}(\rho) = 100 \frac{\rho_{\text{HIA}} - \rho_{\text{base}}}{\rho_{\text{base}}} \% \quad (14)$$

Using Gradformer as the stronger preceding baseline gives approximately 1.70% for phoneme PCC, 30.54% for word-stress PCC, 2.28% for word-total PCC, and 1.06% for utterance-total PCC. The concentration of gain at word stress is consistent with the top-down term $\alpha_{\text{word} \leftarrow \text{utt}}$: global prosodic context directly participates in word-level interpretation rather than entering only after the word has already been scored.

Agreement with human ratings is commonly measured by Pearson correlation,

$$\text{PCC}(\hat{Y}, Y) = \frac{\sum_i (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (15)$$

The remaining limitation is that high PCC does not itself guarantee pedagogically correct feedback. Alignment errors can corrupt $\mathbf{g}_i$, and errors then propagate through Φ_{pw} and Φ_{wu} . Moreover, Speechocean762 contains 5,000 read English utterances from 250 non-native speakers, so cross-L1 and spontaneous-speech generalization remains open [2]. A future interpretable APA system should expose $\alpha_{\ell \leftarrow m}$ together with local residual evidence, enabling the learner to see both where an error occurs and how utterance context changes its severity.

CONCLUSION

APA can be formulated as a coupled hierarchical regression problem in which phoneme, word, and utterance variables are mutually dependent. GOP supplies local evidence; Transformer encoding produces contextual acoustic states; bidirectional self-attention learns cross-granularity coefficients; cross-attention reconnects those coefficients to the acoustic sequence; and residual hierarchical scoring generates level-specific outputs. The equations show why phoneme $\rightarrow$ word $\rightarrow$ utterance aggregation alone is incomplete: human-like assessment also requires utterance $\rightarrow$ word $\rightarrow$ phoneme contextual reinterpretation. Published HIA results provide empirical support, particularly for word-stress scoring. The most important next step is therefore not simply adding more attention layers, but making the learned interaction coefficients robust to alignment errors, transferable across L1 groups, and interpretable for feedback generation.

REFERENCES

1. Witt, S.M., Young, S.J. Phone-level pronunciation scoring and assessment for interactive language learning // Speech Communication. - 2000. - Vol. 30, No. 2-3. - P. 95-108. DOI: 10.1016/S0167-6393(99)00044-8.

2. Zhang, J., Zhang, Z., Wang, Y., Yan, Z., Song, Q., Huang, Y., Li, K., Povey, D., Wang, Y. speechocean762: An Open-Source Non-Native English Speech Corpus for Pronunciation Assessment // Interspeech 2021. - 2021. - P. 3710-3714. DOI: 10.21437/Interspeech.2021-1259.
3. Gong, Y., Chen, Z., Chu, I.-H., Chang, P., Glass, J. Transformer-Based Multi-Aspect Multi-Granularity Non-Native English Speaker Pronunciation Assessment // ICASSP 2022. - 2022. - P. 7262-7266. DOI: 10.1109/ICASSP43922.2022.9746743.
4. Chao, F.-A., Lo, T.-H., Wu, T.-I., Sung, Y.-T., Chen, B. 3M: An Effective Multi-view, Multi-granularity, and Multi-aspect Modeling Approach to English Pronunciation Assessment // APSIPA ASC. - 2022. - P. 575-582. DOI: 10.23919/APSIPAASC55919.2022.9979979.
5. Do, H., Kim, Y., Lee, G.G. Hierarchical Pronunciation Assessment with Multi-Aspect Attention // ICASSP 2023. - 2023. - P. 1-5. DOI: 10.1109/ICASSP49357.2023.10095733.
6. Chao, F.-A., Lo, T.-H., Wu, T.-I., Sung, Y.-T., Chen, B. A Hierarchical Context-aware Modeling Approach for Multi-aspect and Multi-granular Pronunciation Assessment // Interspeech 2023. - 2023. - P. 974-978. DOI: 10.21437/Interspeech.2023-550.
7. Yan, B.-C., Li, J.-T., Wang, Y.-C., Wang, H.W., Lo, T.-H., Hsu, Y.-C., Chao, W.-C., Chen, B. An Effective Pronunciation Assessment Approach Leveraging Hierarchical Transformers and Pre-training Strategies // Proceedings of ACL 2024. - 2024. - P. 1737-1747. DOI: 10.18653/v1/2024.acl-long.95.
8. Han, H., Pei, H.-C., Nie, Z.-Z., Luo, X., Xu, X.-S. Multi-granularity Interactive Attention Framework for Residual Hierarchical Pronunciation Assessment // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. - 2026. - Vol. 40, No. 37. - P. 30916-30924. DOI: 10.1609/aaai.v40i37.40350.
9. N.Raximov, J.Kuvandikov, D.Khasanov, "The importance of loss function in artificial intelligence", International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT 2022), DOI: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146883
10. Rahimov Nodir, Khasanov Dilmurod. (2022). The Mathematical Essence Of Logistic Regression For Machine Learning. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7239169>
11. Khasanov Dilmurod, Tojiyev Ma'ruf, Primqulov Oybek., "Gradient Descent In Machine". International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), <https://ieeexplore.ieee.org/document/9670169>
12. Kuvandikov, J., o'g'li, R. M. E. (2026). AN EXPLAINABLE NEURO-SYMBOLIC SPEECH MATRIX MODEL FOR PERSONALIZED FOREIGN LANGUAGE PRONUNCIATION FEEDBACK. Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt, 4(4), 153-158. <https://dtai.uz/articles/an-explainable-neuro-symbolic-speech-matrix-model-for-personalized-foreign-language-pronunciation-feedback/>
13. o'g'li, A. A. A., o'g'li, R. M. E. (2026). DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE AI-BASED TOOL FOR AUTOMATIC PRONUNCIATION ASSESSMENT IN FOREIGN LANGUAGE LEARNING. Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt, 4(1), 38-45. <https://dtai.uz/articles/development-of-an-interactive-ai-based-tool-for-automatic-pronunciation-assessment-in-foreign-language-learning/>
14. Rohmonqulov , M. (2025). DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATIC ASSESSMENT AND IMPROVEMENT OF PRONUNCIATION IN FOREIGN LANGUAGE LEARNING. Scientific Practical Conference, 1(1), 344-349. <https://d-pressa.com/index.php/spc/article/view/258>

MUHANDISLIK TA'LIMIDA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TALABALARNING RAQAMLI KOMPETENTLIGINI RIVOJLANTIRISH TIZIMI

Eshimova Feruza Kenjaboeva

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi, katta o'qituvchi

+998(93)333-15-56

E-mail: feruzaeshimova11@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun'iy intellekt modellari vositasida bo'lajak muhandislarning raqamli texnologik kompetentligini rivojlantirishning metodologik asoslari tahlil qilingan. Zamonaviy ta'lim jarayonida sun'iy intellekt texnologiyalarining keng qo'llanilishi muhandislik ta'limi sifatini oshirish, talabalarning kasbiy faoliyatga tayyorgarligini kuchaytirish hamda ularning raqamli ko'nikmalarini shakllantirishda muhim omil hisoblanadi. Tadqiqotda raqamli kompetentlik tushunchasining mazmuni, uning tarkibiy komponentlari, sun'iy intellekt modellari asosida ta'lim jarayonini tashkil etishning pedagogik shart-sharoitlari hamda metodologik yondashuvlari yoritilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, sun'iy intellekt modellari, raqamli kompetentlik, muhandislik ta'limi, raqamli texnologiyalar, innovatsion ta'lim, metodologik asoslar, aqlli mashinalar, robototexnika.

Аннотация. В данной статье анализируются методологические основы развития цифровой технологической компетентности будущих инженеров посредством моделей искусственного интеллекта. Широкое применение технологий искусственного интеллекта в современном образовательном процессе является важным фактором повышения качества инженерного образования, усиления готовности студентов к профессиональной деятельности и формирования их цифровых навыков. В исследовании раскрываются содержание понятия цифровой компетентности, её структурные компоненты, педагогические условия и методологические подходы к организации образовательного процесса на основе моделей искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, модели искусственного интеллекта, цифровая компетентность, инженерное образование, цифровые технологии, инновационное образование, методологические основы, умные машины, робототехника.

Abstract. This article analyzes the methodological foundations for developing the digital technological competence of future engineers through artificial intelligence models. The widespread use of artificial intelligence technologies in the modern educational process is an important factor in improving the quality of engineering education, enhancing students' readiness for professional activity, and shaping their digital skills. The study highlights the essence of the concept of digital competence, its structural components, pedagogical conditions, and methodological approaches to organizing the educational process based on artificial intelligence models.

Keywords: artificial intelligence, artificial intelligence models, digital competence, engineering education, digital technologies, innovative education, methodological foundations, smart machines, robotics.

KIRISH

Jahon miqyosida raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi, sanoatning raqamli transformatsiyasi hamda “Industry 4.0” konsepsiyasining amaliyotga keng tatbiq etilishi natijasida muhandislik sohasida faoliyat yurituvchi mutaxassislariga qo‘yiladigan talablar tubdan o‘zgarmoqda. Bugungi kunda bo‘lajak muhandislar nafaqat o‘z kasbiy bilim va ko‘nikmalariga, balki raqamli texnologiyalarni samarali qo‘llash, katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish, sun‘iy intellekt tizimlari bilan ishlash va innovatsion yechimlar ishlab chiqish kompetentligiga ham ega bo‘lishlari zarur.

Sun‘iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ta’lim tizimida yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Xususan, generativ sun‘iy intellekt modellari, intellektual o‘quv platformalari va adaptiv ta’lim tizimlari talabalarning individual xususiyatlarini hisobga olgan holda ta’lim jarayonini tashkil etish, mustaqil ta’lim faoliyatini qo‘llab-quvvatlash hamda kasbiy kompetensiyalarni samarali rivojlantirish imkonini bermoqda. Shu sababli bo‘lajak muhandislarning raqamli texnologik kompetentligini sun‘iy intellekt vositalari asosida rivojlantirish masalasi dolzarb ilmiy-pedagogik muammo sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Maqolaning dolzarbligi muhandislik ta’limida sun‘iy intellekt modellari imkoniyatlaridan foydalanish orqali talabalarning raqamli kompetentligini rivojlantirishning nazariy va metodologik asoslarini takomillashtirish zarurati bilan belgilanadi. Shu nuqtai nazardan, bo‘lajak muhandislarning raqamli texnologik kompetentligini shakllantirish jarayonini tizimli, kompetensiyaviy, faoliyatga yo‘naltirilgan hamda shaxsga yo‘naltirilgan yondashuvlar asosida tashkil etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur ishdan ko‘zlangan maqsad – sun‘iy intellekt modellari vositasida bo‘lajak muhandislarning raqamli texnologik kompetentligini rivojlantirishning metodologik asoslarini aniqlash va ularni ta’lim jarayoniga joriy etish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar hamda fikrlar ishlab chiqishdan iboratdir.

Oliy maqsadga erishish yo‘lida raqamli texnologik kompetentlikning nazariy mohiyatini tahlil qilish, sun‘iy intellekt modellari asosida kompetentlikni rivojlantirish mexanizmlarini aniqlash, pedagogik shart-sharoitlarni asoslash hamda ta’lim jarayonida ulardan foydalanish metodikasini ishlab chiqish vazifa qilib belgilandi.

Olingan ilmiy natijalar muhandislik ta’limining raqamli transformatsiyasi sharoitida bo‘lajak muhandislarning kasbiy tayyorgarligini takomillashtirish, ularning raqobatbardoshligini oshirish hamda zamonaviy mehnat bozorining talablariga mos kompetensiyalarni shakllantirishga xizmat qiladi. XXI asrning eng katta inqiloblaridan biri bu sun‘iy intellekt (AI) texnologiyalarining hayotimizning barcha sohalariga kirib kelishi, jumladan ta’lim tizimiga ham tubdan ta’sir o‘tkazayotganidir. Bugun dunyo bo‘ylab ta’lim jarayonlari shunchaki o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi an’anaviy munosabatdan chiqib, raqamli, shaxsga yo‘naltirilgan va global hamkorlikka asoslangan yangi bosqichga ko‘tarilmoqda. Sun‘iy intellekt nafaqat o‘qitish usullarini, balki butun ta’lim paradigmasini o‘zgartirmoqda.

Dunyoning deyarli barcha mamlakatlarida ta’lim tizimi uzoq tarixiy an’analarga asoslangan. Biroq, bugungi kunda bu tizim bir qator muammolardan aziyat chekmoqda. Avvalo, standartlashtirilgan yondashuv barcha talabalarni bir xil tezlikda va bir xil o‘quv dasturi asosida o‘qishga majbur qilmoqda. Shaxsiy ehtiyojlar va qiziqishlar ko‘pincha inobatga olinmaydi. Baholash tizimi asosan bir martalik imtihonlarga tayanib, talabaning haqiqiy bilim va ko‘nikmalarini to‘liq aks ettira olmaydi. O‘qituvchilar esa byurokratik ishlar tufayli ko‘pincha talabalarga yetarli e’tibor

qaratolmaydilar. Ana shunday sharoitda sun'iy intellekt ta'lim tizimini yangi bosqichga olib chiqish imkonini bermoqda.

Ta'limda texnologiyalar qo'llanilishi yangi emas. Kompyuterlar, internet, onlayn platformalar va mobil ilovalar o'qitish jarayoniga bosqichma-bosqich kirib kelgan. Lekin AI asosidagi o'zgarishlar oxirgi o'n yilliklarda tezlashdi. 1980–1990 yillarda elektron darsliklar va multimedia vositalari ta'limga kirib kelgan bo'lsa, 2000-yillarda onlayn kurslar va MOOC (Massive Open Online Courses) ommalashdi. 2010-yildan keyin mashina o'rganish va katta ma'lumotlar asosidagi ta'lim platformalari kengayib, bugun esa chatbotlar, virtual yordamchilar va real vaqt baholash imkoniyatlari ta'limni yanada samarali qilmoqda. Sun'iy intellekt texnologiyalari inklyuziv ta'limni ham rivojlantirmoqda. Ko'rish qobiliyati cheklanganlar uchun matnni ovozga aylantirish dasturlari, eshitish qobiliyati cheklanganlar uchun imo-ishora tilini real vaqt tarjima qiluvchi tizimlar, disleksiya bilan qiynaladigan talabalar uchun yozuvni to'g'rilash dasturlari, autizm spektridagi talabalar uchun esa ijtimoiy ko'nikmalarni rivojlantiruvchi simulyatsiyalar ishlab chiqilgan. Natijada ta'lim imkoniyatlari barcha uchun teng yaratilmoqda.

Sun'iy intellekt modellarini imkoniyatlar, funksionallik va texnologiyalar asosida bir necha turlarga ajratish mumkin. Quyida sun'iy intelektning turli xil turlari haqidagi umumiy ma'lumotlarni ko'rib chiqishimiz mumkin:

Imkoniyatlar asosida: Tor AI (zaif AI) - ushbu turdagi AI tor vazifani bajarish uchun mo'ljallangan (masalan, yuzni aniqlash, internet qidiruvi yoki mashina haydash). Ko'pgina zamonaviy AI tizimlari, shu jumladan shaxmat va Go kabi murakkab o'yinlarni o'ynay oladigan tizimlar ushbu toifaga kiradi. Ular oldindan belgilangan cheklangan diapazon yoki kontekstlar to'plami ostida ishlaydi.

Umumiy AI (Kuchli AI)-Insonga o'xshash keng kognitiv imkoniyatlarga ega bo'lgan sun'iy intellekt turi unga yangi va notanish vazifalarni mustaqil ravishda hal qilish imkonini beradi. Bunday mustahkam sun'iy intellekt tizimi har qanday muammoni inson yo'l-yo'rig'iga muhtoj bo'lmasdan hal qilish uchun o'z aql-idrokini aniqlash, o'zlashtirish va ishlatish qobiliyatiga ega.

Superintelligent AI-Bu AIning kelajakdagi shaklini anglatadi, bunda mashinalar ijodkorlik, umumiy donolik va muammolarni hal qilish kabi barcha sohalarida inson aql-zakovatidan oshib ketishi mumkin.

Funksionallik asosida: Reaktiv mashinalar – bu turdagi AI tizimlari kelajakdagi harakatlar uchun xotiralar yoki o'tmish tajribalarini saqlamaydi. Ular turli vaziyatlarni tahlil qiladilar va ularga javob berishadi. Shaxmatda Garri Kasparovni mag'lub etgan IBM kompaniyasining Deep Blue kompaniyasi bunga misol bo'la oladi.

Cheklangan xotira - ushbu AI tizimlari o'zlari to'plagan o'tmishdagi ma'lumotlarni o'rganish orqali ongli va takomillashtirilgan qarorlar qabul qilishlari mumkin. Chatbotlar va virtual yordamchilardan tortib o'zini o'zi boshqaradigan mashinalargacha bo'lgan zamonaviy AI ilovalarining aksariyati ushbu toifaga kiradi.

Aql nazariyasi - tadqiqotchilar hali ham ustida ishlayotgan AIning yanada rivojlangan turi bo'lib, unda his-tuyg'ularni, e'tiqodlarni, ehtiyojlarni tushunish va eslab qolish va shunga qarab qaror qabul qilishni talab qiladi. Ushbu turdagi mashina odamlarni chinakam tushunishni talab qiladi.

O'z-o'zini anglaydigan AI - bu AI kelajagini anglatadi, bu yerda mashinalar o'z ongiga, sezgirlikiga va o'z-o'zini anglashiga ega bo'ladi. Ushbu turdagi AI hali ham nazariy bo'lib, his-tuyg'ularni tushunish va egallash qobiliyatiga ega bo'lib, ularda e'tiqod va istaklarni shakllantirishga olib kelishi mumkin.

Texnologiyalarga asoslangan: Machine Learning (ML) – bu to‘g‘ridan - to‘g‘ri dasturlashsiz, tajriba orqali o‘zini-o‘zi takomillashtirishga qodir AI tizimlaridir. Ular ma‘lumotlarga kirish va ulardan foydalanish orqali mustaqil ravishda o‘rganishi mumkin bo‘lgan dasturiy ta‘minotni yaratishga e‘tibor qaratadilar.

Chuqur o‘rganish (DL)-Neyron tarmoqlarning ko‘p qatlamlarini o‘z ichiga olgan MLning kichik to‘plami. U katta hajmdagi ma‘lumotlardan o‘rganish uchun ishlatiladi va iste‘molchi qurilmalarida, tasvirni aniqlashda va boshqa ko‘plab ilovalarda ovozni boshqarish texnologiyasidir.

Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) - ushbu AI texnologiyasi mashinalarga inson tilini tushunish va talqin qilish imkonini beradi. U chatbotlarda, tarjima xizmatlarida va hissiyotlarni tahlil qilish ilovalarida qo‘llaniladi.

Robototexnika - bu soha robotlar va kompyuter tizimlarini loyihalash, qurish, ishlatish va ularni boshqarish, sensorli qayta ishlash va axborotni qayta ishlash uchun foydalanishni o‘z ichiga oladi.

Kompyuter ko‘rish - ushbu texnologiya mashinalarga dunyoni vizual tarzda izohlash imkonini beradi va u tibbiy tasvirni tahlil qilish, kuzatuv va ishlab chiqarish kabi turli ilovalarda qo‘llaniladi.

Mualliflarning tadqiqotlarida, sun‘iy intellekt korporativ sektorda allaqachon mashhur bo‘lgan, ammo hozirda u ta‘lim sohasida ham, ham o‘qitish, ham umumiy boshqaruv tizimida mashhurlikka erishmoqda. Sun‘iy intellektning kelib chiqishi 1956-yilda AQShdagi Dartmut kollejida Jon Makkarti tomonidan o‘tkazilgan seminarga borib taqaladi. U kompyuterni o‘rganishning istalgan qismini takrorlash uchun qurish mumkinligini tushuntirganda birinchi marta sun‘iy intellekt iborasini ishlatgan. Makkarti Stenford universitetidagi shaxsiy sahifasida Sun‘iy intellektning aniq ta‘rifi yo‘qligini ta‘kidlaydi, chunki qaysi hisoblash protseduralarini aqlli deb ta‘riflash mumkinligini aniq aytishning iloji yo‘q. “Biz intellektning ba‘zi mexanizmlarini tushunamiz, boshqalarini esa tushunmaymiz”

R.Luckin, L.Forcier va boshqalarning fikricha, sun‘iy intellekt 1970-yildan beri ta‘lim sohasida faoliyat yuritib kelayotganini va individual o‘rganishga imkon beradigan hamda avtomatlashtirilgan baholash va fikr-mulohazalarni yaratishga qaratilgan kompyuter dasturlarini yaratishga e‘tibor qaratganini ta‘kidlaydilar. Bu shuni ko‘rsatadiki, sun‘iy intellekt yangilik emas va u yerda uzoq vaqtdan beri mavjud; bu atama turli xil shakllarda paydo bo‘ldi va takomillashtirildi.

T.A.Gavrilova va V.F.Xoroshevskiy sun‘iy intellektni “kompyuter fanining sohalaridan biri bo‘lib, uning maqsadi dasturchi bo‘lmagan foydalanuvchiga tabiiy tilning cheklangan to‘plamidan foydalangan holda kompyuter bilan aloqa qilish orqali o‘zining an‘anaviy intellektual muammolarini qo‘yish va hal qilish imkonini beruvchi apparat va dasturiy vositalarni ishlab chiqish” deb ta‘riflashadi.

Tadqiqot mavzusiga oid metodologiyalar va texnologiyalarni ko‘rib chiqish va tahlil qilish jarayonida Sun‘iy intellekt modellari va texnologiyalariga oid ilmiy tadqiqotlarni L.S.Bolotova, T.A.Gavrilova, D.I.Muromtsev va boshqalar; Ta‘limda sun‘iy intellect modellari qo‘llash va ulardan foydalanish borasida G.A.Atanov, Ya.A.Vagramenko, S.Duggan, O.P.Okolelov, I.N. Pustynnikova, W. Holmes va boshqalar tadqiqot olib borganlar.

So‘nggi yillarda sun‘iy intellekt texnologiyalari keskin sur‘atlar bilan rivojlanib, eng ko‘p muhokama qilinayotgan mavzulardan biriga aylandi. Sun‘iy intellekt boshqa sohalar singari ta‘lim va ilmiy izlanish jarayonlariga ham kirib kelib, ta‘lim jarayonida qatnashayotganlar undan foydalanishni boshladi. Ta‘lim va tadqiqotdagi imkoniyatlari hamda xavf-xatarlariga doir ko‘plab maqolalar chop etilmoqda, mutaxassislar o‘z fikrlarini bayon qilmoqdalar. Tadqiqotchilar ta‘kidlaganidek, davlatlar yoki oliy ta‘lim muassasalari sun‘iy intellekt yordamida yaratilgan mahsulotlarni (matn, video, audio yoki prezentatsiya) tan olish, shuningdek, uni ta‘lim va ilmiy

tadqiqotda qo'llashning chegaralarini belgilash kabi dolzarb masalalarga tezkor yechim topib, tegishli tavsiyalar ishlab chiqishlari zarur.

Tahlillardan shuni ko'rishimiz mumkinki, sun'iy intellekt bu katta hajmdagi ma'lumotlardan aqlli mashinalarni yaratish jarayonidir. Tizimlar o'tmishdagi o'rganish va tajribalardan o'rganadi va insonga o'xshash vazifalarni bajaradi. Bu inson harakatlarining tezligi, aniqligi va samaradorligini oshiradi. AI mustaqil qaror qabul qila oladigan mashinalarni yaratish uchun murakkab algoritm va usullardan foydalanadi. Mashinani o'rganish va chuqur o'rganish sun'iy intellektning asosini tashkil qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

6. Alimardonov I.M., Abdullayev M.Q., «Raqamli texnologiyalardan ta'lim tizimida samarali foydalanish», "Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar" ilmiy elektron jurnali. № 3, may-iyun, 2021 yil
7. Tursunov S.Q., Nazarov I.U. "Texnik tizimlarda axborot texnologiyalari". Darslik – T.: "Adabiyot uchqunlari", 2019. I-tom. –264 b.
8. Nikadambayeva H.B. «O'zbekiston tabiiy geografiyasi» fanini o'qitishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish metodikasi (oliy ta'lim misolida) // Pedagogika fanlari nomzodi ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertasiya. – Toshkent, 2012. – 223 b.
9. Aripov M., Tillaev A.I. Masofali o'qitish texnologiyalari asosida ta'limni tashkil etish // Axborot-kommunikasion texnologiyalar o'quv jarayonida: muammolar, yechimlar va istiqbollar. Respublika ilmiy-metodik konferensiyasi materiallari. – Samarqand, 2007. –93 b.
10. Muslimov N.A. Bo'lajak kasb ta'limi pedagog kadrlarini kasbiy shakllantirish. Monografiya. – T. Fan, 2004. –128 b.
11. Эшимова Ф.К. Применение метода математической индукции к некоторым задачам геометрии // Вестник науки и образования, 2023. № 11(142). 2-Часть, 6-9 стр.
12. U. H. Kalandarov, M. Sh. Dovronova, F. K. Eshimova, I. M. Fayziyeva. Applying Equation in the Economy Defferensial // European Journal of Business Startups and Open Society // Vol. 4 No. 11 (Nov - 2024): EJBSOS // ISSN: 2795-9228 194.

MA'LUMOTLARNI VIZUALLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARIDAN BOSHQARUV QARORLARINI QO'LLAB-QUVVATLASHDA FOYDALANISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Orolova Dilnavoz Sodiq qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada biznes tahlili (Business Intelligence, BI) tizimlarida qo'llaniladigan asosiy vizuallashtirish turlari — statik hisobot jadvallari, interaktiv boshqaruv panellari (dashboard) va real vaqtli tahliliy vizuallashtirish — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning qaror qabul qilish tezligi va aniqligiga ta'siri amaliy tarzda o'rganilgan. Tadqiqot uchun bitta shartli biznes stsenariysi (chakana savdo tarmog'ining oylik sotuv ko'rsatkichlari) uchta shaklda — an'anaviy matnli/jadval hisobot, statik grafik hisobot va interaktiv Power BI boshqaruv paneli — taqdim etilib, 72 nafar respondent (turli boshqaruv darajasidagi menejer va tahlilchilar) ishtirokida qiyosiy eksperiment o'tkazilgan, ularga bir xil to'rtta biznes savolga (masalan, "eng past samaradorlikka ega filial qaysi") javob topish topshirilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, interaktiv boshqaruv paneli*

yordamida respondentlar to'g'ri javob topish vaqtini matnli hisobotga nisbatan o'rtacha 68 foizga qisqartirgan, javoblarning to'g'rilik darajasi esa 79 foizdan 94 foizgacha oshgan. Shu bilan birga, murakkab, ko'p o'zgaruvchili savollarda interaktiv panelning ustunligi statik grafikka nisbatan ham sezilarli bo'lgan, bu esa filtrlash va "drill-down" imkoniyatlarining qarorga tegishli ma'lumotni tezroq topishga yordam berishi bilan izohlangan. Maqola yakunida tashkilotlarda samarali boshqaruv qarori qo'llab-quvvatlash tizimlarini loyihalash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: ma'lumotlarni vizuallashtirish, boshqaruv qarorlari, Business Intelligence, interaktiv boshqaruv paneli, qaror qabul qilish, ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv.

Annotation. The article theoretically describes the main types of visualization used in Business Intelligence (BI) systems — static tabular reports, interactive dashboards, and real-time analytical visualization — and empirically studies their impact on decision-making speed and accuracy. For the study, a single conditional business scenario (monthly sales figures of a retail chain) was presented in three formats — a traditional text/table report, a static chart report, and an interactive Power BI dashboard — and a comparative experiment was conducted with 72 respondents (managers and analysts at various management levels) who were asked to answer the same four business questions (e.g., "which branch has the lowest performance"). The results show that using the interactive dashboard reduced the time to find the correct answer by an average of 68 percent compared to the text report, and answer accuracy increased from 79 percent to 94 percent. At the same time, the interactive dashboard's advantage over the static chart was also notable for complex, multi-variable questions, attributed to filtering and drill-down capabilities helping users find decision-relevant information faster. The article concludes with practical recommendations for designing effective decision-support systems in organizations.

Key words: data visualization, managerial decision-making, Business Intelligence, interactive dashboard, decision-making, data-driven management.

Аннотация. В статье теоретически описаны основные типы визуализации, применяемые в системах бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI), — статические табличные отчёты, интерактивные панели мониторинга (dashboard) и аналитическая визуализация в реальном времени, — а также эмпирически изучено их влияние на скорость и точность принятия решений. Для исследования один условный бизнес-сценарий (месячные показатели продаж розничной сети) был представлен в трёх форматах — традиционный текстовый/табличный отчёт, статический графический отчёт и интерактивная панель Power BI, — и проведён сравнительный эксперимент с участием 72 респондентов (менеджеров и аналитиков разного уровня управления), которым было предложено ответить на одни и те же четыре бизнес-вопроса (например, «какой филиал имеет наименьшую эффективность»). Результаты показывают, что использование интерактивной панели сократило время нахождения правильного ответа в среднем на 68% по сравнению с текстовым отчётом, а точность ответов выросла с 79% до 94%. Вместе с тем преимущество интерактивной панели перед статическим графиком также оказалось заметным для сложных, многопараметрических вопросов, что объясняется тем, что возможности фильтрации и детализации (drill-down) помогают быстрее находить информацию, относящуюся к решению. В заключение статьи даны практические рекомендации по проектированию эффективных систем поддержки принятия решений в организациях.

Ключевые слова: визуализация данных, управленческие решения, бизнес-аналитика, интерактивная панель мониторинга, принятие решений, управление на основе данных.

KIRISH

Zamonaviy tashkilotlarda qabul qilinadigan boshqaruv qarorlarining sifati ko'p jihatdan mavjud ma'lumotlarni qanchalik tez va to'g'ri tushunish qobiliyatiga bog'liq. Ma'lumotlar hajmi ortishi bilan an'anaviy matnli va jadval shaklidagi hisobotlar orqali muhim tendensiya va anomalionalarni aniqlash tobora qiyinlashib bormoqda, bu esa ma'lumotlarni vizual shaklda taqdim etish texnologiyalarining ahamiyatini oshirmoqda.

Ma'lumotlarni vizuallashtirish — inson miyasining vizual ma'lumotni matn yoki raqamlarga nisbatan tezroq va samaraliroq qayta ishlash qobiliyatidan foydalanib, murakkab ma'lumotlar to'plamlaridagi naqshlar, tendensiyalar va chetlanishlarni tezkor aniqlash imkonini beradi. Biroq turli vizuallashtirish shakllari (statik grafik, interaktiv boshqaruv paneli)ning haqiqiy qaror qabul qilish jarayoniga ta'siri, xususan qaror tezligi va aniqligi nuqtai nazaridan, alohida empirik tekshiruvni talab qiladi.

Tadqiqotning maqsadi — turli ma'lumotlarni taqdim etish shakllarining (matnli hisobot, statik grafik, interaktiv boshqaruv paneli) boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlashdagi samaradorligini, xususan qaror qabul qilish tezligi va aniqligi nuqtai nazaridan, empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) BI tizimlarida qo'llaniladigan asosiy vizuallashtirish turlarini nazariy jihatdan tavsiflash; 2) uchta taqdim etish shaklini bir xil biznes stsenariysi asosida qiyoslovchi eksperiment o'tkazish; 3) qaror qabul qilish tezligi va aniqligini turli respondent guruhlarida kesimida tahlil qilish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun shartli chakana savdo tarmog'ining 12 oylik, 15 ta filial bo'yicha sotuv, xarajat va foyda ko'rsatkichlarini o'z ichiga olgan ma'lumotlar to'plami yaratildi. Ushbu ma'lumotlar to'plami uchta shaklda taqdim etildi: 1) an'anaviy matnli/jadval hisobot (Excel jadvali ko'rinishida, filtrlarsiz); 2) statik grafik hisobot (bir necha oldindan tayyorlangan grafik va diagrammalar, PDF ko'rinishida); 3) interaktiv Power BI boshqaruv paneli (filtrlash, saralash va "drill-down" — batafsillashtirish imkoniyatlariga ega).

Tadqiqot uchun 72 nafar respondent (turli tashkilotlardagi o'rta va yuqori bo'g'in menejerlari hamda moliyaviy-iqtisodiy tahlilchilar) tanlab olindi va ular tasodifiy tanlov asosida uchta teng guruhga (har birida 24 nafardan) ajratildi, har bir guruhga faqat bitta taqdim etish shakli berildi. Barcha respondentlarga bir xil to'rtta biznes savoli berildi (masalan, "qaysi filial eng past sof foyda marjasiga ega", "qaysi oyda eng katta xarajat o'sishi kuzatilgan"), ular bu savollarga taqdim etilgan ma'lumotlar asosida javob topishlari kerak edi.

Har bir respondent uchun har bir savolga to'g'ri javob topish uchun sarflangan vaqt (soniyalarda) va javobning to'g'riligi qayd etildi. Guruhlar o'rtasidagi farqlarning statistik ahamiyati bir faktorli dispersion tahlil (ANOVA) va guruhlar juftligi o'rtasidagi keyingi solishtirishlar uchun Tukey testi yordamida tekshirildi.

NATIJALAR

To'g'ri javob topish vaqti bo'yicha guruhlar o'rtasida statistik ahamiyatga ega farq aniqlandi ($F(2,69)=38,7$, $p<0,001$). Matnli/jadval hisobot guruhida savolga javob topish o'rtacha 94 soniya,

statik grafik guruhida 61 soniya, interaktiv boshqaruv paneli guruhida esa atigi 30 soniya vaqt oldi, bu interaktiv panel bilan matnli hisobotga nisbatan 68 foizlik vaqt tejashni tashkil etdi.

Javoblarning to'g'rilik darajasi bo'yicha ham sezilarli farq aniqlandi: matnli hisobot guruhida 79% respondent to'g'ri javob berdi, statik grafik guruhida bu ko'rsatkich 86%, interaktiv boshqaruv paneli guruhida esa 94% ni tashkil etdi. Xususan murakkab, bir nechta o'zgaruvchini birgalikda hisobga olishni talab qiluvchi savollarda (masalan, "vaqt oralig'ida eng katta o'sish sur'atiga ega, ammo past umumiy hajmga ega filial") interaktiv panel guruhi statik grafik guruhiga nisbatan ham sezilarli yuqori natija (91% va 68% to'g'ri javob, mos ravishda) ko'rsatdi.

Qo'shimcha kuzatuv shuni ko'rsatdiki, interaktiv boshqaruv paneli guruhidagi respondentlarning aksariyati (18 nafar, 75%) filtrlash va "drill-down" funksiyalaridan faol foydalanib, dastlab umumiy ko'rinishni ko'rib, so'ngra qiziqtirgan filial yoki oy bo'yicha batafsil ma'lumotga "chuqurlashish" strategiyasini qo'llagan, bu strategiya ularning murakkab savollarga tezroq va aniqroq javob topishiga yordam bergan.

MUHOKAMA

Olingan natijalar interaktiv ma'lumotlar vizuallashtirish vositalarining, ayniqsa filtrlash va batafsillashtirish imkoniyatlariga ega bo'lganlarining, boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlashda an'anaviy matnli hisobotlar va hatto statik grafiklarga nisbatan ham sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash tizimlari (Decision Support Systems) sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham interaktivlik ma'lumotni tushunish va undan foydalanish samaradorligini oshiruvchi asosiy omil sifatida qayd etilgan.

Interaktiv panelning murakkab, ko'p o'zgaruvchili savollarda ayniqsa sezilarli ustunlikka ega bo'lishi amaliy jihatdan muhim xulosa beradi — bu shuni ko'rsatadiki, vizuallashtirish texnologiyalarining haqiqiy qiymati oddiy, bir o'lchovli ma'lumotlarni taqdim etishda emas, balki murakkab, ko'p qirrali biznes savollariga javob topishda eng yaqqol namoyon bo'ladi. Bu natija tashkilotlarga BI vositalariga investitsiya qilishni, ayniqsa murakkab strategik qarorlar qabul qilinadigan yuqori boshqaruv darajalarida, asoslashi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tashkilotlarga statik hisobotlardan interaktiv boshqaruv panellariga o'tishni, ayniqsa tez-tez murakkab tahliliy savollarga javob talab qiluvchi boshqaruv funksiyalarida, ustuvor yo'nalish sifatida ko'rib chiqishni tavsiya etadi. Shu bilan birga, bunday tizimlarni joriy etish menejrlarning BI vositalaridan foydalanish bo'yicha malakasini oshirish dasturlari bilan birga olib borilishi kerak, chunki vositaning o'zi emas, balki undan samarali foydalanish qobiliyati yakuniy natijani belgilaydi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Interaktiv boshqaruv paneli an'anaviy matnli hisobotga nisbatan to'g'ri javob topish vaqtini 68 foizga qisqartiradi va javob aniqligini 79% dan 94% gacha oshiradi.
2. Interaktiv panelning ustunligi murakkab, ko'p o'zgaruvchili biznes savollarida ayniqsa sezilarli bo'lib, bu uning filtrlash va batafsillashtirish imkoniyatlari bilan bog'liq.
3. Statik grafik hisobot matnli hisobotdan ustun bo'lsa-da, interaktiv boshqaruv paneliga nisbatan murakkab savollarda sezilarli darajada past samaradorlik ko'rsatadi.
4. Ma'lumotlarni vizuallashtirish texnologiyalarining haqiqiy qiymati murakkab, ko'p qirrali tahliliy vazifalarda eng yaqqol namoyon bo'ladi.

5. BI vositalariga investitsiya qilish samarali natija berishi uchun bu jarayon menejerlarning ma'lumotlar bilan ishlash malakasini oshirish dasturlari bilan birga olib borilishi zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Бизнес-аналитика тизимларида маълумотларни визуаллаштириш усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №1. — Б. 48–56.
4. Каримов У.А. Ташкилотларда маълумотларга асосланган бошқарув қарорларини қабул қилиш // Иқтисодиёт ва таълим. — 2023. — №3. — Б. 102–110.
5. Few S. Information Dashboard Design: Displaying Data for At-a-Glance Monitoring. — Burlingame: Analytics Press, 2013. — 250 p.
6. Tufte E.R. The Visual Display of Quantitative Information. — Cheshire: Graphics Press, 2001. — 197 p.
7. Power D.J., Sharda R. Decision Support Systems // Springer Handbook of Automation. — Berlin: Springer, 2009. — P. 1539–1548.

MAKTABGACHA TA'LIM YO'NALISHI TALABALARIDA MULTIMEDIA ASOSIDA MUSTAQIL TA'LIMNI RIVOJLANTIRISH

Umarov Abdumannon Abdullayevich

IPU Samarqand kampusi dotsent v.b.

+99897 644-28-82

abdumannonumarov82@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada maktabgacha ta'lim yo'nalishi talabalarida mustaqil ta'lim ko'nikmalarini rivojlantirishda multimedia vositalarining o'rni va ahamiyati yoritilgan. Multimedia texnologiyalari o'quv jarayonini interaktiv, vizual va amaliy jihatdan boyitib, talabalarning mustaqil fikrlashi, axborotni tahlil qilishi hamda kasbiy kompetensiyalarini shakllantirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Multimedia, mustaqil ta'lim, kompetensiya, interaktivlik, maktabgacha ta'lim, raqamli pedagogika.

Abstract: This article highlights the role and significance of multimedia tools in developing independent learning skills among students of preschool education. Multimedia technologies enrich the educational process in interactive, visual, and practical ways, contributing to the development of students' independent thinking, information analysis skills, and professional competencies.

Keywords: Multimedia, independent learning, competence, interactivity, preschool education, digital pedagogy.

Аннотация: В данной статье раскрывается роль и значение мультимедийных средств в развитии навыков самостоятельного обучения у студентов направления дошкольного образования. Мультимедийные технологии обогащают образовательный процесс в интерактивном, визуальном и практическом аспектах, способствуя развитию

самостоятельного мышления, навыков анализа информации и формированию профессиональных компетенций студентов.

Ключевые слова: *Мультимедиа, самостоятельное обучение, компетенция, интерактивность, дошкольное образование, цифровая педагогика.*

KIRISH

Zamonaviy globallashuv jarayonlari, raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi va axborot oqimining keskin ortib borishi ta'lim tizimiga yangi talablarni qo'yimoqda. Bugungi kunda oliy ta'lim muassasalarida tayyorlanayotgan mutaxassis nafaqat nazariy bilimga, balki mustaqil o'rganish, axborotni tahlil qilish, tanqidiy fikrlash va innovatsion yondashuv ko'nikmalariga ham ega bo'lishi zarur. Ayniqsa, maktabgacha ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun bu jarayon yanada muhim ahamiyat kasb etadi, chunki ular kelajakda bolalarning ilk intellektual va ijtimoiy rivojlanish bosqichiga bevosita ta'sir ko'rsatadigan pedagoglar sifatida faoliyat yuritadilar. Maktabgacha ta'lim tizimi jamiyat taraqqiyotining muhim bo'g'ini hisoblanadi. Bu bosqichda bolalarda bilish faolligi, nutq madaniyati, ijodkorlik va mustaqil fikrlash asoslari shakllanadi. Shunday ekan, bo'lajak tarbiyachilarning o'zida ham mustaqil ta'lim ko'nikmalarini rivojlantirish, zamonaviy pedagogik texnologiyalarni egallash va amaliyotga tatbiq eta olish kompetensiyalarini shakllantirish ustuvor vazifa hisoblanadi.

Multimedia texnologiyasidan ta'lim sohasida foydalanishning dolzarbligi to'g'risida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5-oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-sonli Farmonida "Tayanch oliy ta'lim muassasalarida yetakchi professor o'qituvchilari ma'ruzalarining audiovizual ta'lim kontentini hamda multimedia ta'lim mahsulotlarini (audiokitoblar, 3D, VR va boshqalar) ishlab chiqaruvchi maxsus media markazlarni tashkil etish" vazifalari belgilangan². Natijada talabalarining mustaqil ish faoliyatiga bo'lgan qiziqishlari ortib, iqtisodiyotning real sektoriga malakali raqobatbardosh kadrlar tayyorlashga erishish imkoniyatlari kengayadi.

Multimedia texnologiyalari ta'lim jarayonini sifat jihatdan yangi bosqichga olib chiqmoqda. Video, audio, animatsiya, interaktiv taqdimotlar, virtual laboratoriyalar va elektron ta'lim platformalari o'quv materialini ko'rgazmali, tushunarli va qiziqarli shaklda yetkazish imkonini beradi. Bu esa talabalarining o'quv motivatsiyasini oshiradi, mustaqil izlanish faoliyatini rag'batlantiradi hamda bilimlarni chuqurroq o'zlashtirishga xizmat qiladi. Multimedia asosida tashkil etilgan ta'lim muhiti talabalarining individual xususiyatlarini hisobga olish, o'zlashtirish sur'atini moslashtirish va o'z-o'zini nazorat qilish imkonini yaratadi. Ayniqsa, maktabgacha ta'lim yo'nalishida bu yondashuv muhimdir, chunki talaba nafaqat bilim oladi, balki kelgusida bolalar bilan ishlashda qo'llashi mumkin bo'lgan didaktik materiallar, interaktiv o'yinlar va elektron resurslarni yaratish ko'nikmalarini ham egallaydi. Maktabgacha ta'lim yo'nalishi talabalarida multimedia asosida mustaqil ta'limni rivojlantirish masalasi pedagogika nazariyasi va amaliyoti uchun dolzarb ilmiy muammo sifatida namoyon bo'lmoqda. Mustaqil ta'limni multimedia vositalari bilan uyg'unlashtirish talabalarining kasbiy kompetensiyalarini mustahkamlash, ularning ijodiy va tanqidiy fikrlash salohiyatini oshirish hamda zamonaviy pedagog sifatida shakllanishiga xizmat qiladi.

Jahonda yetakchi davlatlar fan va texnika yutuqlarini baholashda global innovatsion indeks (Global Innovation Index, GII) mamlakat iqtisodiyotini rivojlantirish, moddiy sohadagi mahsulotlar

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5-oktabrdagi «Raqamli O'zbekiston - 2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-son Farmoni. <https://lex.uz/docs/5030957>

ishlab chiqarishda progressiv o'zgarishlarni ta'minlash, milliy mahsulotni jahon bozorida raqobatbardoshligining oshishida kadrlar muammosi chambarchas bog'liqligini ta'kidlaydi. Raqamli innovatsiyalar ta'limni to'ldirish, boyitish va o'zgartirish kuchlarini namoyish etdi va ta'limning 4-Barqaror rivojlanish maqsadiga (SDG 4) erishishni tezlashtirish va ta'limga universal kirishni ta'minlash usullarini o'zgartirish salohiyatiga ega. U ta'lim sifati va dolzarbligini oshirishi, inklyuzivlikni kuchaytirishi, ta'lim boshqaruvi va boshqaruvini yaxshilashi mumkin. Inqiroz davrida masofaviy ta'lim ta'limning uzilishi va maktablarning yopilishi oqibatlarini yumshata oladi [2].

Ya'ni ta'lim jarayonlarining yangi modellarini tashkil etish zarurligini ko'rsatadi, ular doirasida har bir talaba tomonidan rejalashtirilgan ta'lim natijalariga erishish va o'quv jarayonini shaxsiylashtirishga o'tish mumkin. Bugungi kunda ta'limga oid tashabbuslar nafaqat tarkibni moslashtirish va talabalar uchun yanada jozibali o'quv tajribalarini yaratish uchun axborot texnologiyalarni qo'llashga qodirligini, balki doimiy ravishda ish joyidagi ta'limni o'z sohalari mutaxassislarining kundalik ishlariga osonlikcha qo'shib berish usullarini taqdim etadi. Mobil aloqaning keng qamrovi, Internetning yuqori tezligi hamda axborot kommunikatsion texnologiyalarning rivojlanishi multimedia vositalarining yanada qulaylashgani hamda imkoniyatlarining kengayib borayotgani ta'limni raqamlashtirishga keng imkoniyatlar yaratmoqda [3].

Raqamli ta'lim - bu talabalar yoki o'quvchilarning ta'lim faoliyatiga yordam berish uchun texnologiyadan, asosan kompyuterlardan foydalanadigan o'qitish shaklidir. U kompyuterga asoslangan o'qitish (CBT), Web-ga asoslangan ta'lim (WBL), onlayn o'qitish va virtual o'qitishni o'z ichiga oladi.

Zamonaviy avlod – yuqori texnologiyalarning farzandlari, qog'oz, ommaviy axborot vositalari ular uchun qiziq emas va tushunarsiz bo'lib qoladi. Bu vaziyatda o'qituvchi o'zgaruvchan haqiqatga moslashishni o'rganishi, mediata'lim orqali o'quv jarayonini takomillashtirishda media kompetentlikni egallashi kerak bo'ladi. Chunki, butun dunyo mamlatlari qatorida O'zbekistonda ham 2020 yilda boshlangan Covid-19 pandemiyasi karantini davrida media ta'limning bir qancha (normativ-huquqiy, infratuzilmaviy va iqtisodiy) muammolari oydinlashdi. Televideniye orqali va turli elektron ta'lim platformalarda – MOODLE, iSpring Learn, Google Classroom, ZOOM kabi, hatto ijtimoiy tarmoqlar (telegram) onlayn darslar tashkil etildi. Ko'pchilik shunday hulosa keldiki, onlayn o'qitish (videodars) – onlayn ma'lumot uzatishdan ko'ra ancha murakkab jarayondir.

Oliy ta'limda o'qituvchilar o'zlarining mashg'ulotlarini web-texnologiyalari asosida OTMning LMS – ta'limni boshqarish tizimi(TBT)da yoki ommaviy ochiq onlayn kurs (OOLK), Google Classroom kabi bepul servislardagi shaxsiy kurslarida elektron o'quv materiallarni taqdim qilish uchun sinf mazmunini, xususan ma'ruza mashg'ulotlarini o'zgartirishga majbur etdi. Biroq, buni amalga oshirishda o'qituvchilar o'quv materiallarini an'anaviy sinf mashg'ulotlaridan ko'ra samaraliroq qilishga urinishlarida katta mehnat sraflamoqda. Bunday ta'lim texnologiyada o'qituvchilar ma'ruza mashg'ulotida kompyuter taqdimotlarini TBTdan yuklab o'tishi, onlayn amaliy mashg'ulotlar, o'z-o'zini sinab ko'rish, tajriba o'quv mashg'ulotlari va onlayn guruh loyihalari kabi ko'proq "faol o'rganish" topshiriqlari orqali dars berish imkoniyatlari yaratildi.

O'zbekistonda birinchilardan bo'lib 2011-2012 yillarda Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti va uning filiallarida aralash o'qitish tizimida E-learning (e.study.uz) va ochiq kodli MOODLE platformasi kabi TBTlardan (moodle.tuit.uz) foydalanila boshlandi. Kutubxonadagi mavjud adabiyotlarning elektron shakllarini yaratish, elektron kutubxonalar bazasini kengaytirish va ulardan masofadan foydalanish imkoniyatlari yaratilmoqda. Barcha kurslardan elektron o'quv uslubi majmualar universitet virtual ta'lim tizimiga joylashtirildi

va auditoriyalardagi dars jarayonlarida elektron ta'limdan foydalanish yo'lga qo'yilgan. Hozirgi kunga kelib mamlakatimizdagi barcha oliy ta'lim muassasalarida ochiq kodli MOODLE platformasi asosida elektron ta'lim an'anaviy ta'limda birgalikda tatbiq etilmoqda. Guruhlardagi talabalarining hohishlari, imkoniyatlari turlichaligi yoki cheklanganligi nuqtai nazaridan, oliy ta'limda AKTdan samarali foydalanda aralash va gibril o'qitish texnologiyalarini qo'llashning didaktik usullarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

NATIJALAR

Maqoloda maktabgacha ta'lim yo'nalishi talabalarida multimedia vositalari asosida mustaqil ta'limni tashkil etish samaradorligi o'rganildi. Tajriba-sinov ishlari natijalari shuni ko'rsatdiki, multimedia texnologiyalaridan (videodarslar, interaktiv taqdimotlar, elektron resurslar, onlayn platformalar) foydalanish talabalar bilim darajasining oshishiga, o'quv materiallarini chuqurroq o'zlashtirishiga va mustaqil ishlash ko'nikmalarining shakllanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Tajriba guruhi talabalar nazorat guruhiga nisbatan mavzularni o'zlashtirish, topshiriqlarni mustaqil bajarish va ijodiy yondashuv ko'rsatish bo'yicha yuqori natijalarga erishdi. Shuningdek, multimedia vositalari talabalar motivatsiyasini oshirib, ularning axborot bilan ishlash, tahlil qilish va xulosa chiqarish kompetensiyalarini rivojlantirdi. Olingan natijalar multimedia asosida mustaqil ta'limni tashkil etish maktabgacha ta'lim yo'nalishi talabalarining kasbiy tayyorgarligini oshirishda samarali vosita ekanligini tasdiqladi.

Butun dunyoda, jumladan O'zbekistonda ham Covid-19 pandemiyaga karantin sharoiti ta'lim tizimida o'qitish shaklini o'zgartirishga majbur qildi. Hatto ishonchli axborot-kommunikatsiya texnologiyalari infratuzilmasi va uy sharoitida Internet aloqasi bo'lgan mamlakatlarning o'qituvchilari uchun ham onlayn ta'limga tez o'tish juda qiyin bo'lgan. AKT va boshqa masofaviy ta'lim resurslari mavjud bo'lmagan mintaqalardagi o'qituvchilar uchun o'tish yanada qiyin yoki imkonsiz bo'lib qoldi.

Butun Jahon Bankining baholashicha, karantin davrida dunyoda 826 milliondan ortiq talabalar ta'lim resurslaridan (kompyuterga ega bo'lmagan) foydalanmagan, 706 million atrofida talabalar esa internetga ulana olishmagan. UNESCOning Statistika institutining baholashicha, karantin davrida 191 ta davlatlarda yopilgan boshlang'ich va o'rta ta'limda kamida 1,5 milliard talabalar va 63 million o'qituvchilarga Covid-19 pandemiyasi o'z ta'sirini ko'rsatdi[4]. O'zbekistonda 7,4 milliondan ortiq talabalar va talabalar uchun ta'lim muassasalari 2020 yilning 16-martidan boshlab yopilgan (1.1-jadval), keyinchalik onlayn va aralash an'anaviy ta'limga o'tildi.

1.1-jadval.

Covid-19 pandemiyasi karantin davrida O'zbekistonda ta'lim olishdan mahrum bo'lgan o'quvchilar va talabalar soni [3].

Ta'lim muassasasi turi	Qiz bolalar	O'g'il bolalar	Jami
Maktabgacha ta'lim	350 194	382 658	732 852
O'rta maktab ta'lim	1 200 484	1 284 694	2 485 178
O'rta maxsus ta'lim	1 890 715	2 002 173	3 892 888
Oliy ta'lim	119869	179765	299 634
Jami	3 561 262	3 849 290	7 410 552

Karantin davrida barcha ta'lim muassasalarida masofaviy ta'limni joriy qilishda talabalar bilan birgalikda o'qituvchilarda ham bir qancha muammolar oydinlashdi, hatto masofaviy ta'limni joriy etish bo'yicha normativ hujjatlar qabul qilindi. Ayniqsa, maktab ta'limida masofaviy ta'limi uchun keng

ko‘lamli AKT joriy qilinmagan sharoitda milliy televideniye orqali onlayn maktab darslari tashkil etildi.

O‘qituvchi va talabalar o‘rtasida topshiriq-javoblar almashinuvi ijtimoiy tarmoqlar (telegram), maktablar uchun web platformalar (masalan, <https://kundalik.com>) joriy qilindi. Oliy ta‘lim muassasalarida ta‘lim ommaviy ravishda Moodle ochiq kodli TBT asosida davom ettirildi. Bu esa pedagoglarga asinxron masofaviy va an‘anaviy sinf sharoitida dars mashg‘ulotlarini olib borishda aralash yoki gibril o‘qitish ta‘lim texnologiyalarini qo‘llash kompetentligini oshirishni taqozo etadi. Ko‘pchilik shunday hulosaga keldiki, onlayn o‘qitish – onlayn ma‘lumot ma‘lumot uzatishdan ko‘ra ancha murakkab jarayondir. Bundan tashqari, IT-infratuzilmasi va talabalarning aksariyati kompyuterlar va gadjetlar bilan ta‘minlanmasdan masofaviy o‘qitish imkonsiz ekanligi aniq bo‘ldi.

Ushbu masalada, dastlab Murning tranzaksiya masofa nazariyasi haqidagi fikrlarini qaraylik. Maykl Græxem Mur (Michael Graham Moore) nazariyasiga ko‘ra, tranzaksiya masofasi “maxsus tashkil etish va o‘qitish usullari”ni talab qiladigan geografik kategoriya emas, balki pedagogikdir. U ikkita o‘zgaruvchidan (klasterlar, o‘lchovlar) – tuzilma va dialogdan iborat [98]. Tuzilma kurs loyihasini aks ettiradi hamda o‘quv jarayonini tashkil etish va AKTdan foydalanish vazifalarini belgilaydi. Muloqot AKT bilan bog‘liq real vaqtda ikki tomonlama aloqani o‘z ichiga olishi mumkin. Ushbu nazariyaga ko‘ra, talabalar on-layn muhitda psixologik va kommunikatsion bo‘shliqlarni boshdan kechirishiga asoslanadi. Murning pozitsiyasidagi talabalar bu masofani kamaytirish uchun tengdoshlari, o‘qituvchilari va o‘quv kontenti bilan uzviy munosabatda bo‘lishlari kerak. Mur talabalar tarkib bilan o‘zaro aloqada bo‘lganda, ular o‘zlari bilan fikrlashadigan, muhokama qiladigan va o‘rganadigan ichki dialogni tashkil etishini ta‘rifladi. Shuningdek, u talabalarning o‘qituvchilar bilan o‘zaro aloqasi muhim ahamiyatga ega, chunki talabalar tarkib bo‘yicha mutaxassis bo‘lgan o‘qituvchidan tajriba orttirishlari muhimligini ta‘kidladi. Va nihoyat, talabalar o‘rtasidagi o‘zaro aloqalar hayotiy ahamiyatga ega, chunki talabalar bir-biri bilan o‘zaro aloqada bo‘lganda, ular nafaqat tarkibni yaxshiroq o‘rganibgina qolmay, balki guruh dinamikasida harakat qilishni ham o‘rganadilar[90]. Mur o‘zaro munosabatlar sinxron yoki asinxron bo‘lishi kerakligini o‘ylamagan bo‘lsa-da, uning asosiy sharti har qanday o‘zaro munosabatlar talabalarning bilimni qo‘llab-quvvatlashi edi.

Asinxron ta‘lim – bu o‘qitish uslubi bo‘lib, bu jarayonda o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi aloqa ixtiyoriy vaqtda amalga oshiriladi. Bunda butun mas‘uliyat talabaga beriladi (1.2-jadval).

1.2-jadval.

T-diagramma: Asinxron o‘qitish.

Yutuqlari	Kamchiliklari
Mustaqil va qunt bilan o‘rganishda moslashuvchanligi, qulay vaqt tanlash, masofadan o‘qish, kurslarni ixtiyoriy ketma-ketlikda o‘zlashtirish, turli va ko‘p sonli tinglovchilar guruhi, boyitilgan elektron o‘quv kontenti, kognitiv malakani oshiradi.	AKT bo‘yicha ko‘proq bilim va ko‘nikmani talab qiladi, AKT bilan bir xil ta‘minlanmaslik, internetda axborot xurujida chalg‘ishlar, internetning pastligi, tajriba o‘tkazishni imkonsizligi yoki virtualligi

Asinxron o‘rganishni qo‘llab-quvvatlash uchun ishlatiladigan internet resurslariga elektron pochta, havolalar ro‘yxati, OOKlar, multimediya, konferensiya tizimlari, elektron testlar, virtual o‘quv tizimlari, internet onlayn muloqot servislari (forumlar, bloglar, podkatlar va skrinkastlar) kiradi. Asinxron o‘qitish modellaridan biri bu Piring o‘qitish (inglizchada Peering training), u boshqa nomlarda gorizantal trening, tengdosh-o‘zaro o‘qitish, P2P learning kabi uchraydi. Ushbu yondashuv mustaqil ta‘limda talabalar va o‘qituvchilar o‘rtasidagi muloqotni asinxron aloqa bilan birlashtiradi.

Sinxron o'qitishning roli onlayn o'qitish muhitida tobora ortib borayotgan bo'lsa-da, asinxron o'qitish hali ham masofaviy ta'limda o'z o'rniga ega.

Sinxron o'qitish talabalar bilan o'zaro muloqotning ajralmas qismi bo'lib, bunda talabalar bir vaqtning o'zida bir guruh bo'lib ishtirok etadigan o'quv jarayonini nazarda tutadi. Talabalar guruhi bilan o'qituvchi biror vaqtda biror onlayn muhitning virtual sinfida mashg'ulot o'tkazadi (3-jadval). Shunday qilib, sinxronlashtirilgan onlayn ta'lim videokonferensiyalar, telekonferensiyalar, jonli chatlar va jonli efir kabi usullarni o'z ichiga oladi.

1.3-jadval.

T-diagramma: Sinxron o'qitish.

Yutuqlari	Kamchiliklari
Talabalarining o'qituvchi va guruhdagilar bilan oson muloqot qilishi, guruhli jamoaviy faoliyat yuritish, real vaqtda o'qish, tezkor teskari aloqa, tezkor fikr almashish, kontent bo'yicha tushunmovchiliklarga o'z vaqtida barham berish.	Samaradorlikning o'qituvchi kompetentligiga bog'liqligi, tayinlangan vaqtda talabalarining onlayn bo'lishi, qat'iy grafikda dars jadvali, ehtiyoj tug'ilganda kontentdan foydalana olmasligi, savol-javobda to'liq nazoratning bo'lmasligi.

Pandemeya karantini davrida ta'lim jarayonidagi tajribalar shuni ko'rsatdiki, talabalar onlayn ta'limning sinxron o'qitish usulini qadrlashadi va o'z tengdoshlari va o'qituvchilar bilan aloqadorligini his qilishadi. Talabalarga tezkor taskari aloqa muhim, tengdoshlarining tayyorlagan ma'lumotlarini qiziqib kuzatadilar, ijtimoiy tarmoqlarda jonli muloqotlar bilan o'zlarini virtual sinfda tengdoshlari bilan birga his qiladilar. Bunday munisabatlarda talabalar tranzaksiya masofasining qisqarishini his qilishlariga olib keladi; boshqacha qilib aytganda, o'zlarini guruhdoshlarining oldida jismonan hozir bo'lib, mashg'ulotlarni o'zlashtirishlariga ehtiyoj sezmasliklari kuzatilmoqdqa.

Asinxron va sinxron o'qitishning birlashtirilgan ta'lim sharoitlarida olib borilgan tadqiqotlar tahlilidan ma'lum qilinganki [4], aralash o'qitish talabalarga unchalik maqul kelmagan. Tadqiqotchilar tajribalarida 62 nafar talabalarining 9 foizi audioni tinglash va video kontentni ko'rib chiqish, javoblarni yozish va prezentatsiyalarini ko'rishda ta'lim olish ishtiyoqining yoqolganligini va trakzaksiya masofasining kattalashganini kuzatishgan. Natijada, o'qituvchilarga onlayn ta'limda dastlabki mashg'ulotlarni sinxron o'tkazishlarini taklif qilishgan.

Biroq, Covid-19 pandemiyasida qat'iy yoki biroz yumshatilgan karantin davrda asinxron va sinxron o'qitishni birlashtirilgan ta'lim texnologiyalarida ta'limni tashkil etish dolzarb hisoblanadi.

1.4-jadval.

Onlayn ta'limda asinxron va sinxron o'qitishlarning asosiy farqlari

Farqlari seziladigan omillar	Asinxron o'qitish	Sinxron o'qitish
O'qish vaqti va sharoiti	Ixtiyoriy vaqtda onlayn kanallar	Real vaqtda onlayn yoki masofaviy ta'lim
Ma'ruza o'tish	Avtonom holatda	Onlayn
Darsda erkinlik, jadallik	Aktiv	Passiv
Tezkor teskari aloqa	Sust	Tez
Ta'lim ma'suliyati	Talabada	O'qituvchida
Kurslarni o'zlashtirish ketme-ketligini tanlash	Erkin	Majburiy

Sinxron va asinxron onlayn o'qitishning o'ziga xos xususiyatlarini bilishni hamda ikkalasi o'rtasida to'g'ri muvozanatni topishni talab qiluvchi aralash ta'lim (Blended learning) – asosiy ta'lim

modeli sifatida yuzaga chiqish uchun katta imkoniyatlarni ko'rsatadi. Aralash o'qitish onlayn ta'limning yanada moslashuvchan variantni taqdim etadi, bu yerda an'anaviy sinf mashg'uloti to'liq yoki qisman virtual sinfdan foydalangan holda hamkorlikdagi veb-konferensiyalar (onlayn sinxron ta'lim) bilan almashtiriladi va mustaqil ta'lim uchun TBT bilan birlashtiriladi.

Aralash ta'limning ajoyib namunasi – dunyo eng ko'p ishlatiladigan o'quv platformasi bo'lgan Moodle TBT orqali o'qitiladigan kurslar va virtual sinf yechimi orqali sinxron onlayn o'qitishning uzluksiz integratsiyasi deb aytish mumkin. Ushbu birlashtirilgan yechimlar mustaqil o'qitishni keyingi bosqichga olib chiqdi. Talabalar har qanday hududdan o'z tengdoshlari va o'qituvchilari bilan onlayn tarzda muloqot qilishlari va hamkorlik qilishlari mumkin. Bundan tashqari, ular o'zlari uchun qulay bo'lgan vaqtda kurslarni TBT orqali o'zlashtirishlari mumkin.

Aralash o'qitish texnologiyasini qo'llashdan oldin, kursning sillabusini puxta ishlab chiqish lozim bo'ladi. Sillabusda talabalarning boshlang'ich bilimlariga qo'yiladigan talablar bilan birga sinov savollarini taqdim etish maqsadga muvofiq. Chunki virtual sinfdan guruh talabalarining boshlang'ich bilimlari, qiziqishlari va kurs davomida instrumental dasturiy vositalarda ishlash ko'nikmalari minimal talabda bo'lishi lozim. Buning uchun kichik onlayn test sinovi yoki so'rovnomalar o'tkazish, virtual sinfdan jonli suhbat qurish maqsadga muvofiq.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida Axborot kommunikatsiya texnologiyalari sohasida kasb ta'limi ta'lim yo'nalishi 4-kurs talabalari uchun "Ilmiy ta'lim" fanidan o'quv kursi hemis.samtuit.uz platformasi orqali aralash o'qitish texnologiyasi asosida tashkil qilindi. Onlayn o'quv kursi quyidagicha tashkil etildi:

1. Fanning namunaviy dasturi asosida sillabusi ishlab chiqildi;
2. Aralash o'qitishda ZOOM videoaloqa platformasida virtual sinf tashkil etilgan bo'lib, onlayn video darslar rejalashtirildi, virtual sinfning Telegram botlari ishga tushirildi;
3. Onlayn kurs o'quv kontenti haftalar kesimida matnli, video, animatsion, elektron kutubxonalarga havolalar va mehmon ma'ruzachi video darsiga havola, test nazoratlari kabi o'quv materiallari bilan ta'minlangan;
4. Mustaqil ta'lim modullar kesimida tashkil etilgan bo'lib, unda ma'ruza bo'yicha bilimni baholash test sinovi, amaliy va laboratoriya ishlari individual topshiriqlariga javoblari o'qituvchi tomonidan qo'yilgan baholarning o'rtacha bahosi asosida ketma-ket o'zlashtirish sozlangan;
5. Virtual sinfdan har bir moduldagi nazariy, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlar bo'yicha taqdimotlar, topshiriqlarni bajarishga yo'riqnomalar berib borish dars jadvali asosida bajariladi.

Onlayn kursda talabalarning davomati 99%, biroq aralash o'qitishda virtual sinf davomati 45-60% atrofida. Buning sabablari talabalarning AKT terminallari bo'yicha imkoniyatlarining va hududlarda internet qamrovining turlichaligidir.

Biroq, shuni unutmaslik kerakki, raqamli ta'limga kichik o'zgarishlar va onlayn muhitda yangi vositalarni qo'llash orqali erishish mumkin deb hisoblash noto'g'ri. Raqamli transformatsiya deganda ma'ruza videolarini onlayn joylashtirishning o'zi kifoya deb o'ylamaslik kerak, chunki masofaviy ta'lim va haqiqiy raqamli ta'lim muhiti o'rtasida katta farq bor. Sifatni oshirish uchun nimani o'zgartirish kerakligini anglash muhim. Masofaviy ta'lim odatda an'anaviy shaxsiy kursning kengaytmasi bo'lib, qo'shimcha moslashuvchanlik uchun multimedia kontenti onlayn tarzda taqdim etiladi. Raqamli ta'limda aksincha, loyihalovchilardan raqamlashtirish mazmunini va talabalarning u bilan o'zaro munosabatini butunlay qayta ko'rib chiqishni talab qiladi. Hozirgi yoshlarni Elektron pochta, Whatsapp, Telegram, Facebook, Instagram, Tiktok, YouTube, Smartfon, kompyuter va planshetlardan to'xtatib bo'lmaydi. Bugungi talaba har qachongidan ham tezroq ma'lumotga ega

bo‘ladi, qayta ishlaydi va almashadi. Talabalar o‘zgarimoqda va ta’lim sohasi raqamli transformatsiya bilan hamnafas bo‘lishi juda muhimdir.

XULOSA.

Maqolada maktabgacha ta’lim yo‘nalishi talabalarida multimedia asosida mustaqil ta’limni rivojlantirishning nazariy va amaliy jihatlarini atroflicha o‘rganildi. O‘rganishlar shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy ta’lim jarayonida multimedia texnologiyalaridan samarali foydalanish talabalarning mustaqil o‘rganish faoliyatini faollashtirishda muhim omil hisoblanadi.

Multimedia vositalari — videodarslar, interaktiv taqdimotlar, elektron o‘quv qo‘llanmalar, animatsiyalar, onlayn testlar va raqamli platformalar — talabalarning o‘quv materialini chuqur va ongli ravishda o‘zlashtirishiga xizmat qiladi. Ayniqsa, maktabgacha ta’lim yo‘nalishida vizual va interaktiv materiallarning ahamiyati yuqori bo‘lib, ular bo‘lajak pedagoglarning ijodiy fikrlashi, pedagogik tafakkuri va kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga yordam beradi. Multimedia asosida tashkil etilgan mustaqil ta’lim talabalarda quyidagi ijobiy o‘zgarishlarni yuzaga keltiradi:

- mustaqil ishlash ko‘nikmalarining shakllanishi;
- axborotni izlash, saralash va tahlil qilish malakasining rivojlanishi;
- raqamli kompetensiyaning oshishi;
- o‘quv motivatsiyasining kuchayishi;
- ijodiy va tanqidiy fikrlashning rivojlanishi.

Shu sababli multimedia vositalaridan foydalanish ta’lim jarayonini individuallashtirish imkonini beradi. Har bir talaba o‘z qobiliyati va tezligiga mos ravishda materialni o‘zlashtirishi mumkin bo‘ladi. Bu esa ta’lim sifatini oshirishga xizmat qiladi.

Maktabgacha ta’lim yo‘nalishi talabalarida multimedia asosida mustaqil ta’limni rivojlantirish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi. Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini ta’lim jarayoniga keng joriy etish bo‘lajak pedagoglarning kasbiy tayyorgarligini yanada takomillashtiradi hamda ularning raqobatbardosh mutaxassis sifatida shakllanishiga zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktabrdagi “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6079-son farmoni. <https://lex.uz/docs/5030957>

2. Umarov A.A. Основы использования цифровых технологий в организации самостоятельного образования “Raqamli texnologiyalarning iqtisodiyot va ta’limdagi o‘rni” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 2024 yil, 26-27 aprel. -B.155-158

3. Modern psychology in the capitalist countries.-M.: 1963, p.406

4. Umarov A. Мультимедиа технологияларини ўргатувчи педагогик дастурий vositalari. “Ilm sarchashmalari” ilmiy-nazariy, metodik jurnal, Elektron Jurnal, Urganch-2021. sentabr soni, -B.108-110

5. Zakharova I. G. Information technologies in education.-M.; Academy. 2008 - p.192

6. Gershunsky B.S. Philosophy of Education.-M.; 1998. –p.210

7. Umarov A., Mamanazarov B. Методика преподавания специальных предметов в учреждениях высшего профессионального образования. Аэтерна научно-издательский центр. международный научный журнал инновационная наука ISSN 2410-6070 №7/2020 –С. 83-85.

8. Sukhomlinsky V.A. I give my heart to children. - Kyiv, 1972, - p. 95
9. Stones E. Psychopedagogy - M.: practice, 1984, -p.158
10. Umarov A. Modern Pedagogical Technologies in the Educational Process. International journal of innovative research, In Computer & Communication engineering Volume 9, issue 1, January 2021 impact factor: 7.488 -P. 127-130.
11. Umarov A. The Role Of Multimedia In The Independent Education Of Students. The American Jurnal Of Social Science And Education Innovations, 2(11), -P. 152-155 USA 2020 Impact Factor 5.525

ORGANIZING STUDENTS' INDEPENDENT LEARNING THROUGH THE USE OF MULTIMEDIA TOOLS

Umarov Abdumannon Abdullayevich

IPU Samarqand kampusi dotsent v.b.

+99897 644-28-82

abdumannonumarov82@gmail.com

Abstract: *This article examines the effective application of multimedia tools in organizing students' independent learning. It discusses the benefits of multimedia technologies in the educational process, their contribution to improving students' independent learning, and their importance in enhancing interaction between students and teachers. Furthermore, the article explores practical methods for increasing students' creativity, engagement, and active participation through the integration of multimedia tools into the learning process.*

Keywords: *Multimedia, self-directed learning, digital technologies, student engagement, innovative approach, skill development, educational process, knowledge acquisition, integration, software applications, learning opportunities, academic activity.*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются вопросы эффективного применения мультимедийных средств в организации самостоятельного обучения студентов. Анализируются преимущества мультимедийных технологий в образовательном процессе, их возможности в совершенствовании самостоятельной учебной деятельности студентов, а также их значение в повышении взаимодействия между студентами и преподавателями. Кроме того, в статье представлены практические методы развития творческих способностей, вовлеченности и активного участия студентов в учебном процессе посредством интеграции мультимедийных средств.*

Ключевые слова: *Мультимедиа, самостоятельное обучение, цифровые технологии, активность студентов, инновационный подход, развитие, образовательный процесс, усвоение знаний, внедрение, программные средства, возможности обучения, образовательная деятельность.*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada talabalarning mustaqil ta'limini tashkil etishda multimedia vositalaridan samarali foydalanish masalalari ko'rib chiqiladi. Ta'lim jarayonida multimedia texnologiyalarining afzalliklari, ularning talabalarning mustaqil o'quv faoliyatini takomillashtirishdagi imkoniyatlari hamda talabalar va o'qituvchilar o'rtasidagi hamkorlikni*

kuchaytirishdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, maqolada multimedia vositalarini ta'lim jarayoniga integratsiya qilish orqali talabalarning ijodkorligi, faolligi, ta'limga jalb etilganligi va faol ishtirokini rivojlantirishga qaratilgan amaliy usullar yoritilgan.

Kalit so'zlar: *Multimedia, mustaqil ta'lim, raqamli texnologiyalar, talabalar faolligi, innovatsion yondashuv, rivojlantirish, ta'lim jarayoni, bilimlarni o'zlashtirish, joriy etish, dasturiy vositalar, ta'lim imkoniyatlari, o'quv faoliyati.*

The use of multimedia tools in the process of independent learning helps students to study more effectively and productively. By providing access to a wider range of educational resources, making learning more interactive and engaging, and allowing for personalization, multimedia tools support students in achieving their educational goals. **Opportunities for using multimedia tools to increase the effectiveness of independent learning include:**

- Providing students with access to a broader range of learning resources such as e-books, videos, and simulations;
- Making the learning process more interactive and engaging to enhance information retention;
- Personalizing learning by allowing students to choose content and pace according to their individual needs;
- Creating opportunities for students to collaborate with others in educational projects;
- Giving feedback on students' achievements and identifying areas where improvement is needed.

Methodology for the effective use of multimedia tools in independent learning:

- **Choosing the right tools.** Not all multimedia tools are created equally. When selecting tools, it is necessary to consider learning objectives, students' learning styles, and available resources.
- **Using multimedia tools in moderation.** Excessive use of multimedia can become boring and ineffective. Multimedia tools should complement traditional learning methods, not replace them.
- **Providing guidance and support.** Students may need instructions on how to use multimedia tools effectively. Clear guidance and assistance should be given when necessary.
- **Evaluating the effectiveness of multimedia tools.** It is important to monitor students' achievements and make adjustments in the use of multimedia tools whenever required.

In recent years, the use of multimedia tools in students' independent learning has been becoming increasingly widespread. Multimedia tools are means that combine text, graphics, audio, video, and animation to provide a more interactive and engaging learning experience. Overall, the use of multimedia tools in independent learning can offer students a more engaging and interactive learning process. It helps them better understand complex topics and concepts while providing the flexibility to learn at their own pace and in their own time [1].

Through the multimedia content platform, or within a multimedia environment, the following three models of organizing independent learning have been developed.

Model 1. The conceptual model of the learning environment for students' independent learning in a multimedia setting is designed to provide a systematic framework for organizing, supporting, and evaluating students' independent educational activities. The model integrates pedagogical, technological, and organizational components that interact with one another to create an effective learning environment. The main purpose of this model is to increase students' independence, learning motivation, creativity, digital competence, and responsibility for their own learning outcomes.

The proposed model consists of the following interconnected components:

Students. Students are the central and most active participants in the proposed learning model. In a multimedia learning environment, students are expected not only to complete assigned independent learning tasks but also to plan their learning activities, search for relevant information, analyze and evaluate digital resources, apply acquired knowledge, and reflect on their learning outcomes. Multimedia resources provide students with opportunities to learn at their own pace, choose appropriate learning materials, repeatedly review difficult topics, and use different forms of information such as text, graphics, audio, video, animation, and interactive content. In addition, students can develop self-regulation, critical thinking, creativity, communication, and problem-solving skills through individual and collaborative activities.

Teacher. The teacher plays the role of an organizer, facilitator, consultant, and evaluator of the independent learning process. The teacher is responsible for developing clear and meaningful independent learning tasks, selecting appropriate multimedia resources, providing methodological recommendations, monitoring students' progress, and offering timely feedback. Rather than being the sole source of information, the teacher creates conditions in which students can independently acquire, process, and apply knowledge. Teachers can also differentiate learning activities according to students' individual abilities, interests, and learning needs. Regular feedback and consultation help students identify their strengths and weaknesses and improve their learning strategies.

Multimedia and Technology. Technology represents an essential component of the proposed model because it provides the digital infrastructure and tools necessary for organizing independent learning. Multimedia technologies can include electronic textbooks, educational videos, presentations, interactive simulations, online tests, learning management systems, digital libraries, educational platforms, and other software applications. These tools facilitate access to educational resources, communication, collaboration, content creation, and assessment. The effective integration of technology makes the learning process more flexible and personalized while allowing students to interact with educational content through multiple information channels.

Learning Environment. The learning environment encompasses the pedagogical, technological, social, and organizational conditions in which students' independent learning takes place. An effective multimedia learning environment should provide students with convenient access to reliable educational resources, appropriate technological facilities, methodological guidance, and opportunities for communication and collaboration. A supportive environment also contributes to the development of students' motivation, confidence, responsibility, and active participation. The quality of the learning environment can significantly influence students' ability to organize their time, perform independent tasks, overcome learning difficulties, and achieve the expected learning outcomes.

Educational Resources. Educational resources constitute an additional important element of the model. These resources should be relevant, accessible, scientifically accurate, visually clear, and appropriate to students' educational needs. Multimedia resources can present complex concepts in an understandable form and provide opportunities for repeated practice and independent exploration. Properly designed resources should also include practical tasks, examples, self-assessment activities, and opportunities for applying theoretical knowledge.

Interaction and Feedback. Effective interaction between students and teachers, as well as among students themselves, is an important condition for successful independent learning. Multimedia technologies provide various opportunities for interaction through online discussions, collaborative projects, digital communication platforms, forums, and virtual learning activities.

Continuous feedback enables students to understand their learning progress, correct mistakes, and improve the quality of their work.

Thus, the proposed conceptual model provides a systematic basis for organizing students' independent learning in a multimedia environment. The model demonstrates that successful independent learning depends not only on the availability of technological tools but also on the effective interaction of students, teachers, educational resources, and the learning environment. The integration of these components creates favorable conditions for developing students' independence, digital literacy, creativity, critical thinking, and lifelong learning skills.

It should be emphasized that the proposed model is a flexible and adaptable framework rather than a universal structure applicable in exactly the same way to all educational contexts. The specific organization of independent learning may vary depending on students' individual characteristics, their level of digital competence, the subject matter, learning objectives, institutional conditions, available technological resources, and the teacher's pedagogical approach [2].

Model 2. The conceptual model of organizing students' independent learning in a multimedia environment provides a structured framework for effectively planning, implementing, and supporting students' independent learning activities. The model combines pedagogical, technological, and organizational elements that contribute to the development of students' independence, motivation, and learning effectiveness. It consists of the following main components:

Students. Students are the central focus of the model and the main participants in the independent learning process. They are responsible for completing assigned tasks, searching for information, applying acquired knowledge, and evaluating their own learning progress. Multimedia resources provide students with opportunities to learn independently and at their own pace.

Teachers. Teachers are responsible for designing and implementing meaningful independent learning activities. They provide methodological guidance, learning resources, consultation, and feedback, while also monitoring students' progress and supporting them when difficulties arise.

Learning Content. Learning content includes the information and educational materials required to complete independent learning tasks. It can be presented in various multimedia formats, including text, images, presentations, audio, video, animation, and interactive materials. Such diversity helps make complex information more accessible and understandable.

Learning Tools. Learning tools refer to the technological resources required for completing independent learning activities. These may include computers, mobile devices, educational software, online platforms, electronic resources, and other digital tools. Their appropriate use facilitates access to information, communication, collaboration, and assessment.

Learning Environment. The learning environment includes the physical or virtual space where independent learning takes place, such as classrooms, libraries, computer laboratories, or online learning platforms. A supportive and accessible environment can positively influence students' motivation, participation, and learning outcomes.

The model is flexible and adaptable to the needs of different students, teachers, subjects, and educational conditions. It can be implemented in traditional classroom settings, online courses, and blended learning environments.

Model 3. Conceptual model of organizing students' independent learning in a multimedia environment. The model consists of the following components:

- **Students.** They are the central participants of this model. Students are responsible for completing independent tasks, and they need to be motivated and actively engaged to achieve success.

• **Instructors.** Teachers play a key role in supporting students' independent work. They provide guidance, feedback, and assessment throughout the process.

• **Content and resources.** To complete independent tasks, students must use relevant content and resources. Such materials can be presented in various formats, including text, images, videos, and simulations.

• **Technology.** Technology can be applied to support independent learning in multiple ways. For example, it provides access to content and resources, facilitates collaboration, and enables assessment and feedback.

• **Assessment and feedback.** Evaluation and feedback are essential for student learning. They help learners track their progress, identify areas that require improvement, and adjust their learning strategies accordingly.

This model can be used to organize independent work in any subject. It is important to adapt the model to the specific needs of students and the course itself. Additional recommendations for organizing students' independent work in a multimedia environment:

- Set clear goals and expectations for students. Make sure students understand what they are supposed to learn and how they will be assessed.

- Provide students with the resources they need to succeed. This includes access to technology, materials, and support from teachers.

- Create a supportive learning environment. This means giving students opportunities to collaborate with each other and to get help when needed.

- Regularly assess students' success. This helps you identify the areas where students need additional support.

- Celebrate students' achievements! This helps motivate them and engages them more actively in the learning process.

Based on these models, UML (Unified Modeling Language) diagrams were constructed for pedagogically organized competencies related to the effective use of multimedia in independent learning for teachers and students on a multimedia learning platform.

1. Use Case Diagram. This diagram represents the Teacher and Student users and the authorities (permissions) they need (Figure 1).

Use cases for Teacher:

- Develop multimedia content
- Deliver multimedia guidelines
- Assess students' learning using multimedia
- Ensure legal and ethical use of multimedia

Use cases for Student:

- Access multimedia content
- Create multimedia projects
- Self-assess using multimedia

Digital literacy. Represents a general competence required for both teachers and students. This use case is associated with specific use cases related to digital literacy.

The first model presents a conceptual framework for organizing students' independent learning in a multimedia environment. It highlights the main participants – students, teachers, technology, and the learning environment – and emphasizes clear goals, access to resources, supportive interaction, regular assessment, and motivation as key factors for success.

The second model focuses on structuring independent learning with flexibility, considering students, teachers, learning content, educational tools, and the learning environment. It is adaptable to various contexts such as traditional classrooms, online courses, and blended learning, ensuring access to resources, fostering collaboration, responsibility, and engagement.

The third model expands on students' responsibility and instructors' supportive role, with particular emphasis on content and resources, technology integration, and continuous assessment and feedback. It provides practical guidance on aligning goals, offering resources, building a supportive environment, regular evaluation, and celebrating achievements, which can be applied to independent learning in any subject.

The three conceptual models of organizing students' independent learning in a multimedia environment provide complementary perspectives on how technology and pedagogy can be integrated to enhance educational outcomes. The first model emphasizes the interplay between students, teachers, technology, and the learning environment. It outlines a structured approach where clear learning objectives, access to digital resources, and supportive interaction help students progress at their own pace while maintaining engagement and motivation. The second model shifts attention to content and tools, positioning them as equally important as teachers and students. It presents a flexible structure adaptable to different teaching formats, including traditional classrooms, online learning platforms, and blended environments. This adaptability ensures that students not only access diverse multimedia resources—texts, visuals, videos, and simulations—but also develop essential skills such as collaboration, critical thinking, and a sense of responsibility for their own learning.

The third model integrates assessment and feedback mechanisms into the independent learning process. It recognizes that students' autonomy must be complemented with ongoing guidance, evaluation, and reflective practices provided by instructors. Multimedia tools here serve as bridges to interactive learning, enabling personalized pathways, project-based tasks, and self-assessment opportunities. Furthermore, the model underlines the importance of celebrating achievements, which fosters sustained motivation and long-term learning engagement. Collectively, these models underscore that independent learning in the digital age is most effective when multimedia technologies are systematically embedded into pedagogical strategies. They reveal that beyond mere technological adoption, what matters is how educators design learning environments that are student-centered, resource-rich, interactive, and assessment-driven. Such approaches not only expand opportunities for knowledge acquisition but also prepare students for lifelong learning, digital literacy, and creative problem-solving in rapidly evolving educational and professional contexts.

In the following Figure 1, three conceptual models of organizing students' independent learning in a multimedia environment are presented, each highlighting different aspects of effective use of multimedia tools in the educational process. Each model has its own specific components and methodological approaches.

The first model illustrates the interaction between the main participants of independent learning — students, teachers, technology, and the learning environment. This model emphasizes setting clear objectives for students, providing them with the necessary resources, and creating a supportive environment.

The second model highlights the importance of learning content and learning tools, focusing on integrating pedagogical approaches with technological opportunities in the implementation of independent learning. It is designed to be flexible and adaptable, making it applicable in traditional, online, and blended learning environments. The third model strengthens the role of assessment and

feedback mechanisms. This model allows students to self-monitor, analyze their knowledge, and make necessary adjustments for further development.

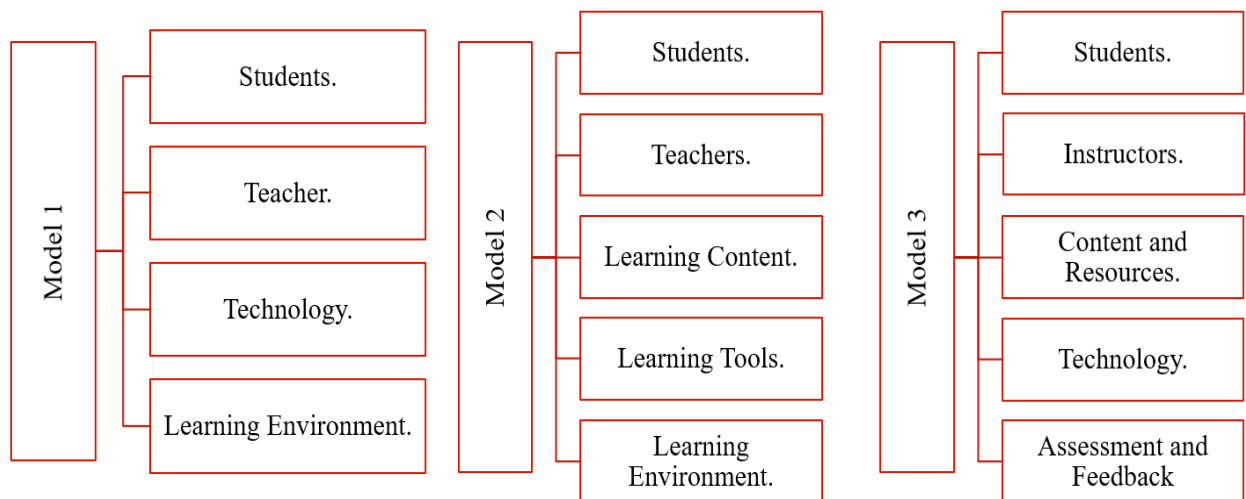


Figure 1. Three Conceptual Models for Organizing Students' Independent Learning in a Multimedia Environment

Model 1

1. Students: Students are the central actors in the learning process. Their interests, prior knowledge, motivation, and learning styles shape how effectively they can acquire and apply knowledge. A student-centered approach emphasizes active learning, critical thinking, and problem-solving.

2. Teacher: Teachers serve as facilitators, mentors, and guides rather than mere transmitters of knowledge. They design learning activities, inspire curiosity, and scaffold students' development by adapting teaching strategies to learners' needs.

3. Technology: Technology acts as an enabler that enhances accessibility, interactivity, and engagement. Tools such as e-learning platforms, multimedia, and digital simulations allow students to learn flexibly and dynamically.

4. Learning Environment: This refers to both physical and virtual learning spaces where education takes place. A positive, supportive environment encourages collaboration, creativity, and participation, which are crucial for knowledge construction.

Model 2

1. Students: Learners are not passive recipients of knowledge but active participants who construct meaning, engage in inquiry, and develop competencies. Their role includes responsibility for self-directed learning.

2. Teachers: Teachers are knowledge facilitators who create interactive opportunities, guide students through complex ideas, and encourage peer learning. They also bridge theory with practice.

3. Learning Content: The subject matter, curriculum, and knowledge base provided to learners. High-quality content must be relevant, up-to-date, and aligned with real-world applications.

4. Learning Tools: Educational tools include textbooks, online platforms, interactive whiteboards, simulations, and mobile applications. These tools make learning engaging, accessible, and adaptable.

5. Learning Environment: Beyond the classroom, this environment incorporates social, cultural, and psychological factors that influence motivation and engagement. A collaborative environment fosters teamwork and communication.

Model 3

1. Students: Students are active learners who engage in inquiry, collaboration, and reflection. They are responsible for applying knowledge in real contexts and developing lifelong learning skills.

2. Instructors: Instructors act as mentors, trainers, and subject experts. Unlike the traditional “teacher” role, instructors in this model emphasize applied learning, problem-solving, and skills development.

3. Content and Resources: This component goes beyond prescribed learning materials and includes supplementary resources such as research papers, case studies, videos, online databases, and practical tools. Resources diversify learning opportunities and enrich understanding.

4. Technology: Cutting-edge technologies such as artificial intelligence, virtual reality (VR), augmented reality (AR), and cloud-based platforms reshape how knowledge is delivered and practiced. They enable personalized and immersive learning.

5. Assessment and Feedback: Assessment measures learning outcomes, while feedback ensures continuous improvement. Modern approaches include formative assessment, peer review, digital testing, and real-time analytics. Effective feedback motivates students, identifies gaps, and guides progress.

The three conceptual models for organizing students’ independent learning in a multimedia environment demonstrate a comprehensive vision of how education can evolve in the digital age. Each model reflects different levels of complexity and integration, progressing from fundamental structures to more advanced frameworks that incorporate feedback, technology, and diverse resources. Collectively, they highlight the importance of aligning students, instructors, content, and technology within a supportive learning environment that fosters autonomy, creativity, and innovation.

Model 1 represents the most basic structure of independent learning in multimedia settings. It identifies four essential components: students, teachers, technology, and the learning environment. The emphasis here is on the balanced interaction between learners and instructors within a technology-enhanced context. The model shows that effective independent learning requires not only motivated students but also teachers who can guide and scaffold learning. At the same time, technology provides tools and platforms for content delivery, while the learning environment creates the conditions for meaningful engagement. Although relatively simple, this model forms the foundation for any multimedia-based independent learning system, highlighting that the human factor—teachers and students—remains central, even in a technologically advanced environment.

Model 2 introduces additional dimensions by incorporating learning content and learning tools as separate entities. This recognition reflects the reality that content and resources are no longer static; they are dynamic, multimedia-rich, and interactive. Here, students engage not only with teachers but also directly with a variety of content formats, ranging from digital textbooks to simulations, videos, and virtual labs. Learning tools—such as software applications, learning management systems, and collaborative platforms—become mediators between students and content. The learning environment in this model is more diverse and resourceful, offering multiple pathways for self-directed exploration. Importantly, this model illustrates a shift towards a more student-centered learning paradigm, where learners take greater responsibility for accessing and managing knowledge, supported by teachers and digital tools.

Model 3 takes the framework to its highest level of sophistication by explicitly including assessment and feedback. While students, instructors, technology, and resources remain vital components, the integration of evaluation mechanisms ensures that independent learning is not a

solitary or unguided process. Assessment provides benchmarks for student achievement, while feedback creates opportunities for reflection, self-improvement, and deeper understanding. This model highlights the importance of formative assessment—continuous monitoring and guidance—as opposed to only summative evaluations. It acknowledges that in multimedia environments, learning is iterative, adaptive, and responsive to student needs. Furthermore, instructors play the role of facilitators and mentors, providing expert guidance while allowing learners the freedom to experiment and explore.

REFERENCES

1. Frontiers in Psychology. (2024). Exploring the interplay of information relevance and colorfulness in multimedia learning. Frontiers in Psychology.
2. “Multimedia Learning: Current Themes, Trends and Future Directions.” (2025). Multimedia Learning. Taylor & Francis.
3. Optimising Multimedia Learning: Effects of Pedagogical Agents on Attention and Learning Performance. (2024). Journal of Computer Assisted Learning.
4. Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
5. Modern psychologu in the capitalist countries.-M.: 1963, p.406
6. Umarov A. Мултимедиа технологияларини ўргатувчи педагогик дастурий воситалари. “Ilm sarchashmalari” ilmiy-nazariy, metodik jurnal, Elektron Jurnal, Urganch-2021. sentabr soni, -B.108-110
7. Zakharova I. G. Information technologies in education.-M.; Academy. 2008 - p.192
8. Umarov A., Mamanazarov B. Методика преподавания специальных предметов в учреждениях высшего профессионального образования. Аэтерна научно-издательский центр. международный научный журнал инновационная наука ISSN 2410-6070 №7/2020 –С. 83-85.
9. Sukhomlinsky V.A. I give my heart to children. - Kyiv, 1972, - p. 95
10. Stones E. Psychopedagogy - M.: practice, 1984, -p.158
11. Umarov A. Modern Pedagogical Technologies in the Educational Process. International journal of innovative research, In Computer & Communication engineering Volume 9, issue 1, January 2021 impact factor: 7.488 -P. 127-130.
12. Umarov A. The Role Of Multimedia In The Independent Education Of Students. The American Jurnal Of Social Science And Education Innovations, 2(11), -P. 152-155 USA 2020 Impact Factor 5.525

UDK 378.014(072)

MUHANDISLIK GRAFIKASI FANINI O'QITISHDA GRAFIK DASTURLARDAN FOYDALANISH USULLARI

Fayzullayev Xayriddin Alimurodovich

Qarshi davlat texnika universiteti

“Umumtexnik fanlar” kafedrası professori, t.f.d. (DSc)

(97) 222-13-64 ORCID: 0009-0009-3265-0765

***Annotatsiya.** Maqolada muhandislik grafikasi fanini oliy ta'lim tizimlari va kasb-hunar texnikumlarida o'rganishda zamonaviy avtomatlashtirilgan loyihalash dasturlarini o'rganishning*

takomillashtirilgan usuli o'z aksini topgan. Maqolada «Kompyuter grafikasi» maxsus kursi loyihalash bo'yicha ishlab chiqilgan na'munaviy dastur asosida o'qitilgan talabalarning kompyuter texnologiyalarini foydalanishga oid bilim va ko'nikmalarini oshirish mumkinligi ilmiy asoslar va tajribalari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: *muhandislik grafikasi, o'qitish usullari, chizmalarni o'qish, kompyuter grafikasi, CAD, texnik chizmachilik, tabiiy o'zlashtirish hamda sun'iy o'zlashtirish.*

Аннотация. *В статье отражена усовершенствованная методика изучения современных автоматизированных программ проектирования в рамках обучения инженерной графике в системах высшего образования и профессиональных училищах. В статье анализируются научные основы и опыт повышения знаний и навыков студентов, обучающихся по специальности «Компьютерная графика», на основе модельной программы, разработанной для проектирования.*

Ключевые слова: *инженерная графика, методы обучения, чтение чертежей, компьютерная графика, CAD, техническое черчение, естественное и искусственное получение информации.*

Abstract. *The article presents an improved methodology for teaching modern computer-aided design (CAD) software within the framework of engineering graphics courses in higher education institutions and vocational schools. It analyzes the theoretical foundations and practical experience of enhancing the knowledge and skills of students specializing in "Computer Graphics," based on a model program designed for engineering design.*

Keywords: *engineering graphics, teaching methods, blueprint reading, computer graphics, CAD, technical drafting, natural and artificial information acquisition.*

KIRISH

Oliy ta'lim muassasalarida "Muhandislik va kompyuter grafikasi" fanini o'qitishning ahamiyati, jamiyatimizda zarur bo'lgan moddiy va ma'naviy ehtiyojlarimiz hamda barcha soha mutahassislarini o'z ish faoliyatlarini avtomatlashtirish imkoniyatlarining kengligida deb qarash mumkin. Ayni vaqtda Respublikamiz Oliy ta'lim muassasalarida "Muhandislik va kompyuter grafikasi" fanini turli sohalarga o'rganish, imkoniyatlaridan qator sohalarda foydalanish usullarini yaratish, kompyuter texnologiyalaridan samarali foydalanish va hayotimizga kirib kelayotgan yangi sohalar (CAD-ustasi, modeler, ixtisoslashgan animator rassom, mahsus effektor, teksturachi va hakoza) kabi malakali mutaxassislar bilan ta'minlash masalasi Oliy ta'lim muassasalarida "Muhandislik va kompyuter grafikasi"ni fan sifatida o'qitilishiga bo'lgan ehtiyojning oshishiga olib keldi. Oliy ta'lim muassasalarida "Muhandislik va kompyuter grafikasi" fanini o'rganishda talabalarni fanga nisbatan qiziqishlarini shakllantirish va shu orqali natijaga erishishni singdirishda, kerakli pedagogik va psixologik vositalarni amalda qo'llash va ularni ilmiy asoslash muhim hisoblanadi. Ma'lumki, Oliy ta'lim muassasalarida kelgunga qadar talabalar "Muhandislik va kompyuter grafikasi" fani bo'yicha kerakli bilim va ko'nikmalarga ega bo'lsalar, ularning grafika fanlarida zarur bo'lgan fazoviy tasavvurlari, chizmani tushunish va o'qiy olish xususiyatlari shakllanadi. Bunga oid kurslarni o'rta maxsus, kasb-hunar ta'lim tizimidan boshlanishi maqsadga muvofiqligidan dalolat beradi. Ko'pgina tadqiqotchilarning bu boradagi ilmiy izlanishlari tufayli, amaliy tadbirga ta'lim jarayoniga katta samaralar bera oladigan ilmiy natijalarga erishilmoqda. "Dizayn" mutaxassisligida K.A.Grebennikov tomonidan o'rta maxsus, kasb-hunar ta'lim tizimida

umumkasbiy fanlarni o'qitishda kompyuter grafikasidan foydalanishning pedagogik va texnologik asoslarini ishlab chiqish muammosi o'rganilgan. Ushbu tadqiqot ishida o'rta maxsus, kasb-hunar ta'lim tizimida mutaxassis dizaynerlarni kasbiy tayyorlashda kompyuter grafikasidan foydalanishning pedagogik modeli yaratilgan va unda kompyuter grafikasining ahamiyati ochib berilgan [1 - 5].

Kasb-hunar texnikumlarida qurilish mutaxassisligi uchun "Muhandislik va kompyuter grafikasi" fani mazmunini loyihalash va uni amalga oshirish texnologiyasida ishlab chiqilgan [2].

Unda «Kompyuter grafikasi» maxsus kursi loyihalanib, u bo'yicha ishlab chiqilgan na'munaviy dastur asosida o'qitilgan talabalarning kompyuter texnologiyalarini foydalanishga oid bilim va ko'nikmalarini oshirish mumkinligi ilmiy asoslangan va tajribada isbotlangan[3].

Tadqiqotchilar tomonidan olib borgan ilmiy izlanishlarda kasb – hunar texnikumlari "Texnikaviy chizmachilik" o'quv fanini kompyuter texnologiyalari imkoniyatlaridan foydalanib, o'qitishning nazariy asoslari ishlab chiqilgan [2 - 4].

Tadqiqotchi didaktik o'yinlardan foydalanish orqali o'quvchilar o'quv-bilish jarayonini faollashtirish usuli, uning pedagogik shart-sharoitlari yaratish va "Texnikaviy chizmachilik" fanini o'qitishda kompyuter grafikasini qo'llash orqali dars samaradorligini oshirish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslab bergan. Muallif, kasb - hunar texnikumlari talabalari uchun interfaol usullar, didaktik o'yinlar va kompyuter texnologiyalariga asoslangan holda "Texnikaviy chizmachilik" nomli multimediali elektron o'quv qo'llanmasini ishlab chiqqan va uni an'anaviy usulda o'qitish bilan uyg'unlashtirib, o'qitish usulini takomillashtirgan, jumladan, talabalarning fazoviy tasavvurlarini rivojlantirishga, chizmalarni to'g'ri va tez o'qishga, shuningdek ularda kuzatuvchanlik, topqirlik va zukkolik kabi ijobiy fazilatlarni shakllantirishga mo'ljallangan topshiriqlar, kompyuterda foydalaniladigan intellektual o'yin dasturlari tarzida ("Krossvord", "Charxpalak" va "Labirint" va hokozalar) ishlab chiqilgan [5 - 6].

Xind tadqiqotchisi J.Rash tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarida "Muhandislik va kompyuter grafikasi" fanini o'qitishdan maqsad ishlab chiqarish masalalarini kompyuterda loyihalash bo'yicha talabalarda ijodiy faollikni rivojlantirishga qaratilgan bo'lishi lozimligini ko'rsatgan [6].

Kompyuter grafikasi – kompyuterdagi grafika yoki kompyuter yordamida yaratilgan grafikadir. Kompyuter grafikasi rasm chizish va modellashtirish vositasi sifatida ishlatiladi. Agarda kompyuter grafikasi monitordagi rasm deb tushunilsa, u holda kompyuter grafikasi kompyuter bilan bir vaqtda paydo bo'lgan deyish mumkin bo'ladi. Ba'zida, kompyuter grafikasini ro'yobga kelishini kompyuter o'yinlari paydo bo'lgan vaqt - yil bilan bog'laydilar. Boshqacha qilib aytganda, kompyuter grafikasi – bu yangi axborot texnologiyalarining jadal rivojlanib borayotgan yo'nalishlaridan biri hisoblanib, u avtomatik loyihalash tizimining mazmunini tashkil etadi. Zamonaviy avtomatik loyihalash tizimi chizmani "elektron chizmaga" aylantiribgina qolmay, balki kompyuter texnikasi o'zining ma'lumotlar bazasi kengligi va ob'ektlarni geometrik modellashning samarali usullaridan foydalanish imkoniyati mavjudligi bilan ajralib turadi [7-10].

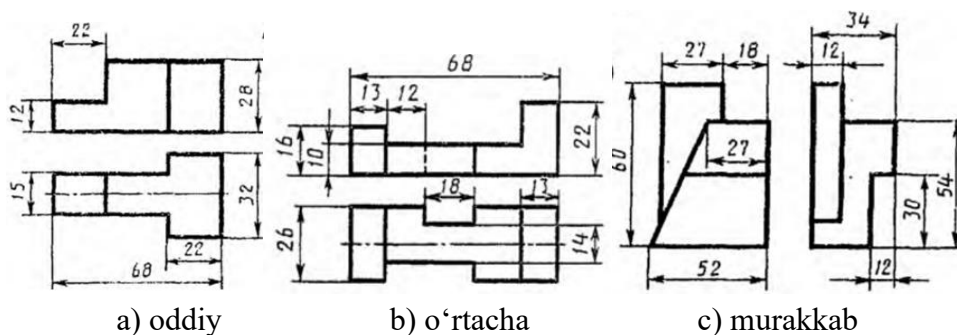
Grafik dasturlarda axborot bilan ishlash insonning ko'rish, eshitish va sezish organlariga qaratilgan bo'ladi, ya'ni, axborot berish uchun tasvir va tovushdan keng foydalanadi. Asosiy maqsadi, axborotni tasvir va tovushga aylantirishdan iborat. Bugungi kunga kelib ko'plab kompyuter grafik dasturlari mavjud bo'lsada, ular bir birlaridan o'zaro qo'llanilish sohalariga qarab farq qiladi. Har bir soha mutaxassislari o'z faoliyatlarida qulay bo'lgan grafik dasturni tanlaydilar. Dasturlarning imkoniyatlari ham ma'lum bir sohaga yo'naltirilgan. Shuningdek, grafik dasturni tanlash uchun

avvalom bor, uning imkoniyatlarini inobatga olish lozimdir. Aksariyat hollarda grafik dasturni qo'llashdan oldin boshqa bir dasturlarni yoki fanlarni o'zlashtirishga ehtiyoj mavjud.

O'rganuvchi ongida fazoviy tasavvurni rivojlantirishda, unda fanga nisbatan qiziqish shakllangan bo'lishi va bu qiziqish asosida bilim olishi hamda ularni esda saqlashi, bilimlar yig'ilib ko'nikma va malakalarga aylanishi kuzatiladi. O'quvchi egallagan bilim, ko'nikma va malakalariga tayangan holda berilgan muammoni ongida tahlil qiladi va xulosa chiqaradi. O'quvchining fazoviy tasavvuri to'g'ri yoki noto'g'ri bo'lishi, uning yuqorida keltirilgan xususiyatlariga bevosita bog'liqdir. Kompyuter grafikasida fazoviy tasavvurga yaxlit olib kelinadigan grafik ob'ektlarning har bir komponenti ham texnik ham grafik tarzda uzviy bog'langan bo'lib, bu holat fazoviy tasavvurini kengaytiradi, amallarning to'g'ri bajarilishini va to'g'ri xulosa chiqarilishini, boshqacha aytganda, texnik va grafik bog'lanishni ta'minlaydi. Masalan, agar biz "konus kesimlari" tushunchasini fazoviy tasavvur qiladigan bo'lsak, u holda avvalo konus, tekislik va konusning tekislik bilan kesishish vaziyatlarini birma-bir tahlil va sintez qilishimiz lozim. Bu esa, o'z navbatida inson ongining kengayishiga va asta-sekin shaxsning real fazoviy grafik tasavvurini rivojlantirish imkoniyatini yaratishga olib keladi. Grafik fanlarni o'qitishda talabalarning ijodiy faolligini rivojlantirish uchun fazoviy grafik tasavvur bilan birgalikda ijodiy grafik tafakkuri rivojlantirish muammosi dolzarbdir.

Tabiiy o'zlashtirish - insonning xarakteridan yoki irsiy tomondan yuqtirilgan bo'lishi mumkin. Tabiiy o'zlashtirishda talabalar masalani yechish jarayonida (masalan detal chizmasini uchinchi ko'rinishi va yaqqol tasviri hosil qilishda) uning yechimi qanday bo'lishi haqida fazoviy tasavvur qila oladi. Bunday talabalar dars jarayonida ham mavzuni tez tushunib grafik topshiriqlarni yechishda o'qituvchi tomonidan bitta namuna keltirilishi bilan kifoyalanadilar. Lekin barcha talabalarda ham yuqorida keltirilgan tabiiy o'zlashtirish jarayoni kuzatilmaydi. Ular o'zlari harakat qilganda ham masalani yechimini tasavvur eta olmasliklari mumkin. Shuning uchun bunday paytda sun'iy o'zlashtirish jarayonidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Sun'iy o'zlashtirish - bunda talabalar masalalarni turli qonun qoidalarga muvofiq bajarishi, turli dasturiy vositalarning imkoniyatlaridan foydalanish orqali masalani yechishga muvaffaq bo'ladilar. Sun'iy o'zlashtirishda talabalarning ijodiy faoliyatlari kengayadi va borgan sari kasbiy bilim va ko'nikmalari malakaga aylanadi. Natijada, fanni sun'iy o'zlashtirgan talaba tabiiy o'zlashtira oladigan talabadan kuchli bilim darajasiga ega bo'lishi kuzatiladi. Har ikkala o'zlashtirish jarayonida ham talabadan avvalo fan bo'yicha mustaqil ijodiy faoliyat olib borish talab etiladi. Tabiiy o'zlashtirish imkoniyatiga ega bo'lgan talabada fanni o'zlashtirishga bo'lgan ko'nikma tezroq rivojlanadi. Sun'iy o'zlashtirishda esa dastlab sustroq, bilimlar darajasi ortgan sari esa ko'nikmani egallash jadallashadi. Zamonaviy AutoCAD (Auto Computer-Aided Design-kompyuter yordamida avtomatik loyihalash) tizimi interfeysi kompyuterning eng zamonaviy vositalari va texnologiyalarining imkoniyatlarini hisobga olganda yaratilganligi bois, u chizma va sxemalarni, loyihalash masalalarini yuqori darajada sifatli bajarilishini kafolatlaydi. Kompyuter grafikasi fanini o'qitishda 3D modellash (uch o'lchamli loyihalash) ning turli usullaridan foydalanish dars jarayonida talabalarni fanga nisbatan qiziqishlarini rivojlantiribgina qolmay, balki grafik tizimlarning imkoniyatlarining deyarli barchasidan foydalanish imkoniyatini yaratib beradi. Bu esa talabada bir tomondan o'z ustida ishlashga majbur bo'lish motivini hosil qilsa, ikkinchi tomondan ijodiy faoliyat olib borish motivini yuqori darajada faollashtiradi.



1- rasm. “Ko‘rinishlar” turkimiga oid topshiriqlar

Psixologik o‘lchashlar usulini “Ko‘rinishlar” (1-rasm) turkumiga oid topshiriqlar misolida ko‘rib chiamiz. Ko‘rinishlarga oid bir turkumga xos bo‘lgan topshiriqlar uchta darajaga ajratilgan. Ushbu topshiriqlar bir turkumga xos bo‘lsada, ularning murakkablik darajalari turlichadir. Bu AutoCAD grafik dasturidan foydalanib, bajarilish jarayonida murakkablik darajasiga qarab bir nechta buyruqlardan foydalanish lozimligidan dalolat beradi. Quyida 1-(a, b, c) rasmlardagi ko‘rinishlarga oid topshiriqlarni har birini bajarishda talabalardan matematika, chizma geometriya va muhandislik grafikasi fanlaridan ijodiy faolligi rivojlanishiga ega bo‘lish bilan birga, AutoCAD grafik dasturining “cherchenie”, “izmenit” hamda “razmer” uskunalar panelidagi quyidagi buyruqlarni yaxshi bilishlarini talab etadi: oddiy murakkablikdagi ko‘rinish topshirig‘ini bajarish uchun: “liniya”, “rejim orto”, “tipiy liniy”, “vesa liniy”, “lineyniy” buyruqlari; o‘rtacha murakkablikdagi ko‘rinish topshirig‘ini bajarish uchun: yuqorida keltirilgan buyruqlarga qo‘shimcha ravishda “podobie”, “obrezat”, “peremestit” buyruqlari; murakkab darajadagi ko‘rinish topshirig‘ini bajarishda: oddiy hamda o‘rtacha murakkablikdagi topshiriqlarni bajarishda keltirilgan topshiriqlardan tashqari “razorvat”, “razorvat v tochke”, “udlinit” kabi buyruqlardan foydalanish orqali topshiriqni bajarish nihoyasiga yetkazladi.

XULOSA

Tahlillardan kelib chiqqan holda quyidagi masalalar dolzarb hisoblanadi: ta‘lim tizimida umumiy o‘rta ta‘lim maktablari, kasb-hunar maktablari, texnikumlar va oliy ta‘lim muassasalarida ta‘limning uzluksizligini ta‘minlash, yuzaki qismlarda didaktik usullarga e‘tibor qaratish, o‘quvchilarda fazoviy tasavur va konstruktiv fikrlashni shakllantirishda, o‘quvchilarning bilish faolligini oshirishda grafik dasturlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Shoxboz, D. (2019). The essence of teaching engineering computer graphics as ageneraltechnical discipline. European Journal of Research and Reflection in Educational SciencesVol, 7(12).
2. Muslimov, Sherzod Nazrullayevich (2019) "The role of personalityoriented education in the development of professionallygraphic competence of future teachers of technological sciences," Scientific Bulletin of Namangan State University: Vol. 1 : Iss. 6, Article
3. Мурадов, Ш. К., Ташимов, Н. Э., & Рахматова, И. И. (2017). Сечение поверхностей 2-го порядка общего вида по эллипсу заданной площади. Молодой ученый, (50), 99-102.
4. Tashimov, N. (2019). Ways of Development of Cognitive and Graphic Activity of Students. International Journal of Progressive Sciences and Technologies, 17(1), 212- 214.

5. Халимов, М. К., & Жабборов, Р. Р. (2018). Сравнение продуктивности учебной доски и проектора в преподавании предметов, входящих в цикл инженерной графики. Молодой ученый, (6), 203-205.

6. Халимов, М. К. (2016). Роль самостоятельной работы в профессиональной подготовке будущих педагогов. Молодой ученый, (4), 845-846.

7. Xalimov, M., & Farxodova, Z. (2021). Developing students'creative abilities by making problem solution situation in drawing subject. Сборник научных праць scientia.

8. Nematovich, V. A. Z., & Karimberdiyevich, S. S. (2022). Teaching perspective based on innovative technologies. web of Scientist: International Scientific Research Journal, 3(1), 678-687.

9. Valiev, A. (2021). About the features of the perspective of simple geometric shapes and problems in its training. збірник наукових праць scientia. вилучено із <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/article/view/10540>

10. Nazirbekova, S., Talipov, N., & Jabbarov, R. (2019). Described the Educational, Scientific, and Educational Institutions of the Miniature. International Journal of Progressive Sciences and Technologies, 15(2), 364-367. doi:http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v15.2.1192

MOBIL QURILMALARDA AUDIO SIGNALNI VIDEO KADR GEOMETRIYASI BILAN SINXRONLASHTIRISHNING GEOMETRIK MODELI

Muhammadjonova Durdonaxon Bahromjon qizi

Qo‘qon davlat universiteti Raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellekt kafedrası o‘qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur tezisda mobil qurilmalarda audio signal parametrlarini video kadrdağı obyektlar geometriyasi bilan sinxronlashtirishning geometrik modeli taklif etilgan. Audio signalning vaqt bo‘yicha bo‘lingan segmentlaridagi amplituda-chastota xarakteristikaları video kadrdağı dinamik obyekt konturining geometrik parametrlari bilan funksional bog‘lanadi. Taklif etilgan model mobil qurilmalarda nutq yoki musiqaga mos vizual animatsiyani real vaqt rejimida sinxron shakllantirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: geometrik model, audio-video sinxronlashtirish, mobil qurilmalar, kontur geometriyasi, vizual animatsiya, kompyuter grafikasi.

Abstract. This thesis proposes a geometric model for synchronizing audio signal parameters with the geometry of objects in video frames on mobile devices. The amplitude-frequency characteristics of time-segmented audio signals are functionally linked to the geometric parameters of a dynamic object's contour in the video frame. The proposed model enables real-time synchronized generation of visual animation corresponding to speech or music on mobile devices.

Keywords: geometric model, audio-video synchronization, mobile devices, contour geometry, visual animation, computer graphics.

Аннотация. В данной статье предлагается геометрическая модель для синхронизации параметров аудиосигнала с геометрией объектов в видеокадрах на мобильных устройствах. Амплитудно-частотные характеристики аудиосигналов, разделенных на временные сегменты, функционально связаны с геометрическими параметрами контуров динамических объектов в видеокадрах. Предложенная модель позволяет в режиме реального времени

формировать на мобильных устройствах синхронизированную визуальную анимацию, соответствующую речи или музыке.

Ключевые слова: *геометрическая модель, синхронизация аудио и видео, мобильные устройства, геометрия контура, визуальная анимация, компьютерная графика.*

Mobil qurilmalarda audio va video oqimlarni birgalikda, sinxron tarzda qayta ishlashga bo'lgan ehtiyoj — video-konferensiya ilovalari, jonli translyatsiya va multimedia ta'lim platformalarining keng tarqalishi bilan tobora ortib bormoqda. Ko'pchilik amaliy tizimlarda audio va video oqimlar bir-biridan mustaqil, faqat vaqt belgisi (timestamp) orqali bog'langan holda qayta ishlanadi, bu esa audio signal xarakteristikalarini bilan video kadrda obyekt harakati o'rtasidagi ichki bog'liqlikni geometrik jihatdan izohlashga imkon bermaydi. Muhandislik geometriyasi nuqtai nazaridan bu bog'liqlikni funksional-geometrik model orqali ifodalash yangi ilmiy-amaliy imkoniyatlar ochadi.

Tadqiqotning maqsadi — mobil qurilmalarning cheklangan hisoblash resurslari sharoitida audio signal parametrlarini video kadrda obyekt konturi geometriyasi bilan real vaqt rejimida sinxronlashtiruvchi model va algoritmi ishlab chiqishdan iborat.

Taklif etilayotgan modelda audio signal qisqa vaqt oynalariga (masalan, 20–40 millisekund) bo'linadi va har bir oyna uchun amplituda hamda asosiy chastota qiymati hisoblanadi. Ushbu qiymatlar video kadrda tegishli obyekt konturining geometrik parametrlariga (masalan, egrilik radiusi, kontur nuqtalarining siljish amplitudasi) funksional akslantirish orqali bog'lanadi. Natijada, audio signal intensivligi oshganda video obyekt konturi mos ravishda geometrik jihatdan transformatsiya qilinadi — bu, xususan, nutqqa mos lab harakati animatsiyasi yoki musiqa ritmiga mos vizual effektlar yaratishda qo'llanilishi mumkin.

Nazariy jihatdan, taklif etilgan model quyidagi funksional bog'lanish orqali ifodalanishi mumkin: video kadrda obyekt konturining geometrik holati bir qator boshqaruvchi parametrlar — masalan, egrilik radiusi $R(t)$, kontur nuqtalarining siljish amplitudasi $A(t)$ va konturning yo'nalish burchagi $\theta(t)$ — orqali tavsiflanadi. Audio signalning mos vaqt oynasidan olingan amplituda-chastota xarakteristikalarini esa shu parametrlarga bog'lovchi $f: (amplituda, chastota) \rightarrow (R, A, \theta)$ ko'rinishidagi akslantirish sifatida qaraladi. Bunday yondashuvning afzalligi shundaki, akslantirish funksiyasi oldindan kalibrlanishi (masalan, nutq fonemalari yoki musiqa janriga qarab) va keyin real vaqt rejimida deyarli hisoblash yukisiz qo'llanilishi mumkin, chunki asosiy murakkab hisoblashlar tayyorgarlik bosqichida bajarib qo'yiladi.

Bundan tashqari, geometrik model ikki qatlamli tuzilishga ega bo'lishi maqsadga muvofiq: birinchi qatlam — «makro-geometriya», ya'ni obyektning umumiy konturi va uning yirik o'zgarishlari (masalan, boshning burilishi), ikkinchi qatlam — «mikro-geometriya», ya'ni mayda tafsilotlar (masalan, lab konturi) bo'lib, faqat ikkinchi qatlam audio signal bilan zich bog'lanadi. Bu ierarxik yondashuv hisoblash yukini yanada kamaytiradi, chunki mobil qurilma faqat audio bilan bog'liq mikro-geometriyani real vaqtda yangilab, makro-geometriyani kamroq chastotada qayta hisoblashi mumkin.

Nazariy tahlil shuni ko'rsatadiki, bunday geometrik-funksional bog'lanish audio va video oqimlarni alohida-alohida emas, balki yagona geometrik model doirasida qayta ishlash imkonini beradi, bu esa mobil qurilmalarda hisoblash resurslarini yanada oqilona taqsimlashga yordam beradi. Shuningdek, kontur parametrlarining ixchamligi tufayli sinxronlashtirish jarayonidagi kechikish (latency) darajasi ham pasayadi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, audio signal va video kadr geometriyasi o'rtasidagi funksional-geometrik bog'liqlikni modellashtirish mobil multimedia ilovalarida sifatli va real vaqtli

sinxronlashtirishni ta'minlashning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi. Kelgusi tadqiqotlarda taklif etilgan modelni mobil ilova prototipida amalga oshirish va turli audio-video kontent turlarida (nutq, musiqa, tabiiy tovushlar) sinovdan o'tkazish rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Konopatskiy Ye.V. Geometricheskoye modelirovaniye mnogofaktornykh protsessov na osnove tochechnogo ischisleniya: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.01.01. — Nijniy Novgorod, 2020.
2. Panchuk K.L. Geometricheskoye modelirovaniye lineychatogo metricheskogo prostranstva v inzhenernoy geometrii i yeyo prilozheniyakh: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.01.01. — Omsk, 2009.
3. Yanchus V.E. Razvitiye tekhnologii tsifrovoy postobrabotki videomateriala na osnove sredstv poverkhnostnogo modelirovaniya i metodov tsvetokorreksii: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.01.01. — Nijniy Novgorod, 2019.
4. Chen T., Rao R.R. Audio-visual integration in multimodal communication // Proceedings of the IEEE. — 1998. — Vol. 86, No. 5. — P. 837–852.
5. Cohen M.M., Massaro D.W. Modeling coarticulation in synthetic visual speech // Models and Techniques in Computer Animation. — Springer, 1993. — P. 139–156.
6. Sikora T. Trends and perspectives in image and video coding // Proceedings of the IEEE. — 2005. — Vol. 93, No. 1. — P. 6–17.

RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA BULUTLI TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI

PhD Yo.T.Xakimova

Qo'qon davlat universiteti
Raqamli texnologiyalar va
sun'iy intellekt kafedrasida dotsenti

Annotatsiya: Maqolada raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanish sharoitida bulutli texnologiyalarning tutgan o'rni va ularni milliy iqtisodiyotning turli sohalariga joriy etishning ustuvor yo'nalishlari tahlil qilingan. Bulutli hisoblash texnologiyalarining xizmat ko'rsatish va joylashtirish modellari qiyosiy o'rganilgan, xorijiy va mahalliy tajribalar asosida ularni joriy etishning iqtisodiy samaradorligi hamda mavjud muammolari yoritilgan. Tadqiqot natijalari asosida bulutli texnologiyalarni rivojlantirishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: raqamli iqtisodiyot, bulutli texnologiyalar, cloud computing, IaaS, PaaS, SaaS, raqamli transformatsiya, axborot xavfsizligi, milliy infratuzilma.

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВНЕДРЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

PhD Ё.Т. Хакимова

Кокандский государственный университет
доцент кафедры цифровых технологий
и искусственного интеллекта, и
искусственного интеллекта

Аннотация: В статье анализируется роль облачных технологий в условиях стремительного развития цифровой экономики и приоритетные направления их внедрения в различные отрасли национальной экономики. Рассмотрены модели обслуживания и развёртывания облачных вычислений, освещены экономическая эффективность и существующие проблемы их внедрения на основе зарубежного и отечественного опыта.

Ключевые слова: цифровая экономика, облачные технологии, cloud computing, IaaS, PaaS, SaaS, цифровая трансформация, информационная безопасность.

PRIORITY DIRECTIONS FOR IMPLEMENTING CLOUD TECHNOLOGIES IN THE DIGITAL ECONOMY

PhD Yo.T. Khakimova

Kokand State University

Associate Professor, Department
of Digital Technologies
and Artificial Intelligence

Abstract: The article analyzes the role of cloud technologies amid the rapid development of the digital economy and identifies priority directions for their implementation across various sectors of the national economy. The service and deployment models of cloud computing technologies are examined comparatively, and, drawing on foreign and domestic experience, the economic efficiency of their implementation as well as existing challenges are highlighted. Based on the research findings, scientific and practical recommendations for the development of cloud technologies have been elaborated.

Keywords: digital economy, cloud technologies, cloud computing, IaaS, PaaS, SaaS, digital transformation, information security, national infrastructure.

KIRISH

So‘nggi o‘n yillikda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi jahon iqtisodiyotining tarkibiy tuzilishini tubdan o‘zgartirmoqda. Raqamli iqtisodiyot ishlab chiqarish, boshqaruv va xizmat ko‘rsatish jarayonlarining barcha bosqichlarini qamrab olib, an'anaviy iqtisodiy modellarning transformatsiyasini taqozo etmoqda. Ushbu jarayonda bulutli hisoblash texnologiyalari (cloud computing) korxona va tashkilotlarning axborot resurslaridan foydalanish, ularni saqlash va qayta ishlash usullarini tubdan yangilagan asosiy texnologik vositalardan biriga aylandi.

Bulutli texnologiyalarning ahamiyati, avvalambor, ularning moslashuvchanligi va iqtisodiy jihatdan tejamkorligi bilan izohlanadi. An'anaviy axborot infratuzilmasini yaratish katta hajmdagi boshlang'ich investitsiyalarni talab qilsa, bulutli yechimlar resurslardan "xizmat sifatida" (as a service) foydalanish imkonini berib, korxonalarning asosiy kapital xarajatlarini operatsion xarajatlarga aylantiradi. Bu, o‘z navbatida, kichik va o‘rta biznes subyektlariga ham zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatini taqdim etadi.

O‘zbekiston Respublikasida raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Xususan, "Raqamli O‘zbekiston – 2030" strategiyasi doirasida davlat organlari faoliyatini raqamlashtirish, elektron hukumat xizmatlarini rivojlantirish va milliy axborot infratuzilmasini mustahkamlash bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Ushbu jarayonlarning barchasida bulutli texnologiyalar tayanch texnologik platforma

vazifasini o'taydi, biroq uni joriy etishda bir qator tashkiliy, huquqiy va texnik muammolar mavjudligi tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

Mazkur maqolaning maqsadi — raqamli iqtisodiyot sharoitida bulutli texnologiyalarni joriy etishning nazariy-uslubiy asoslarini o'rganish, xorijiy tajribani tahlil qilish hamda milliy iqtisodiyotda ushbu texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlarini ilmiy asoslashdan iborat.

Bulutli hisoblash tushunchasi va uning iqtisodiy mohiyati xorijiy olimlar tomonidan keng o'rganilgan. Jumladan, AQSh Milliy standartlar va texnologiyalar instituti (NIST) mutaxassislari P. Mell va T. Grance tomonidan taklif etilgan ta'rifga ko'ra, bulutli hisoblash — bu tarmoq orqali sozlanuvchi hisoblash resurslariga (tarmoqlar, serverlar, xotira, ilovalar va xizmatlar) minimal boshqaruv harakatlari yoki xizmat provayderi bilan o'zaro aloqa bilan tezkor kirish imkonini beruvchi model hisoblanadi. Ushbu ta'rif hozirgi kunda ham ilmiy adabiyotlarda asosiy nazariy negiz sifatida qo'llaniladi.

Bulutli texnologiyalarning iqtisodiy jihatlarini o'rganishga bag'ishlangan tadqiqotlarda ularning korxonalar raqobatbardoshligiga ta'siri, xarajatlarni optimallashtirish imkoniyatlari va raqamli transformatsiya jarayonlaridagi o'rni alohida tahlil qilingan. G'arb iqtisodchilari bulutli yechimlarga o'tishni "iqtisodiy jihatdan oqilona tanlov" sifatida baholab, uning asosiy afzalligini boshlang'ich kapital xarajatlarning kamayishi va resurslardan moslashuvchan foydalanish imkoniyatida ko'rmoqdalar.

Mustaqil davlatlar hamdo'stligi hududida, jumladan O'zbekistonda ham, so'nggi yillarda bulutli texnologiyalarni davlat boshqaruvi va tadbirkorlik sohasiga joriy etish masalalari milliy tadqiqotchilar tomonidan o'rganila boshlandi. Biroq mavjud ishlarning aksariyati texnik-texnologik jihatlariga qaratilgan bo'lib, bulutli texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy-institutsional omillari, xususan, milliy sharoitga moslashtirilgan ustuvor yo'nalishlarni ilmiy asoslash masalasi hali yetarli darajada tadqiq etilmagan. Bu esa mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligini belgilaydi.

Tadqiqot jarayonida ilmiy bilishning umumiy va xususiy usullaridan foydalanildi. Xususan, mavzuga oid xorijiy va mahalliy ilmiy adabiyotlarni tahlil qilishda mantiqiy tahlil va sintez usuli, bulutli texnologiyalarning xizmat modellarini qiyoslashda qiyosiy tahlil usuli, statistik ma'lumotlarni izohlashda esa statistik-iqtisodiy tahlil usuli qo'llanildi. Shuningdek, tizimli yondashuv asosida bulutli texnologiyalarni joriy etish jarayoni yaxlit institutsional tizim sifatida ko'rib chiqildi, bu esa muammolarning o'zaro bog'liqligini aniqlash imkonini berdi.

Tadqiqotning axborot bazasini xalqaro tashkilotlarning hisobotlari, O'zbekiston Respublikasining raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishga oid me'yoriy-huquqiy hujjatlari, shuningdek, mavzuga oid ilmiy maqolalar va monografiyalar tashkil etdi.

Bulutli texnologiyalarning iqtisodiy mohiyati va xizmat modellari

Bulutli texnologiyalar odatda uchta asosiy xizmat ko'rsatish modeli orqali tavsiflanadi. Har bir model foydalanuvchiga turli darajadagi nazorat va moslashuvchanlikni taqdim etadi, bu esa korxonalarga o'z ehtiyojlariga mos yechimni tanlash imkonini beradi. Ushbu modellarning qiyosiy tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.

Model	Mazmuni	Iqtisodiy afzalligi
IaaS (Infrastructure as a Service)	Virtual serverlar, xotira va tarmoq resurslarini ijaraga olish	Jismoniy infratuzilmaga sarmoya kiritish zaruratini bartaraf etadi, xarajatlarni resurslardan foydalanish hajmiga bog'liq holda shakllantiradi

Model	Mazmuni	Iqtisodiy afzalligi
PaaS (Platform as a Service)	Ilovalarni ishlab chiqish va joylashtirish uchun tayyor platforma	Dasturiy ta'minotni ishlab chiqish muddatini qisqartiradi, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytiradi
SaaS (Software as a Service)	Tayyor dasturiy mahsulotlardan internet orqali foydalanish	Litsenziyalash va yangilash xarajatlarini yo'qotadi, foydalanuvchiga tezkor kirish imkonini beradi

Joylashtirish modellari nuqtai nazaridan bulutlar ommaviy (public), xususiy (private) va gibrid (hybrid) turlarga bo'linadi. Amaliyot shuni ko'rsatadiki, davlat organlari va moliya sektori muassasalari ma'lumotlar xavfsizligi talablari yuqori bo'lgani sababli ko'pincha xususiy yoki gibrid bulut modellarini afzal ko'radi, savdo va xizmat ko'rsatish sohasidagi korxonalar esa ommaviy bulut yechimlaridan kengroq foydalanadi.

Bulutli texnologiyalarni joriy etishning xorijiy tajribasi

Rivojlangan davlatlar tajribasi bulutli texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy o'sishga ijobiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi. Yevropa Ittifoqi davlatlarida "Cloud First" tamoyili asosida davlat organlari axborot tizimlarini bulutli infratuzilmaga bosqichma-bosqich ko'chirish siyosati amalga oshirilmoqda, bu esa davlat xarajatlarini kamaytirish va xizmatlar sifatini oshirishga xizmat qilmoqda. Janubiy Koreya va Estoniya kabi davlatlar elektron hukumat tizimlarini bulutli platformalar asosida qurish orqali fuqarolarga ko'rsatiladigan davlat xizmatlarining tezligi va shaffoqligini sezilarli darajada oshirishga erishgan.

Xitoy va Hindiston kabi rivojlanayotgan iqtisodiyotlarda esa bulutli texnologiyalar, birinchi navbatda, kichik va o'rta biznesni raqamlashtirish vositasi sifatida qaralmoqda. Milliy bulutli platformalarni yaratish orqali ushbu davlatlar chet el provayderlariga texnologik qaramlikni kamaytirish bilan bir qatorda, ichki dasturiy ta'minot bozorini rivojlantirish imkoniyatiga ham ega bo'lmoqda. Ushbu tajriba O'zbekiston uchun ham muhim ahamiyat kasb etadi, chunki milliy ma'lumotlar markazlari va bulutli platformalarni rivojlantirish mamlakat raqamli suverenitetini mustahkamlashning muhim shartlaridan biridir.

O'zbekistonda bulutli texnologiyalarni joriy etishning holati va muammolari

O'zbekiston Respublikasida raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish borasida qabul qilingan me'yoriy-huquqiy hujjatlar bulutli texnologiyalarni joriy etish uchun zaruriy huquqiy asoslarni yaratmoqda. Davlat organlari faoliyatida "Bir darcha" va boshqa elektron xizmatlar tizimlarining joriy etilishi, shuningdek, milliy ma'lumotlar markazlarini yaratish bo'yicha amalga oshirilayotgan chora-tadbirlar bulutli infratuzilmani rivojlantirishning dastlabki bosqichi hisoblanadi.

Shunga qaramay, mamlakatimizda bulutli texnologiyalarni keng joriy etishga to'sqinlik qiluvchi bir qator muammolar mavjud. Birinchidan, ma'lumotlarni xorijiy serverlarda saqlash bilan bog'liq huquqiy va xavfsizlik masalalari to'liq hal etilmagan. Ikkinchidan, bulutli texnologiyalar sohasida malakali mutaxassislar tanqisligi sezilarli darajada kuzatilmoqda, bu esa korxonalarning ushbu yechimlarni joriy etish va ulardan samarali foydalanish salohiyatini cheklaydi. Uchinchidan, mintaqalar kesimida internet infratuzilmasining notekis rivojlanganligi bulutli xizmatlardan foydalanish imkoniyatlarini pasaytiradi. To'rtinchidan, kichik va o'rta biznes subyektlari orasida bulutli texnologiyalarning iqtisodiy afzalliklari to'g'risida yetarli ma'lumotlanganlik darajasi past bo'lib qolmoqda.

Ushbu muammolarning o‘zaro bog‘liqligi shuni ko‘rsatadiki, bulutli texnologiyalarni joriy etish faqat texnik masala emas, balki huquqiy, kadrlar tayyorlash va ma'rifiy jihatlarni ham qamrab oluvchi kompleks institutsional islohotlarni talab etadi. Bulutli texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlari

O‘tkazilgan tahlil asosida raqamli iqtisodiyot sharoitida bulutli texnologiyalarni joriy etishning quyidagi ustuvor yo‘nalishlari asoslandi:

Birinchidan, milliy ma'lumotlar markazlari va davlat bulutli platformasi (GovCloud) infratuzilmasini yanada rivojlantirish zarur. Bu davlat organlarining ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash bilan bir qatorda, elektron hukumat xizmatlarining barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

Ikkinchidan, bulutli texnologiyalar sohasida davlat-xususiy sheriklik mexanizmlarini rivojlantirish lozim. Xususiy sektor investitsiyalarini jalb etish orqali bulutli infratuzilmani kengaytirish, shuningdek, mahalliy IT-kompaniyalarning raqobatbardosh bulutli xizmatlar yaratish salohiyatini oshirish mumkin.

Uchinchidan, ma'lumotlarni himoya qilish va kiberxavfsizlikka oid me'yoriy-huquqiy bazani xalqaro standartlarga muvofiqlashtirish talab etiladi. Bu, ayniqsa, transchegaraviy ma'lumotlar almashinuvi va xorijiy bulutli provayderlar bilan hamkorlik sharoitida muhim ahamiyat kasb etadi.

To‘rtinchidan, bulutli texnologiyalar bo‘yicha malakali kadrlar tayyorlash tizimini takomillashtirish zarur. Oliy ta'lim muassasalarida tegishli ta'lim dasturlarini joriy etish, shuningdek, korxonalarda mutaxassislarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish kurslarini tashkil etish ushbu yo‘nalishdagi asosiy vazifalardan biridir.

Beshinchidan, kichik va o‘rta biznes subyektlari orasida bulutli texnologiyalarning iqtisodiy afzalliklarini targ‘ib qilish, ularga bulutli yechimlarga o‘tishda moliyaviy va maslahat yordamini ko‘rsatish tizimini yo‘lga qo‘yish maqsadga muvofiqdir.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, bulutli texnologiyalar raqamli iqtisodiyotning barqaror rivojlanishini ta'minlovchi strategik ahamiyatga ega texnologik vosita hisoblanadi. Ularni joriy etish korxonalarining operatsion xarajatlarini optimallashtirish, davlat boshqaruvi samaradorligini oshirish hamda milliy iqtisodiyotning raqobatbardoshligini mustahkamlash imkonini beradi.

Shu bilan birga, O‘zbekistonda bulutli texnologiyalarni keng joriy etish uchun huquqiy-me'yoriy baza, kadrlar salohiyati va infratuzilmaviy ta'minot sohasida kompleks chora-tadbirlarni amalga oshirish zarurati saqlanib qolmoqda. Maqolada asoslangan ustuvor yo‘nalishlar — milliy bulutli infratuzilmani rivojlantirish, davlat-xususiy sheriklikni kengaytirish, huquqiy bazani takomillashtirish, kadrlar tayyorlash tizimini yaxshilash va tadbirkorlikni ma'rifiy qo‘llab-quvvatlash — mamlakatda raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish strategiyasini amalga oshirishga xizmat qiladi.

Kelgusi tadqiqotlarda bulutli texnologiyalarni joriy etishning tarmoqlar kesimidagi iqtisodiy samaradorligini miqdoriy baholash, shuningdek, sun'iy intellekt va bulutli texnologiyalar integratsiyasining iqtisodiy salohiyatini o‘rganish istiqbolli yo‘nalish bo‘lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-sonli "Raqamli O‘zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida"gi Farmoni.
2. O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining rasmiy ma'lumotlari // www.dtc.uz
3. Xalqaro telekommunikatsiya ittifoqi (ITU) hisobotlari: Digital Development Dashboard. // www.itu.int

4. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145, 2011.
5. Karimov N.N. Raqamli iqtisodiyot: nazariya va amaliyot. — Toshkent: Iqtisodiyot, 2023.
6. Marston S., Li Z., Bandyopadhyay S., Zhang J., Ghalsasi A. Cloud computing — The business perspective // Decision Support Systems. 2011. Vol. 51, No. 1. P. 176–189.
7. Yusupov M.A. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini iqtisodiyotga joriy etishning institutsional asoslari // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. 2022. №4. B. 112–120.

MOBIL ILOVALARDA FOYDALANUVCHI TAJRIBASINI YAXSHILASHNING ZAMONAVIY UI/UX USULLARINI TADQIQ ETISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Erkinova Guzal Azamat qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Maqolada zamonaviy mobil dizayn tamoyillari — mikrointeraksiyalar (micro-interactions), moslashuvchan navigatsiya tuzilmasi, qorong'i rejim (dark mode) va inklyuziv dizayn (accessibility) tamoyillari — nazariy jihatdan yoritilgan hamda ularning foydalanuvchi tajribasiga ta'siri amaliy tarzda o'rganilgan. Tadqiqot uchun bitta funksional ekvivalent mobil ilovaning ikkita versiyasi — mikrointeraksiyalar va inklyuziv dizayn elementlarisiz "bazaviy" versiya hamda ushbu elementlar bilan boyitilgan "takomillashtirilgan" versiya — ishlab chiqilgan va 60 nafar respondent (turli yosh guruhi va texnik savodxonlik darajasidagi foydalanuvchilar) ishtirokida qiyosiy foydalanuvchanlik testi (usability testing) o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, takomillashtirilgan versiyada topshiriqni bajarish vaqti bazaviy versiyaga nisbatan o'rtacha 23 foizga qisqargan, xatolar soni 41 foizga kamaygan, System Usability Scale (SUS) ko'rsatkichi esa 68,4 balldan 84,7 ballgacha (100 balllik shkalada) oshgan. Ayniqsa keksa yoshdagi va past texnik savodxonlikka ega foydalanuvchilar guruhida farq yanada sezilarli bo'lgan. Maqola yakunida mobil ilova dizaynida foydalanuvchi tajribasini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so'zlar:** foydalanuvchi tajribasi, UI/UX dizayn, mobil ilova, foydalanuvchanlik testi, mikrointeraksiya, inklyuziv dizayn, System Usability Scale.*

***Annotation.** The article theoretically examines modern mobile design principles — micro-interactions, adaptive navigation structure, dark mode, and inclusive design (accessibility) principles — and empirically studies their impact on user experience. For the study, two versions of a single functionally equivalent mobile application were developed — a "baseline" version without micro-interactions and inclusive design elements, and an "enhanced" version incorporating these elements — and comparative usability testing was conducted with 60 respondents (users of different age groups and technical literacy levels). The results show that task completion time in the enhanced version decreased by an average of 23 percent compared to the baseline version, the number of errors decreased by 41 percent, and the System Usability Scale (SUS) score increased from 68.4 to 84.7 points (on a 100-point scale). The difference was particularly pronounced among older users and those with lower technical literacy. The article concludes with practical recommendations for improving user experience in mobile application design.*

Key words: *user experience, UI/UX design, mobile application, usability testing, micro-interaction, inclusive design, System Usability Scale.*

Аннотация. В статье теоретически рассмотрены современные принципы мобильного дизайна — микровзаимодействия (*micro-interactions*), адаптивная структура навигации, тёмный режим (*dark mode*) и принципы инклюзивного дизайна (*accessibility*), — а также эмпирически изучено их влияние на пользовательский опыт. Для исследования были разработаны две версии одного функционально эквивалентного мобильного приложения — «базовая» версия без микровзаимодействий и элементов инклюзивного дизайна и «улучшенная» версия, дополненная этими элементами, — и проведено сравнительное тестирование удобства использования (*usability testing*) с участием 60 респондентов (пользователей разных возрастных групп и уровней технической грамотности). Результаты показывают, что время выполнения задач в улучшенной версии сократилось в среднем на 23% по сравнению с базовой версией, количество ошибок уменьшилось на 41%, а показатель по шкале *System Usability Scale (SUS)* вырос с 68,4 до 84,7 баллов (по 100-балльной шкале). Особенно заметной разница оказалась среди пользователей старшего возраста и с более низким уровнем технической грамотности. В заключение статьи даны практические рекомендации по улучшению пользовательского опыта в дизайне мобильных приложений.

Ключевые слова: *пользовательский опыт, UI/UX дизайн, мобильное приложение, тестирование удобства использования, микровзаимодействие, инклюзивный дизайн, System Usability Scale.*

KIRISH

Mobil ilovalar bozorining jadal rivojlanishi va foydalanuvchilarning tanlov imkoniyati kengayishi bilan foydalanuvchi tajribasi (UX) sifati ilovaning muvaffaqiyatini belgilovchi eng muhim omillardan biriga aylandi. Yaxshi ishlaydigan, ammo noqulay yoki tushunarsiz interfeysga ega ilova foydalanuvchilarni tezda yo'qotishi mumkin, chunki mobil foydalanuvchilar odatda muqobil ilovalarga tezkor o'tish imkoniyatiga ega.

So'nggi yillarda mobil dizayn amaliyotida bir qator yangi yondashuvlar keng tarqaldi: mikroiinteraksiyalar (foydalanuvchi harakatiga nozik, tezkor vizual javob beruvchi kichik animatsiyalar) foydalanuvchiga tizim holati haqida tezkor fikr-mulohaza berish orqali ishonch va qoniqishni oshiradi; inklyuziv dizayn tamoyillari esa turli qobiliyat va ehtiyojga ega foydalanuvchilar (jumladan ko'rish qobiliyati cheklangan yoki kekxa yoshdagi foydalanuvchilar) uchun ilovadan foydalanish imkoniyatini kengaytiradi. Biroq bu yondashuvlarning haqiqiy amaliy ta'siri, xususan turli foydalanuvchi guruhlari kesimida, alohida empirik tekshiruvni talab qiladi.

Tadqiqotning maqsadi — zamonaviy UI/UX dizayn usullarining mobil ilovalarda foydalanuvchi tajribasiga ta'sirini empirik tarzda baholash hamda turli foydalanuvchi guruhlari uchun ularning amaliy ahamiyatini aniqlashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) zamonaviy mobil UI/UX dizayn tamoyillarini nazariy jihatdan yoritish; 2) bazaviy va takomillashtirilgan ilova versiyalarini ishlab chiqish; 3) foydalanuvchanlik testi orqali ikkala versiyaning samaradorligini qiyoslash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun funksional jihatdan bir xil bo'lgan mobil ilovaning (bank xizmatlari ilovasi prototipi, pul o'tkazish va hisob balansini kuzatish funksiyalari bilan) ikkita versiyasi Figma va React

Native asosida ishlab chiqildi: 1) "bazaviy" versiya — standart, ammo mikrointeraksiya va maxsus inklyuziv dizayn elementlarisiz interfeys; 2) "takomillashtirilgan" versiya — tugma bosilganda mikroanimatsiyalar, yuklanish holatlarini ko'rsatuvchi skeleton-ekranlar, kattalashtirilgan bosish maydonlari va ekran o'quvchilar (screen reader) bilan mosligini ta'minlovchi semantik teglashga ega versiya.

Tadqiqot uchun 60 nafar respondent tanlab olindi va ular ikki mezon bo'yicha guruhlariga ajratildi: yosh (18-35 va 50 yoshdan katta) hamda texnik savodxonlik darajasi (o'z-o'zini baholash so'rovnomasi orqali aniqlangan yuqori va past daraja). Har bir respondent tasodifiy tanlov asosida avval bitta versiyada, so'ngra ikkinchi versiyada bir xil uchta topshiriqni (pul o'tkazish, tranzaksiyalar tarixini ko'rish, karta bloklash) bajardi (versiyalar taqdim etilish tartibi respondentlar orasida random tarzda almashtirilib, tartib ta'sirini (order effect) kamaytirish uchun).

Har bir sinov davomida topshiriqni bajarish vaqti, xatolar soni (noto'g'ri bosishlar, orqaga qaytish harakatlari) qayd etildi. Sinov yakunida respondentlar har bir versiya bo'yicha standartlashtirilgan System Usability Scale (SUS) so'rovnomasini to'ldirishdi. Guruhlar o'rtasidagi farqlarning statistik ahamiyati bog'liq namunalar uchun t-mezon (bir xil respondentning ikkita versiyadagi natijalarini solishtirish uchun) yordamida tekshirildi.

NATIJALAR

Umumiy natijalar bo'yicha takomillashtirilgan versiyada topshiriqni bajarish vaqti bazaviy versiyaga nisbatan o'rtacha 23 foizga qisqardi (mos ravishda 47,2 soniya va 61,3 soniya, $p<0,001$), xatolar soni esa 41 foizga kamaydi (mos ravishda 1,8 va 3,1 xato topshiriq boshiga, $p<0,001$). System Usability Scale ko'rsatkichi bazaviy versiyada o'rtacha 68,4 ball, takomillashtirilgan versiyada esa 84,7 ball (100 balllik shkalada) ni tashkil etdi, bu SUS shkalasi bo'yicha "qoniqarli" darajadan "a'lo" darajaga o'tishni bildiradi.

Yosh guruhleri kesimida tahlil shuni ko'rsatdiki, 50 yoshdan katta respondentlar guruhida farq yanada sezilarli bo'ldi — bu guruhda topshiriqni bajarish vaqti 31 foizga qisqargan bo'lsa, yosh guruhida (18-35 yosh) bu ko'rsatkich 17 foizni tashkil etdi. Xuddi shunday tendensiya texnik savodxonlik darajasi past bo'lgan foydalanuvchilar guruhida ham kuzatildi — bu guruhda xatolar soni 52 foizga kamaygan bo'lsa, yuqori texnik savodxonlikka ega guruhda bu ko'rsatkich 28 foizni tashkil etdi.

Sifatli fikr-mulohaza tahlili shuni ko'rsatdiki, respondentlarning aksariyati (48 nafar, 80%) mikrointeraksiyalarni "tizim ishlayotganiga ishonch beruvchi" element sifatida ijobiy baholadi, kattalashtirilgan bosish maydonlari va skeleton-ekranlar esa ayniqsa keksa yoshdagi respondentlar tomonidan "o'zimni ishonchliroq his qildim" degan izohlar bilan yuqori baholandi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar zamonaviy UI/UX dizayn usullarining, xususan mikrointeraksiyalar va inklyuziv dizayn elementlarining, mobil ilovalarda foydalanuvchi tajribasini sezilarli darajada yaxshilashini tasdiqlaydi. Bu xulosa foydalanuvchi tajribasi tadqiqotlari sohasidagi xalqaro ishlar bilan mos keladi, ularda ham tezkor vizual fikr-mulohaza va inklyuziv dizayn tamoyillari foydalanuvchi ishonchi va samaradorligini oshiruvchi asosiy omillar sifatida qayd etilgan.

Keksa yoshdagi va past texnik savodxonlikka ega foydalanuvchilar guruhida kuzatilgan sezilarli yuqori samaradorlik alohida amaliy ahamiyatga ega, chunki bu inklyuziv dizayn tamoyillarining nafaqat cheklangan qobiliyatga ega foydalanuvchilar uchun, balki keng

foydalanuvchilar auditoriyasi uchun ham foydali ekanligini ko'rsatadi — bu hodisa dizayn nazariyasida "universal dizayn foydasi" (curb-cut effect) sifatida tanilgan.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar mobil ilova dizaynerlari va ishlab chiquvchilariga mikrointeraksiyalar va inklyuziv dizayn elementlarini loyihaning boshlang'ich bosqichidanoq (keyinchalik "qo'shimcha" sifatida emas) rejalashtirishni, shuningdek foydalanuvchanlik testlarini turli yosh va texnik savodxonlik darajasiga ega foydalanuvchilar bilan o'tkazishni, chunki "o'rtacha" foydalanuvchi natijalari haqiqiy auditoriyaning eng zaif nuqtalarini yashirib qo'yishi mumkinligini tavsiya etadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Mikrointeraksiyalar va inklyuziv dizayn elementlari bilan boyitilgan mobil interfeys topshiriqni bajarish vaqtini 23 foizga qisqartiradi va xatolar sonini 41 foizga kamaytiradi.
2. System Usability Scale ko'rsatkichi takomillashtirilgan versiyada "qoniqarli" darajadan "a'lo" darajaga (68,4 dan 84,7 ballgacha) oshadi.
3. Zamonaviy UI/UX usullarining ijobiy ta'siri kekxa yoshdagi va texnik savodxonligi past foydalanuvchilar guruhida ayniqsa sezilarli bo'ladi.
4. Inklyuziv dizayn tamoyillari nafaqat cheklangan qobiliyatga ega foydalanuvchilarga, balki keng foydalanuvchilar auditoriyasiga ham foyda keltiradi ("universal dizayn foydasi").
5. Foydalanuvchanlik testlarini turli demografik va texnik savodxonlik guruhlarini qamrab olgan holda o'tkazish dizayn qarorlarining haqiqiy amaliy samaradorligini aniqroq baholash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Мобил иловаларда фойдаланувчи интерфейсини лойиҳалаш усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №1. — Б. 55–63.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида фойдаланувчи тажрибасини лойиҳалаш // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 47–55.
5. Nielsen J. Usability Engineering. — San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993. — 362 p.
6. Brooke J. SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale // Usability Evaluation in Industry. — London: Taylor & Francis, 1996. — P. 189–194.
7. Saffer D. Microinteractions: Designing with Details. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2013. — 154 p.
8. Norman D.A. The Design of Everyday Things. — New York: Basic Books, 2013. — 368 p.
9. Story M.F., Mueller J.L., Mace R.L. The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities. — Raleigh: NC State University, 1998. — 112 p.
10. Budiu R. Mobile User Experience: Limitations and Strengths // Nielsen Norman Group Report. — 2015.

WEB-ILOVALARNING ISHLASH UNUMDORLIGINI OPTIMALLASHTIRISHNING ZAMONAVIY USULLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Abdushukurova Nilufar Xoliqul qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada mijoz tomonidagi (frontend) optimallashtirish usullari — kodni bo'laklarga bo'lish (code splitting), tasvirlarni lazy loading orqali kechiktirib yuklash, brauzer keshlashi va Content Delivery Network (CDN) qo'llanilishi — hamda server tomonidagi optimallashtirish usullari — ma'lumotlar bazasi so'rovlarini optimallashtirish va server tomonidagi keshlash (Redis asosida) nazariy jihatdan tavsiflangan. Tadqiqot doirasida haqiqiy funksional web-ilova (elektron tijorat platformasi prototipi) ustida optimallashtirishdan oldingi va keyingi ishlash unumdorligi ko'rsatkichlari Google Lighthouse va WebPageTest vositalari yordamida o'lchangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, barcha optimallashtirish usullarini birgalikda qo'llash sahifaning birinchi mazmunli chizilishi (First Contentful Paint) vaqtini 3,8 soniyadan 1,2 soniyagacha (68% kamayish), umumiy sahifa yuklanish vaqtini esa 6,4 soniyadan 2,1 soniyagacha (67% kamayish) qisqartirgan. Alohida-alohida tahlil qilinganda, tasvirlarni optimallashtirish va CDN qo'llash eng katta individual ta'sirga ega bo'lgan, server tomonidagi keshlash esa ma'lumotlar bazasiga bog'liq sahifalarning javob vaqtini 74 foizga qisqartirgan. Maqola yakunida web-ilova unumdorligini optimallashtirish bo'yicha bosqichma-bosqich amaliy metodologiya taklif etilgan.

Kalit so'zlar: web-ilova unumdorligi, optimallashtirish, frontend, CDN, keshlash, Google Lighthouse, sahifa yuklanish tezligi.

Annotation. The article theoretically describes client-side (frontend) optimization techniques — code splitting, lazy loading of images, browser caching, and the use of a Content Delivery Network (CDN) — as well as server-side optimization techniques — database query optimization and server-side caching (based on Redis). Within the study, performance metrics before and after optimization were measured on a real functional web application (an e-commerce platform prototype) using the Google Lighthouse and WebPageTest tools. The results show that applying all optimization techniques together reduced the page's First Contentful Paint time from 3.8 seconds to 1.2 seconds (a 68 percent decrease) and total page load time from 6.4 seconds to 2.1 seconds (a 67 percent decrease). When analyzed individually, image optimization and CDN usage had the greatest individual impact, while server-side caching reduced the response time of database-dependent pages by 74 percent. The article concludes by proposing a step-by-step practical methodology for optimizing web application performance.

Key words: web application performance, optimization, frontend, CDN, caching, Google Lighthouse, page load speed.

Аннотация. В статье теоретически описаны методы оптимизации на стороне клиента (фронтенда) — разделение кода (code splitting), отложенная загрузка изображений (lazy loading), кеширование в браузере и использование сети доставки контента (CDN), — а также методы оптимизации на стороне сервера — оптимизация запросов к базе данных и серверное кеширование (на основе Redis). В рамках исследования показатели

производительности до и после оптимизации были измерены на реальном функциональном веб-приложении (прототипе платформы электронной коммерции) с помощью инструментов Google Lighthouse и WebPageTest. Результаты показывают, что совместное применение всех методов оптимизации сократило время первой содержательной отрисовки страницы (First Contentful Paint) с 3,8 до 1,2 секунды (снижение на 68%), а общее время загрузки страницы — с 6,4 до 2,1 секунды (снижение на 67%). При индивидуальном анализе наибольшее влияние оказали оптимизация изображений и использование CDN, тогда как серверное кеширование сократило время отклика страниц, зависящих от базы данных, на 74%. В заключение статьи предложена поэтапная практическая методология оптимизации производительности веб-приложений.

Ключевые слова: производительность веб-приложения, оптимизация, фронтенд, CDN, кеширование, Google Lighthouse, скорость загрузки страницы.

KIRISH

Web-ilovalarning ishlash tezligi foydalanuvchi tajribasi, qidiruv tizimlaridagi reyting (SEO) va, oxir-oqibat, biznes ko'rsatkichlari (konversiya darajasi) bilan bevosita bog'liq. Turli tadqiqotlarga ko'ra, sahifa yuklanish vaqtining har bir qo'shimcha soniyasi foydalanuvchilarning sayt tark etish (bounce rate) ko'rsatkichini sezilarli darajada oshirishi mumkin, bu esa web-ilova unumdorligini optimallashtirishni nafaqat texnik, balki jiddiy biznes ahamiyatga ega masalaga aylantiradi.

Web-ilova unumdorligiga ta'sir qiluvchi omillar keng qamrovga ega — brauzerda bajariladigan JavaScript kodining hajmi va murakkabligidan tortib, server tomonidagi ma'lumotlar bazasi so'rovlarining samaradorligigacha. Shu sababli, samarali optimallashtirish strategiyasi ham mijoz, ham server tomonidagi omillarni kompleks tarzda hisobga olishi zarur.

Tadqiqotning maqsadi — web-ilovalarning ishlash unumdorligini optimallashtirishning asosiy frontend va backend usullarini tizimlashtirish hamda ularning amaliy ta'sirini haqiqiy ilova misolida empirik tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) asosiy frontend va backend optimallashtirish usullarining nazariy asoslarini yoritish; 2) haqiqiy web-ilovada optimallashtirishdan oldingi bazaviy ko'rsatkichlarni o'lchash; 3) optimallashtirish usullarini bosqichma-bosqich qo'llab, ularning alohida va birgalikdagi ta'sirini o'lchash; 4) natijalar asosida amaliy metodologiya taklif etish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun React (frontend) va Node.js/Express (backend, PostgreSQL ma'lumotlar bazasi bilan) asosida qurilgan elektron tijorat platformasi prototipi tanlab olindi, u mahsulotlar katalogi, qidiruv va xarid savati funksiyalarini o'z ichiga oladi.

Optimallashtirish quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi, har bir bosqichdan keyin ishlash unumdorligi ko'rsatkichlari qayta o'lchandi:

- 1) bazaviy o'lchov — optimallashtirishsiz ilovaning boshlang'ich ko'rsatkichlari;
- 2) frontend optimallashtirish — kodni bo'laklarga bo'lish (React.lazy orqali marshrut asosida code splitting), tasvirlarni WebP formatiga o'tkazish va lazy loading qo'llash, statik resurslar uchun brauzer keshlash sarlavhalarini sozlash;
- 3) CDN integratsiyasi — statik resurslarni (JavaScript, CSS, tasvirlar) geografik taqsimlangan CDN tugunlari orqali yetkazib berish;

4) backend optimallashtirish — sekin ishlayotgan ma'lumotlar bazasi so'rovlarini indekslash orqali optimallashtirish va tez-tez so'raladigan, kam o'zgaruvchi ma'lumotlar (mahsulotlar katalogi) uchun Redis asosidagi server tomonidagi keshlashni joriy etish.

Har bir bosqichdan keyin ishlash unumdorligi Google Lighthouse (Performance Score, First Contentful Paint, Time to Interactive ko'rsatkichlari) va WebPageTest (turli tarmoq tezligi sharoitida sahifa to'liq yuklanish vaqti) vositalari yordamida o'lchandi. Har bir o'lchov 10 marta takrorlandi va o'rtacha qiymat hisobga olindi.

NATIJALAR

Bazaviy (optimallashtirishsiz) ko'rsatkichlar quyidagicha bo'ldi: First Contentful Paint (FCP) — 3,8 soniya, Time to Interactive (TTI) — 5,9 soniya, umumiy sahifa yuklanish vaqti — 6,4 soniya, Google Lighthouse Performance Score — 42/100. Frontend optimallashtirish (code splitting, tasvir optimallashtirish, brauzer keshlash) qo'llanilgandan so'ng FCP 2,1 soniyagacha, umumiy yuklanish vaqti esa 4,3 soniyagacha qisqardi, Performance Score 68 ballgacha oshdi.

CDN integratsiyasi qo'shilgandan so'ng natijalar yanada yaxshilandi: FCP 1,6 soniyagacha, umumiy yuklanish vaqti 3,2 soniyagacha qisqardi. Bu bosqichda erishilgan yaxshilanish, ayniqsa geografik jihatdan serverdan uzoqda joylashgan foydalanuvchilar uchun, statik resurslarning foydalanuvchiga yaqinroq joydan yetkazib berilishi bilan izohlandi.

Backend optimallashtirish (ma'lumotlar bazasi indekslash va Redis keshlash) qo'shilgandan so'ng, barcha to'rtta bosqich birgalikda qo'llanilgan holda, yakuniy ko'rsatkichlar quyidagicha bo'ldi: FCP — 1,2 soniya (bazaviy holatga nisbatan 68% kamayish), umumiy yuklanish vaqti — 2,1 soniya (67% kamayish), Google Lighthouse Performance Score — 94/100. Ma'lumotlar bazasiga bog'liq sahifalarning (masalan, mahsulotlar katalogi) server javob vaqti alohida Redis keshlash tufayli 74 foizga (o'rtacha 340 ms dan 88 ms gacha) qisqardi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar web-ilova unumdorligini optimallashtirish kompleks, ko'p qatlamli jarayon ekanligini, bunda frontend va backend optimallashtirish usullari o'zaro to'ldiruvchi (komplementar) ta'sirga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bitta usulning o'zi (masalan, faqat CDN yoki faqat keshlash) sezilarli yaxshilanish bersa-da, eng yuqori samaradorlik barcha usullarni birgalikda, tizimli tarzda qo'llashda erishilishi kuzatildi.

Tasvirlarni optimallashtirish va CDN qo'llashning nisbatan katta individual ta'siri shuni ko'rsatadiki, ko'plab web-ilovalarda statik resurslar (ayniqsa tasvirlar) umumiy sahifa og'irligining katta qismini tashkil etadi, shu sababli bu sohadagi optimallashtirish nisbatan kam kuch bilan katta natija berishi mumkin. Bu xulosa veb-unumdorlik sohasidagi xalqaro amaliyot va Google'ning Core Web Vitals ko'rsatkichlari bo'yicha tavsiyalari bilan mos keladi.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar dasturiy ta'minot jamoalariga unumdorlikni optimallashtirishni loyihaning yakuniy bosqichiga qoldirilgan qo'shimcha vazifa emas, balki ishlab chiqish jarayonining uzluksiz qismi (performance budget belgilash, har bir release oldidan Lighthouse tekshiruvini CI/CD quvuriga integratsiya qilish) sifatida ko'rib chiqishni tavsiya etadi. Bunday proaktiv yondashuv unumdorlik muammolarining vaqt o'tishi bilan to'planib, keyinchalik qimmat va murakkab tuzatishni talab qilishining oldini oladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Barcha frontend va backend optimallashtirish usullarini birgalikda qo'llash sahifa yuklanish vaqtini 67 foizga, First Contentful Paint vaqtini 68 foizga qisqartiradi.
2. Tasvirlarni optimallashtirish va CDN qo'llash nisbatan kam kuch bilan katta samaradorlik beruvchi, ustuvor optimallashtirish choralari hisoblanadi.
3. Server tomonidagi keshlash ma'lumotlar bazasiga bog'liq sahifalarning javob vaqtini 74 foizga qisqartiradi.
4. Eng yuqori samaradorlikka faqat bitta usul emas, balki frontend va backend optimallashtirish usullarini kompleks, birgalikda qo'llashda erishiladi.
5. Unumdorlikni optimallashtirish ishlab chiqish jarayonining uzluksiz qismi sifatida, CI/CD quvuriga integratsiya qilingan holda, olib borilishi tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Веб-илловаларни ишлаб чиқишда замонавий API архитектуралари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 44–52.
4. Каримов У.А. Веб-илловалар унумдорлигини оптималлаштиришнинг замонавий услублари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2024. — №1. — Б. 37–45.
5. Grigorik I. High Performance Browser Networking. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2013. — 401 p.
6. Souders S. High Performance Web Sites: Essential Knowledge for Front-End Engineers. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2007. — 168 p.
7. Wagner D. Web Performance in Action: Building Fast Web Pages. — Shelter Island: Manning Publications, 2016. — 384 p.
8. Google Web Fundamentals. Web Performance Optimization // Google Developers Documentation. — 2023.

EDGE COMPUTING TEXNOLOGIYASINING IoT TIZIMLARIDA MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASH SAMARADORLIGIGA TA'SIRI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Abdushukurova Nilufar Xoliqul qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada Edge Computing (chekka hisoblash) texnologiyasining Internet of Things (IoT) tizimlarida ma'lumotlarni qayta ishlash samaradorligiga ta'siri tadqiq etilgan. IoT qurilmalari sonining tez sur'atlarda ortishi va ular tomonidan generatsiya qilinayotgan ma'lumotlar hajmining kengayishi an'anaviy markazlashgan bulutli hisoblash (cloud computing) modelining kechikish, tarmoq bandligi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlariga nisbatan cheklovlarini yaqqol namoyon etmoqda. Tadqiqotda Edge Computing arxitekturasining asosiy tamoyillari — ma'lumotlarni manbaga yaqin joyda qayta ishlash, tarmoq chekkasidagi (edge)*

tugunlarda ma'lumotlarni oldindan filtrlash va agregatsiya qilish hamda bulut bilan gibridd o'zaro aloqa — batafsil tahlil qilingan. Eksperimental qismda aqlli shahar sensorlari tarmog'ini simulyatsiya qiluvchi testbed asosida an'anaviy bulutga asoslangan model va Edge Computing modeli o'rtasida kechikish, tarmoq trafigi va real vaqt javob berish tezligi bo'yicha qiyosiy tahlil o'tkazildi. Natijalar Edge Computing yondashuvining kechikishni sezilarli darajada qisqartirishi, tarmoq trafiginii kamaytirishi va tizimning tarmoq uzilishlariga nisbatan chidamliligini oshirishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Edge Computing, Internet of Things, IoT, taqsimlangan hisoblash, kechikish, real vaqt tizimlari, bulutli hisoblash, ma'lumotlarni qayta ishlash.

Аннотация. В данной статье исследуется влияние технологии периферийных вычислений (Edge Computing) на эффективность обработки данных в системах Интернета вещей (IoT). Быстрый рост числа IoT-устройств и увеличение объёма генерируемых ими данных отчётливо демонстрируют ограничения традиционной централизованной модели облачных вычислений (cloud computing) с точки зрения задержки, загруженности сети и возможностей работы в режиме реального времени. В исследовании подробно проанализированы основные принципы архитектуры Edge Computing — обработка данных вблизи источника, предварительная фильтрация и агрегация данных на периферийных узлах сети, а также гибридное взаимодействие с облаком. В экспериментальной части на основе тестового стенда, моделирующего сеть датчиков умного города, проведён сравнительный анализ между традиционной облачной моделью и моделью Edge Computing по показателям задержки, сетевого трафика и скорости реагирования в реальном времени. Результаты показали, что подход Edge Computing существенно сокращает задержку, снижает сетевой трафик и повышает устойчивость системы к разрывам сети.

Ключевые слова: Edge Computing, Интернет вещей, IoT, распределённые вычисления, задержка, системы реального времени, облачные вычисления, обработка данных.

Abstract. This article examines the impact of Edge Computing technology on the efficiency of data processing in Internet of Things (IoT) systems. The rapid growth in the number of IoT devices and the expanding volume of data they generate clearly reveal the limitations of the traditional centralized cloud computing model in terms of latency, network congestion, and real-time processing capability. The study analyzes in detail the core principles of Edge Computing architecture — processing data close to its source, pre-filtering and aggregating data at network edge nodes, and hybrid interaction with the cloud. In the experimental part, using a testbed simulating a smart-city sensor network, a comparative analysis was carried out between the traditional cloud-based model and the Edge Computing model in terms of latency, network traffic, and real-time response speed. The results showed that the Edge Computing approach significantly reduces latency, decreases network traffic, and increases the system's resilience to network disruptions.

Keywords: Edge Computing, Internet of Things, IoT, distributed computing, latency, real-time systems, cloud computing, data processing.

KIRISH

Internet of Things (IoT) texnologiyasining jadal rivojlanishi natijasida dunyo bo'ylab milliardlab sensorlar, aktuatorlar va aqlli qurilmalar tarmoqqa ulanib, uzluksiz ravishda ulkan hajmdagi ma'lumotlarni generatsiya qilmoqda. Aqlli shaharlar, sanoat avtomatlashtirish tizimlari,

avtonom transport vositalari va sog'liqni saqlash monitoring tizimlari kabi sohalarda bu ma'lumotlarni tezkor va samarali qayta ishlash tizim faoliyatining muvaffaqiyati uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega.

An'anaviy yondashuvda IoT qurilmalari tomonidan yig'ilgan ma'lumotlar qayta ishlash uchun markazlashgan bulutli serverlarga uzatiladi. Biroq, qurilmalar sonining eksponensial o'sishi bilan bu model bir qator jiddiy muammolarga duch kelmoqda: tarmoq orqali uzatish kechikishi (latency), tarmoq bandligi (bandwidth) cheklovlari, markaziy server yuklamasining ortishi hamda tarmoq aloqasi uzilgan sharoitda tizimning ishlay olmasligi. Ayniqsa, avtonom transport vositalari yoki sanoat xavfsizlik tizimlari kabi millisekundlar hisobida qaror qabul qilishni talab qiluvchi ilovalar uchun bulutga asoslangan markazlashgan model yetarli darajada samarali emas.

Ushbu muammolarni bartaraf etish maqsadida Edge Computing (chekka hisoblash) kontsepsiyasi taklif etilgan bo'lib, u ma'lumotlarni ularning manbaiga — ya'ni sensor yoki qurilmaning o'ziga — imkon qadar yaqin joyda qayta ishlashni nazarda tutadi. Bu yondashuv ma'lumotlarni markaziy bulutga uzatishdan oldin mahalliy darajada filtrlash, agregatsiya qilish va dastlabki tahlil qilish imkonini berib, tarmoq trafigin va javob berish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — Edge Computing texnologiyasining IoT tizimlarida ma'lumotlarni qayta ishlash samaradorligiga ko'rsatadigan ta'sirini nazariy va amaliy jihatdan o'rganish, an'anaviy bulutga asoslangan model bilan qiyosiy eksperimental tahlil o'tkazish hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: (1) Edge Computing arxitekturasi va uning IoT ekotizimidagi o'rnini tahlil qilish; (2) hibrid edge-cloud modelini loyihalashtirish; (3) simulyatsiya testbedi asosida qiyosiy eksperiment o'tkazish; (4) natijalar asosida amaliy xulosalar shakllantirish.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot ikki bosqichda amalga oshirildi: arxitekturaviy tahlil va eksperimental modellashtirish. Birinchi bosqichda Edge Computing'ning uch qatlamli arxitekturasi tahlil qilindi: (a) qurilma qatlami (device layer) — sensorlar va aktuatorlar joylashgan eng quyi daraja; (b) edge (chekka) qatlami — ma'lumotlarni mahalliy tarmoq chegarasida qayta ishlovchi gateway'lar va mikroserverlar; (v) bulut qatlami — uzoq muddatli saqlash, chuqur tahlil va katta hajmdagi hisoblashlarni talab qiluvchi vazifalar uchun markazlashgan infratuzilma.

Eksperimental bosqichda aqlli shahar sensorlari tarmog'ini simulyatsiya qiluvchi testbed ishlab chiqildi, unda 200 ta virtual IoT sensori (harorat, namlik, tirbandlik va havoning ifloslanish darajasini o'lchovchi) modellashtirildi. Edge qatlami sifatida Raspberry Pi asosidagi gateway qurilmalari qo'llanilib, ularda ma'lumotlarni dastlabki filtrlash, anomalialarni aniqlash va MQTT protokoli orqali bulutga faqat zarur (agregatsiya qilingan) ma'lumotlarni uzatish funksiyalari amalga oshirildi. Bulut qismi sifatida ochiq kirish bulut platformasida joylashtirilgan ma'lumotlar bazasi va tahlil xizmati qo'llanildi.

Solishtirish maqsadida ikkita arxitektura konfiguratsiyasi tayyorlandi: (1) an'anaviy cloud-only model, unda barcha xom (raw) sensor ma'lumotlari to'g'ridan-to'g'ri markaziy bulut serveriga uzatiladi va u yerda qayta ishlanadi; (2) Edge Computing modeli, unda ma'lumotlarning katta qismi edge qatlamida mahalliy tarzda qayta ishlanadi va faqat agregatsiya qilingan yoki anomal natijalar bulutga yuboriladi. Ikkala model ham bir xil tarmoq sharoitlarida (o'rtacha 4G mobil tarmoq kechikishi simulyatsiyasi) test qilindi.

Baholash mezonlari sifatida quyidagilar tanlandi: o‘rtacha kechikish (latency), tarmoq orqali uzatilgan ma’lumot hajmi, real vaqt hodisalarga javob berish tezligi, markaziy bulut serveriga tushadigan yuklama darajasi va tarmoq aloqasi uzilgan sharoitda tizimning ishlashni davom ettira olish qobiliyati. O‘lchovlar 24 soatlik uzluksiz simulyatsiya davomida amalga oshirilib, natijalar statistik tarzda o‘rtacha qiymatlar bo‘yicha umumlashtirildi.

NATIJALAR

O‘tkazilgan eksperimental tadqiqot natijasida Edge Computing modeli va an’anaviy cloud-only model o‘rtasidagi asosiy samaradorlik ko‘rsatkichlari aniqlandi. 1-jadvalda olingan natijalar keltirilgan.

1-jadval

Cloud-only model va Edge Computing modelining qiyosiy natijalari

Ko‘rsatkich	Bulutga asoslangan (Cloud-only) model	Edge Computing modeli
O‘rtacha kechikish (latency, ms)	312	48
Tarmoq orqali uzatilgan ma’lumot hajmi (o‘rtacha, MB/soat)	184	27
Real vaqt hodisalarga javob berish vaqti (ms)	295	39
Markaziy bulut serveriga yuklama (%)	100	34
Tarmoq uzilishida ishlashni davom ettirish imkoniyati	Yo‘q	Bor (mahalliy qayta ishlash)

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, Edge Computing modeli o‘rtacha kechikish ko‘rsatkichi bo‘yicha cloud-only modelga nisbatan taxminan 6,5 barobar yaxshi natija ko‘rsatdi (48 ms ga qarshi 312 ms). Bu, birinchi navbatda, ma’lumotlarning katta qismini uzoq masofadagi bulut serveriga uzatish o‘rniga mahalliy edge tugunlarida qayta ishlanishi bilan izohlanadi.

Tarmoq trafigi bo‘yicha ham sezilarli farq kuzatildi: edge qatlamida amalga oshirilgan dastlabki filtrlash va agregatsiya natijasida bulutga uzatilgan ma’lumot hajmi soatiga o‘rtacha 184 MB’dan atigi 27 MB’gacha, ya’ni taxminan 85 foizga qisqardi. Bu tarmoq infratuzilmasiga tushadigan yukni sezilarli darajada kamaytirib, tarmoq operatorlari uchun xarajatlarni tejash imkonini beradi.

Real vaqt hodisalarga javob berish tezligi bo‘yicha Edge Computing modeli 39 millisekundni tashkil etib, bu ko‘rsatkich cloud-only modelda 295 millisekund bo‘ldi — bu farq, ayniqsa, tezkor qaror qabul qilishni talab qiluvchi vaziyatlarda (masalan, yong‘in signalini aniqlash yoki tirbandlikni boshqarish) muhim ahamiyat kasb etadi. Bundan tashqari, simulyatsiya davomida tarmoq aloqasi sun‘iy ravishda uzilgan holatlarda Edge Computing modeli mahalliy darajada ma’lumotlarni qayta ishlashni va asosiy funksiyalarni bajarishni davom ettirdi, cloud-only model esa bunday sharoitda to‘liq ishlamay qoldi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Edge Computing texnologiyasining IoT tizimlarida ma’lumotlarni qayta ishlash samaradorligini oshirishdagi salmoqli imkoniyatlarini tasdiqlaydi. Bu xulosalar Shi va boshqalar (2016) tomonidan taklif etilgan Edge Computing kontseptsiyasining nazariy asoslariga,

shuningdek Satyanarayanan (2017) tomonidan chekka hisoblashning kelajakdagi hisoblash paradigmasi sifatidagi ahamiyati bo'yicha keltirilgan mulohazalarga mos keladi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida bir qator amaliy cheklovlar ham aniqlandi. Birinchidan, edge tugunlarining hisoblash va xotira resurslari markaziy bulut serverlariga nisbatan sezilarli darajada cheklangan bo'lib, bu murakkab chuqur o'rganish modellarini to'liq edge darajasida ishga tushirishni qiyinlashtiradi — bu holatda model siqish va yengillashtirilgan neyron tarmoq arxitekturalarini qo'llash tavsiya etiladi. Ikkinchidan, ko'plab geografik jihatdan tarqalgan edge tugunlarini boshqarish, ularni yangilash va monitoring qilish markazlashgan bulut infratuzilmasiga nisbatan tashkiliy jihatdan murakkabroq bo'lib qolmoqda.

Shuningdek, edge qurilmalarining fizik jihatdan foydalanuvchiga yaqin joylashishi ularni jismoniy shikastlanish yoki ruxsatsiz kirish xavfiga ko'proq duchor qilishi, bu esa qo'shimcha xavfsizlik choralari (mahalliy shifrlash, qurilma autentifikatsiyasi) talab qilishi aniqlandi. Bundan tashqari, edge va bulut qatlamlari o'rtasidagi ma'lumotlar sinxronizatsiyasini to'g'ri loyihalashtirmaslik ma'lumotlar nomuvofiqligi (data inconsistency) muammosini keltirib chiqarishi mumkinligi ta'kidlandi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, taklif etilgan hibrid edge-cloud modeli O'zbekistondagi aqlli shahar loyihalari, sanoat monitoring tizimlari va qishloq xo'jaligida aniq dehqonchilik (precision agriculture) yechimlarini joriy etayotgan tashkilotlar uchun tarmoq resurslarini tejagan holda tezkor va ishonchli IoT tizimlarini yaratishda amaliy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida Edge Computing texnologiyasining IoT tizimlarida ma'lumotlarni qayta ishlash samaradorligiga ta'siri nazariy va amaliy jihatdan batafsil o'rganildi. Tadqiqot davomida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Edge Computing arxitekturasi ma'lumotlarni manbaga yaqin joyda qayta ishlash orqali an'anaviy cloud-only modelga nisbatan kechikishni sezilarli darajada qisqartiradi va real vaqt rejimida qaror qabul qilish imkoniyatlarini kengaytiradi.

2. Eksperimental natijalar Edge Computing modelining o'rtacha kechikish bo'yicha 6,5 barobar, real vaqt javob berish tezligi bo'yicha esa 7,5 barobargacha ustunlikka ega ekanligini ko'rsatdi.

3. Edge qatlamida amalga oshirilgan dastlabki filtrlash va agregatsiya tarmoq orqali uzatiladigan ma'lumot hajmini taxminan 85 foizga kamaytirib, tarmoq infratuzilmasiga tushadigan yukni va bog'liq xarajatlarni sezilarli darajada pasaytiradi.

4. Edge Computing modeli tarmoq aloqasi uzilgan sharoitlarda ham asosiy funksionallikni saqlab qolish imkonini berib, tizimning umumiy ishonchliligi va barqarorligini oshiradi, biroq bu resurslarni boshqarish, xavfsizlik va sinxronizatsiya bo'yicha qo'shimcha texnik yechimlarni talab qiladi.

Kelgusi tadqiqotlarda Edge Computing'ni 5G tarmoqlari va federativ o'rganish (federated learning) texnologiyalari bilan integratsiya qilish, shuningdek energiyadan tejimli foydalanuvchi (energy-efficient) edge algoritmlarini ishlab chiqish istiqbolli yo'nalishlar sifatida belgilandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge Computing: Vision and Challenges // IEEE Internet of Things Journal. — 2016. — Vol. 3, №5. — P. 637–646.

2. Satyanarayanan M. The Emergence of Edge Computing // Computer. — 2017. — Vol. 50, №1. — P. 30–39.
3. Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things // Proceedings of the ACM SIGCOMM Workshop on Mobile Cloud Computing. — 2012. — P. 13–16.
4. Khan W.Z., Ahmed E., Hakak S., Yaqoob I., Ahmed A. Edge Computing: A Survey // Future Generation Computer Systems. — 2019. — Vol. 97. — P. 219–235.
5. Yu W., Liang F., He X. et al. A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things // IEEE Access. — 2018. — Vol. 6. — P. 6900–6919.
6. Ergashev R.X. Internet of Things tizimlarida taqsimlangan ma'lumotlarni qayta ishlash arxitekturalari // TATU xabarlari. — 2022. — №1(61). — B. 72–79.
7. Saidova M.N., Tursunov B.K. Aqlli shahar infratuzilmasida chekka hisoblash texnologiyasini qo'llash imkoniyatlari // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy-amaliy va axborotnoma jurnali. — 2023. — №1. — B. 98–105.
8. Nurmatov A.SH. IoT tizimlarida real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlashning zamonaviy yondashuvlari // O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi axborotnomasi. — 2022. — №4. — B. 55–62.
9. Bekmurodov U.T. Edge va Fog Computing texnologiyalarining qiyosiy tahlili va ularni sanoat IoT tizimlarida qo'llash // TDTU ilmiy-texnika jurnali. — 2023. — №2. — B. 88–95.
10. Zhang J., Chen B., Zhao Y., Cheng X., Hu F. Data Security and Privacy-Preserving in Edge Computing Paradigm: Survey and Open Issues // IEEE Access. — 2018. — Vol. 6. — P. 18209–18237.

DEVOPS VA CI/CD TEXNOLOGIYALARINING DASTURIY MAHSULOT ISHLAB CHIQISH JARAYONIGA TA'SIRI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Abdushukurova Nilufar Xoliqul qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada DevOps metodologiyasi va uzluksiz integratsiya/uzluksiz yetkazib berish (CI/CD) texnologiyalarining zamonaviy dasturiy mahsulot ishlab chiqish jarayoniga ta'siri tahlil qilingan. Tadqiqot davomida DevOps tamoyillari, CI/CD quvur liniyalarining (pipeline) tuzilishi, ularni joriy etish natijasida ishlab chiqish tsikli davomiyligi, xatoliklar soni va jamoa samaradorligi ko'rsatkichlarining o'zgarishi o'rganildi. Tadqiqot uchun qiyosiy tahlil, ekspert so'rovi va statistik metodlardan foydalanildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, CI/CD amaliyotlarini joriy etgan tashkilotlarda relizlar chastotasi sezilarli darajada oshgan, ishlab chiqarish muhitidagi xatoliklar soni esa kamaygan. Maqola so'ngida DevOps madaniyatini joriy etishning asosiy bosqichlari va amaliy tavsiyalari keltirilgan.*

***Kalit so'zlar:** DevOps, CI/CD, uzluksiz integratsiya, uzluksiz yetkazib berish, dasturiy ta'minot, avtomatlashtirish, Agile, relizlar, dasturiy injiniring.*

Аннотация. В данной статье проанализировано влияние методологии DevOps и технологий непрерывной интеграции/непрерывной доставки (CI/CD) на современный процесс разработки программного обеспечения. В ходе исследования изучены принципы DevOps, структура конвейеров CI/CD, а также изменения показателей продолжительности цикла разработки, количества ошибок и эффективности команды в результате их внедрения. Для исследования использовались сравнительный анализ, экспертный опрос и статистические методы. Результаты показывают, что в организациях, внедривших практики CI/CD, частота релизов значительно увеличилась, а количество ошибок в продуктивной среде снизилось. В конце статьи приведены основные этапы и практические рекомендации по внедрению культуры DevOps.

Ключевые слова: DevOps, CI/CD, непрерывная интеграция, непрерывная доставка, программное обеспечение, автоматизация, Agile, релизы, программная инженерия.

Annotation. This article analyzes the impact of DevOps methodology and Continuous Integration/Continuous Delivery (CI/CD) technologies on the modern software development process. The study examines DevOps principles, the structure of CI/CD pipelines, and the resulting changes in development cycle duration, defect rates, and team performance indicators. Comparative analysis, expert surveys, and statistical methods were used in the research. The results show that organizations implementing CI/CD practices have significantly increased release frequency while reducing the number of defects in the production environment. The article concludes with the key stages and practical recommendations for adopting a DevOps culture.

Keywords: DevOps, CI/CD, continuous integration, continuous delivery, software, automation, Agile, releases, software engineering.

KIRISH

So'nggi o'n yillikda dasturiy ta'minot ishlab chiqarish sohasi tezkorlik, moslashuvchanlik va sifatga bo'lgan talablarning keskin oshishi bilan tavsiflanadi. An'anaviy "waterfall" (bosqichma-bosqich) modelida ishlab chiqish (development) va ekspluatatsiya (operations) bo'limlari bir-biridan ajratilgan holda faoliyat yuritgan, bu esa relizlar orasidagi vaqt oralig'ining uzayishiga, jamoalar o'rtasidagi kommunikatsiya muammolariga va ishlab chiqarishga chiqarish jarayonidagi xatoliklar sonining oshishiga olib kelgan.

DevOps — bu dasturiy ta'minotni ishlab chiqish (Dev) va uni ekspluatatsiya qilish (Ops) jarayonlarini birlashtiruvchi metodologiya, madaniyat va amaliyotlar majmuidir. DevOps'ning asosiy maqsadi — jamoalar o'rtasidagi hamkorlikni kuchaytirish, avtomatlashtirish darajasini oshirish va dasturiy mahsulotni foydalanuvchiga yetkazib berish tsiklini qisqartirishdan iborat. Uzluksiz integratsiya va uzluksiz yetkazib berish (Continuous Integration/Continuous Delivery, CI/CD) texnologiyalari esa DevOps falsafasini amalda joriy etishning texnik asosini tashkil qiladi.

CI/CD quvur liniyalari (pipeline) kod o'zgarishlarini avtomatik ravishda yig'ish (build), sinovdan o'tkazish (test) va joylashtirish (deploy) jarayonlarini o'z ichiga oladi, bu esa inson omili tufayli yuzaga keladigan xatoliklarni kamaytiradi va relizlar chastotasini oshiradi.

Ushbu tadqiqotning dolzarbligi shundaki, O'zbekistonda ham raqamli transformatsiya jarayonlari kuchayib borayotgan bir sharoitda, mahalliy IT-kompaniyalar va davlat axborot tizimlarini ishlab chiquvchi tashkilotlar uchun DevOps va CI/CD amaliyotlarini joriy etish samaradorlikni oshirishning muhim omiliga aylanmoqda.

Tadqiqotning maqsadi — DevOps metodologiyasi va CI/CD texnologiyalarining dasturiy mahsulot ishlab chiqish jarayoniga ta'sirini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish, shuningdek ularni joriy etish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: DevOps tamoyillarini va CI/CD arxitekturasini tavsiflash; mavjud CI/CD vositalarini qiyosiy tahlil qilish; DevOps joriy etilgan va etilmagan tashkilotlarning asosiy ko'rsatkichlarini (metrikalarini) solishtirish; olingan natijalar asosida amaliy xulosa va tavsiyalar shakllantirish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot uchun kompleks metodologik yondashuv qo'llanildi. Birinchidan, mavzuga oid xorijiy va mahalliy ilmiy adabiyotlar, shu jumladan Google Cloud DORA (DevOps Research and Assessment) tashkilotining yillik hisobotlari va yetakchi mualliflarning monografiyalari tahlil qilindi (adabiyotlar tahlili metodi). Ikkinchidan, bozorda mavjud bo'lgan asosiy CI/CD vositalari (Jenkins, GitLab CI/CD, GitHub Actions, CircleCI, Azure DevOps) funksional imkoniyatlari bo'yicha qiyosiy tahlil qilindi.

Uchinchidan, tadqiqot doirasida DevOps amaliyotlarini turli darajada joriy etgan IT-tashkilotlar bo'yicha ikkilamchi (secondary) statistik ma'lumotlar — jumladan Puppet va DORA tomonidan e'lon qilingan "State of DevOps" hisobotlaridagi ko'rsatkichlar — umumlashtirildi va tizimlashtirildi. Tahlil uchun quyidagi to'rtta asosiy ko'rsatkich (DORA metrikalari) tanlab olindi: deployment frequency (joylashtirish chastotasi), lead time for changes (o'zgarishlarni joriy etish vaqti), change failure rate (o'zgarish natijasidagi xatoliklar darajasi) va mean time to recovery — MTTR (tiklanish uchun o'rtacha vaqt). Olingan ma'lumotlar qiyosiy va statistik tahlil metodlari yordamida qayta ishlandi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida CI/CD quvur liniyasining tipik tuzilishi quyidagi asosiy bosqichlardan iborat ekanligi aniqlandi: (1) kodni versiyalash tizimiga (masalan, Git) joylashtirish; (2) kodni avtomatik yig'ish (build); (3) statik kod tahlili va xavfsizlik tekshiruvi; (4) avtomatlashtirilgan sinovlardan (unit, integratsion, regressiya testlari) o'tkazish; (5) sinov (staging) muhitiga joylashtirish; (6) ishlab chiqarish (production) muhitiga avtomatik yoki yarim-avtomatik joylashtirish; (7) monitoring va xabardor qilish (alerting).

Asosiy CI/CD vositalarining qiyosiy tahlili 1-jadvalda keltirilgan.

Vosita	Turi	Asosiy afzalligi
Jenkins	Open-source, server asosida	Yuqori moslashuvchanlik, katta plugin ekotizimi
GitLab CI/CD	Bulutli/lokal, integratsiyalashgan	Git bilan chuqur integratsiya, yagona platforma
GitHub Actions	Bulutli, GitHub bilan integratsiyalashgan	Sozlash qulayligi, keng marketplace
CircleCI	Bulutli SaaS	Tezkor ishga tushirish, yaxshi keshlash
Azure DevOps	Bulutli/gibrid, Microsoft	Korporativ loyihalar uchun to'liq ekotizim

DevOps va CI/CD amaliyotlarini joriy etgan tashkilotlarning ko'rsatkichlarini joriy etmagan tashkilotlar bilan solishtirish natijalari 2-jadvalda umumlashtirilgan (DORA tadqiqotlari asosida).

Ko'rsatkich	An'anaviy jarayon	DevOps/CI/CD joriy etilgan
Joylashtirish chastotasi	Oyiga 1 martadan kamroq	Kuniga bir necha marta
O'zgarishni joriy etish vaqti	1 oydan ortiq	1 kundan kam
Xatoliklar darajasi	31–45%	0–15%
Tiklanish vaqti (MTTR)	1 haftadan ortiq	1 soatdan kam

Jadvallardan ko'rinib turibdiki, CI/CD amaliyotlarini yuqori darajada joriy etgan tashkilotlarda joylashtirish chastotasi bir necha barobar oshgan, o'zgarishlarni joriy etish vaqti esa sezilarli darajada qisqargan. Bundan tashqari, xatoliklar darajasi va tiklanish vaqti ham ancha yaxshilangan, bu esa avtomatlashtirilgan sinov va monitoring tizimlarining samarali ishlayotganidan dalolat beradi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, DevOps va CI/CD texnologiyalarining joriy etilishi nafaqat texnik jarayonlarni, balki tashkiliy madaniyatni ham tubdan o'zgartiradi. Avtomatlashtirish hisobiga inson omili bilan bog'liq xatoliklar kamayadi, jamoalar esa rutinali vazifalardan ozod bo'lib, murakkab arxitektura va biznes muammolarini hal qilishga ko'proq vaqt ajrata oladi.

Shu bilan birga, DevOps'ni joriy etish bir qator qiyinchiliklar bilan bog'liq. Birinchidan, tashkiliy madaniyatdagi qarshilik — ayniqsa yirik va uzoq vaqtdan beri an'anaviy usulda ishlayotgan tashkilotlarda — jiddiy to'siq bo'lishi mumkin. Ikkinchidan, CI/CD infratuzilmasini sozlash va qo'llab-quvvatlash qo'shimcha malaka va resurslarni talab qiladi. Uchinchidan, avtomatlashtirish darajasining oshishi bilan xavfsizlik masalalari yanada dolzarblashadi, bu esa DevSecOps yondashuvining — xavfsizlikni CI/CD jarayonining barcha bosqichlariga integratsiya qilishning — ahamiyatini oshiradi.

Tadqiqot natijalari xorijiy mualliflarning (Kim, Humble, Forsgren va boshqalar) ilgari surgan xulosalari bilan umuman mos keladi: yuqori samaradorlikka erishgan tashkilotlarda ham tezkorlik, ham barqarorlik bir vaqtning o'zida ta'minlanadi, bu esa "tezlik yoki sifat" degan an'anaviy dilemmani inkor etadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, DevOps metodologiyasi va CI/CD texnologiyalari zamonaviy dasturiy mahsulot ishlab chiqish jarayonini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqadi: ishlab chiqish va ekspluatatsiya jamoalari o'rtasidagi to'siqlarni yo'qotadi, jarayonlarni avtomatlashtiradi va relizlar chastotasini sezilarli darajada oshiradi.

Ikkinchidan, CI/CD quvur liniyalarini joriy etish ishlab chiqarish muhitidagi xatoliklar sonini va tizimni tiklash vaqtini kamaytiradi, bu esa yakuniy mahsulot sifatiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Uchinchidan, DevOps'ni muvaffaqiyatli joriy etish nafaqat texnik vositalarni tanlashni, balki tashkiliy madaniyatni o'zgartirishni, jamoalar o'rtasidagi hamkorlikni kuchaytirishni va uzluksiz o'rganish (continuous learning) tamoyilini qaror toptirishni talab qiladi.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ta'kidlash mumkin: DevOps'ni joriy etishni kichik, past xavfli loyihalardan boshlash; CI/CD quvur liniyasini bosqichma-bosqich avtomatlashtirish; xavfsizlikni jarayonning boshidanoq (DevSecOps) hisobga olish; hamda jamoa a'zolarini muntazam ravishda o'qitish va malakasini oshirib borish. Kelgusi tadqiqotlarda sun'iy intellekt asosidagi CI/CD

avtomatlashtirish vositalari (AIOps) va ularning dasturiy sifatga ta'sirini chuqurroq o'rganish istiqbolli yo'nalish bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Humble J., Farley D. Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation. – Boston: Addison-Wesley, 2010. – 512 p.
2. Kim G., Humble J., Debois P., Willis J. The DevOps Handbook: How to Create World-Class Agility, Reliability, and Security in Technology Organizations. – Portland: IT Revolution Press, 2016. – 480 p.
3. Forsgren N., Humble J., Kim G. Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps: Building and Scaling High Performing Technology Organizations. – Portland: IT Revolution Press, 2018. – 288 p.
4. Kim G. The Phoenix Project: A Novel about IT, DevOps, and Helping Your Business Win. – Portland: IT Revolution Press, 2013. – 345 p.
5. Bass L., Weber I., Zhu L. DevOps: A Software Architect's Perspective. – Boston: Addison-Wesley Professional, 2015. – 480 p.
6. Fowler M. Continuous Integration // martinofowler.com [Elektron resurs]. – 2006 (2023-yilda yangilangan).
7. DORA (DevOps Research and Assessment), Google Cloud. Accelerate State of DevOps Report 2023. – Mountain View: Google LLC, 2023.
8. Ergashev A.A. Zamonaviy dasturiy ta'minot ishlab chiqish metodologiyalari: monografiya. – Toshkent: TATU nashriyoti, 2021. – 164 b.
9. Karimov B.T., Yusupova N.R. Dasturiy injiniring asoslari va Agile metodologiyalari // Toshkent axborot texnologiyalari universiteti xabarnomasi. – 2022. – №3. – B. 45–52.
10. Xolmatov Sh.I. Bulutli texnologiyalar va DevOps: amaliy jihatlar // O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar sohasidagi ilmiy-texnik jurnal. – 2023. – №2. – B. 78–84.

CROSS-PLATFORM MOBIL DASTURLASH TEXNOLOGIYALARINING SAMARADORLIGINI QIYOSIY BAHOLASH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Abdushukurova Nilufar Xoliqul qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada zamonaviy cross-platform (platformalararo) mobil dasturlash texnologiyalarining samaradorligi qiyosiy baholangan. iOS va Android platformalari uchun alohida-alohida native ilovalar yaratishning yuqori xarajat va vaqt talab qilishi sharoitida yagona kod bazasidan foydalanuvchi cross-platform yondashuvlarning ahamiyati asoslab berilgan. Tadqiqotda uchta yetakchi texnologiya — Flutter, React Native va .NET MAUI (Xamarin) — ning arxitekturaviy tuzilishi, render mexanizmlari va native platforma bilan o'zaro aloqa (interoperability) usullari tahlil qilingan. Ishlash unumdorligi (ilovani ishga tushirish vaqti, kadrlar chastotasi, xotiradan foydalanish) bo'yicha mavjud tadqiqot va benchmark natijalari umumlashtirilgan, shuningdek ishlab chiquvchilar orasidagi mashhurlik ko'rsatkichlari (Stack Overflow va Statista so'rovnomalari*

asosida) solishtirilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, har bir texnologiya turli loyiha talablari va jamoa malakasi uchun turlicha darajada optimal hisoblanadi. Maqola so'ngida loyiha xususiyatlariga qarab texnologiya tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan.

Kalit so'zlar: cross-platform, mobil dasturlash, Flutter, React Native, .NET MAUI, native ilova, ishlash unumdorligi, mobil ilova ishlab chiqish.

Аннотация. В данной статье проведена сравнительная оценка эффективности современных кроссплатформенных (cross-platform) технологий мобильной разработки. Обоснована значимость кроссплатформенных подходов, использующих единую кодовую базу, в условиях высокой стоимости и трудоёмкости раздельной разработки нативных приложений для iOS и Android. В исследовании проанализированы архитектурная структура, механизмы рендеринга и способы взаимодействия с нативной платформой (interoperability) трёх ведущих технологий — Flutter, React Native и .NET MAUI (Xamarin). Обобщены результаты существующих исследований и бенчмарков по показателям производительности (время запуска приложения, частота кадров, использование памяти), а также сопоставлены показатели популярности среди разработчиков на основе опросов Stack Overflow и Statista. Результаты показывают, что каждая технология в разной степени оптимальна для различных требований проекта и квалификации команды. В конце статьи приведены практические рекомендации по выбору технологии в зависимости от особенностей проекта.

Ключевые слова: cross-platform, мобильная разработка, Flutter, React Native, .NET MAUI, нативное приложение, производительность, разработка мобильных приложений.

Annotation. This article presents a comparative evaluation of the efficiency of modern cross-platform mobile development technologies. It substantiates the importance of cross-platform approaches using a single codebase, given the high cost and effort involved in separately developing native applications for iOS and Android. The study analyzes the architectural structure, rendering mechanisms, and native-platform interoperability methods of three leading technologies — Flutter, React Native, and .NET MAUI (Xamarin). Findings from existing studies and benchmarks on performance metrics (app startup time, frame rate, memory usage) are summarized, and developer popularity indicators are compared based on Stack Overflow and Statista surveys. The results show that each technology is optimal to a different degree depending on project requirements and team expertise. The article concludes with practical recommendations for technology selection based on project characteristics.

Keywords: cross-platform, mobile development, Flutter, React Native, .NET MAUI, native application, performance, mobile application development.

KIRISH

Mobil ilovalar bozorining jadal o'sishi va foydalanuvchilarning iOS hamda Android platformalari o'rtasida deyarli teng taqsimlanganligi tashkilotlarni ikkala platforma uchun ham sifatli mobil ilova taqdim etishga majbur qilmoqda. An'anaviy yondashuvda bu har bir platforma uchun alohida native til (iOS uchun Swift/Objective-C, Android uchun Kotlin/Java) va alohida jamoa yordamida ikkita mustaqil ilovani parallel ishlab chiqishni talab qiladi, bu esa xarajat va vaqtning ikki barobar oshishiga olib keladi.

Ushbu muammoni bartaraf etish maqsadida cross-platform (platformalararo) mobil dasturlash texnologiyalari yaratilgan bo'lib, ular yagona kod bazasidan foydalangan holda ikkala platforma

uchun ham ilova yaratish imkonini beradi. Hozirgi kunda ushbu yo'nalishda Google tomonidan ishlab chiqilgan Flutter (Dart tilida), Meta tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan React Native (JavaScript/TypeScript tilida) va Microsoft'ning .NET MAUI (C# tilida, Xamarin'ning vorisi) texnologiyalari eng ko'p qo'llaniladigan yechimlar hisoblanadi.

Har bir texnologiya native kod bilan o'zaro aloqa qilishning turli arxitekturaviy yondashuvlarini qo'llaydi — bu esa ularning ishlash unumdorligi, foydalanuvchi interfeysi sifati va rivojlanish tezligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, cross-platform texnologiyalarning samaradorligini ilmiy jihatdan qiyosiy baholash zamonaviy mobil dasturiy ta'minot ishlab chiqish amaliyoti uchun katta ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — Flutter, React Native va .NET MAUI texnologiyalarining arxitekturaviy xususiyatlarini, ishlash unumdorligini va ekotizimini qiyosiy tahlil qilish hamda loyiha talablariga mos texnologiya tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: har uchala texnologiyaning arxitekturaviy asoslari va native platforma bilan o'zaro aloqa mexanizmlarini tavsiflash; ishlash unumdorligi bo'yicha mavjud tadqiqot natijalarini tahlil qilish; ishlab chiquvchilar orasidagi mashhurlik va ekotizim ko'rsatkichlarini solishtirish; loyiha turiga qarab texnologiya tanlash mezonlarini shakllantirish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot uchun qiyosiy tahlil metodologiyasidan foydalanildi. Birinchidan, Flutter, React Native va .NET MAUI'ning rasmiy texnik hujjatlari, shuningdek cross-platform mobil dasturlash mavzusidagi ilmiy sharh maqolalari (jumladan ACM va IEEE nashrlaridagi tadqiqotlar) tizimli tahlil qilindi. Ikkinchidan, uchta texnologiyaning arxitekturaviy tuzilishi — jumladan render mexanizmi (Flutter'ning o'z grafik dvigateli, React Native'ning JavaScript ko'prigi/yangi arxitekturasi, .NET MAUI'ning native kontrollerlarga bog'lanishi) — solishtirma tahlil qilindi.

Uchinchidan, mavjud ilmiy va amaliy tadqiqotlarda e'lon qilingan benchmark natijalari (ilovani ishga tushirish vaqti, interfeys kadrlar chastotasi — FPS, xotiradan foydalanish hajmi) umumlashtirildi va tizimlashtirildi. To'rtinchidan, Stack Overflow Developer Survey va Statista tomonidan e'lon qilingan so'rovnoma natijalari asosida ishlab chiquvchilar orasidagi mashhurlik va qo'llash tendensiyalariga oid ikkilamchi statistik ma'lumotlar tahlil qilindi. Olingan natijalar qiyosiy va tizimli tahlil metodlari yordamida umumlashtirildi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida uchta cross-platform texnologiyaning asosiy arxitekturaviy xususiyatlari aniqlandi va 1-jadvalda umumlashtirildi.

Xususiyat	Flutter	React Native	.NET MAUI
Ishlab chiquvchisi	Google	Meta (Facebook)	Microsoft
Dasturlash tili	Dart	JavaScript / TypeScript	C#
Render mexanizmi	O'z grafik dvigateli (Skia/Impeller)	Native komponentlar (yangi arxitekturada JSI orqali)	Native kontrollerlarga bevosita bog'lanish
UI izchilligi	Yuqori (barcha platformada bir xil)	Platformaga moslashuvchan	To'liq native ko'rinish
Kodni qayta ishlatish	Juda yuqori	Yuqori	Yuqori

Mavjud tadqiqot va benchmark natijalari asosida umumlashtirilgan ishlash unumdorligi ko'rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

Ko'rsatkich	Flutter	React Native	.NET MAUI
Ilovani ishga tushirish tezligi	Yuqori	O'rta-yuqori	Yuqori
Interfeys kadrlar chastotasi (FPS)	Barqaror yuqori	Optimallashtirishga bog'liq	Native darajaga yaqin
Ilova hajmi	Nisbatan katta	O'rta	O'rta-katta

Stack Overflow va Statista so'rovnomalari natijalariga ko'ra, React Native JavaScript ekotizimining kengligi va katta hamjamiyati hisobiga ishlab chiquvchilar orasida eng ko'p qo'llaniladigan texnologiyalardan biri bo'lib qolmoqda. Flutter esa so'nggi yillarda foydalanish darajasi va ishlab chiquvchilar qoniqish ko'rsatkichlari bo'yicha barqaror o'sish tendensiyasini namoyish etmoqda. .NET MAUI esa, ayniqsa allaqachon Microsoft ekotizimi va C# tilidan foydalanayotgan korporativ jamoalar orasida barqaror mavqega ega.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, cross-platform texnologiyalarning ishlash unumdorligi va moslashuvchanligi ularning native kod bilan o'zaro aloqa qilish arxitekturasiga bevosita bog'liq. Flutter o'zining mustaqil grafik dvigateli tufayli barcha platformalarda vizual jihatdan bir xil va barqaror unumdorlikka erishadi, biroq bu yondashuv ilova hajmining kattalashishiga va platformaga xos native komponentlarni to'liq takrorlash zaruriyatiga olib kelishi mumkin.

React Native'ning dastlabki arxitekturasida JavaScript ko'prigi (bridge) orqali native modullar bilan aloqa o'rnatish ma'lum darajada unumdorlik cheklovlarini keltirib chiqargan, biroq yangi arxitektura (Fabric va JSI asosida) ushbu muammoni sezilarli darajada kamaytirgan. .NET MAUI esa native kontrollerlarga bevosita bog'lanish orqali yuqori darajadagi native tajribani ta'minlaydi, biroq uning ekotizimi va hamjamiyati boshqa ikki texnologiyaga nisbatan nisbatan kichikroq.

Shuni ta'kidlash lozimki, real loyihalarda unumdorlik ko'rsatkichlari ko'p jihatdan ilova murakkabligi, dasturchining optimallashtirish tajribasi va tanlangan uchinchi tomon kutubxonalari sifatiga bog'liq bo'ladi. Shu sababli, texnologiya tanlashda faqat sinov (benchmark) natijalariga emas, balki jamoaning mavjud malakasi, loyihaning uzoq muddatli rivojlanish rejalari va maqsadli platformalar ekotizimiga ham e'tibor qaratish zarur.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, Flutter, React Native va .NET MAUI — har biri yagona kod bazasidan foydalangan holda yuqori sifatli mobil ilovalar yaratish imkonini beruvchi yetuk texnologiyalar hisoblanadi, biroq ular native kod bilan o'zaro aloqa qilish arxitekturasi jihatidan sezilarli farqlanadi.

Ikkinchidan, Flutter barcha platformalarda vizual izchillik va barqaror unumdorlik talab qilinadigan loyihalar uchun, React Native mavjud JavaScript/React tajribasiga ega jamoalar va keng ekotizimdan foydalanish zarur bo'lgan loyihalar uchun, .NET MAUI esa Microsoft texnologiyalar stekidan foydalanadigan korporativ tizimlar uchun ayniqsa mos hisoblanadi.

Uchinchidan, cross-platform texnologiyani tanlash jarayonida jamoaning mavjud malakasi, loyihaning maqsadli auditoriyasi, talab qilinadigan native funksiyalar darajasi va uzoq muddatli qo'llab-quvvatlash imkoniyatlari kompleks tarzda baholanishi lozim.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ta'kidlash mumkin: yuqori darajadagi vizual izchillik va murakkab animatsiyalarni talab qiluvchi loyihalar uchun Flutter'dan foydalanish; veb-dasturlash tajribasiga ega jamoalar va tezkor bozorga chiqish (time-to-market) muhim bo'lgan loyihalar uchun React Native'ni tanlash; mavjud .NET/C# infratuzilmasiga ega korporativ tashkilotlar uchun .NET MAUI'ni qo'llash tavsiya etiladi. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu texnologiyalarning yangi avlod render dvigateli (masalan, Flutter Impeller) va arxitekturaviy yangilanishlarining real loyihalardagi unumdorlikka ta'sirini amaliy tajribalar asosida chuqurroq o'rganish istiqbolli yo'nalish bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Google LLC. Flutter Documentation // docs.flutter.dev [Elektron resurs]. – 2023.
2. Meta Platforms Inc. React Native Documentation // reactnative.dev [Elektron resurs]. – 2023.
3. Microsoft Corporation. .NET MAUI Documentation // learn.microsoft.com [Elektron resurs]. – 2023.
4. Biørn-Hansen A., Grønli T.-M., Ghinea G. A Survey and Taxonomy of Core Concepts and Research Challenges in Cross-Platform Mobile Development // ACM Computing Surveys. – 2019. – Vol. 51, No. 5. – P. 1–34.
5. Latif M., Lakhrissi Y., Nfaoui E.H., Es-Sbai N. Cross Platform Approach for Mobile Application Development: A Survey // International Conference on Information Technology for Organizations Development (IT4OD). – IEEE, 2016. – P. 1–5.
6. Statista. Cross-platform Mobile Frameworks Used by Software Developers Worldwide. – Hamburg: Statista GmbH, 2023.
7. Stack Overflow. Stack Overflow Developer Survey 2023 // survey.stackoverflow.co [Elektron resurs]. – 2023.
8. Ahti V., Hyrynsalmi S., Nevalainen O. An Evaluation Framework for Cross-Platform Mobile App Development Tools // Proceedings of the 17th International Academic MindTrek Conference. – ACM, 2013. – P. 41–48.
9. Umarova Sh.T. Mobil ilovalarni cross-platform texnologiyalar asosida ishlab chiqish // Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy-texnik jurnali. – 2022. – №4. – B. 40–46.
10. Rashidov A.K., Nabiyeva M.S. Mobil dasturlash texnologiyalarining qiyosiy tahlili va ularni tanlash mezonlari // O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi ilmiy jurnali. – 2023. – №5. – B. 60–67.

INDUSTRY 4.0 MUHITIDA KIBERFIZIK TIZIMLAR XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHNING ZAMONAVIY USULLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Abdushukurova Nilufar Xoliqul qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Mazkur maqolada Industry 4.0 kontseptsiyasi doirasida ishlab chiqarish jarayonlariga chuqur integratsiya qilingan kiberfizik tizimlarning (Cyber-Physical Systems, CPS) axborot xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy usullari tadqiq etilgan. Sanoat tizimlarining raqamlashtirilishi, Internet of Things (IoT) qurilmalarining keng joriy etilishi va operatsion texnologiyalar (OT) bilan axborot texnologiyalari (IT) tarmoqlarining yaqinlashuvi kiberfizik tizimlarni kiberhujumlar uchun yangi va nozik nishonga aylantirmoqda. Tadqiqotda CPS xavfsizligiga oid asosiy tahdidlar — protokol darajasidagi zaifliklar, adversarial hujumlar, ta'minot zanjiri hujumlari va nol kunlik (zero-day) zaifliklar — tizimli tahlil qilingan hamda ularga qarshi kurashishning ko'p qatlamli yondashuvi (chuqurlashtirilgan himoya, sun'iy intellekt asosidagi anomaliyani aniqlash va zero trust arxitekturasini) taklif etilgan. Eksperimental qismda simulyatsiya qilingan sanoat tarmog'i muhitida taklif etilgan model an'anaviy signaturaga asoslangan himoya vositalari bilan solishtirilib baholandi. Natijalar taklif etilgan ko'p qatlamli modelning anomaliyani aniqlash aniqligini sezilarli darajada oshirishi va noto'g'ri signallar sonini kamaytirishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Industry 4.0, kiberfizik tizimlar, CPS, axborot xavfsizligi, operatsion texnologiyalar, Internet of Things, sun'iy intellekt, zero trust arxitekturasini.

Аннотация. В данной статье исследуются современные методы обеспечения информационной безопасности киберфизических систем (Cyber-Physical Systems, CPS), глубоко интегрированных в производственные процессы в рамках концепции Индустрии 4.0. Цифровизация промышленных систем, широкое внедрение устройств Интернета вещей (IoT) и конвергенция операционных технологий (OT) с информационными технологиями (IT) превращают киберфизические системы в новую и уязвимую цель для кибератак. В исследовании систематически проанализированы основные угрозы безопасности CPS — уязвимости на уровне протоколов, состязательные (adversarial) атаки, атаки на цепочку поставок и уязвимости нулевого дня, — а также предложен многоуровневый подход к противодействию им, включающий эшелонированную защиту, обнаружение аномалий на основе искусственного интеллекта и архитектуру нулевого доверия (Zero Trust). В экспериментальной части предложенная модель была оценена в смоделированной среде промышленной сети в сравнении с традиционными средствами защиты на основе сигнатур. Результаты показали, что предложенная многоуровневая модель существенно повышает точность обнаружения аномалий и снижает количество ложных срабатываний.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, киберфизические системы, CPS, информационная безопасность, операционные технологии, Интернет вещей, искусственный интеллект, архитектура нулевого доверия.

Annotation. This article examines modern methods for ensuring the information security of cyber-physical systems (CPS) deeply integrated into production processes within the Industry 4.0 concept. The digitalization of industrial systems, the widespread adoption of Internet of Things (IoT) devices, and the convergence of operational technology (OT) with information technology (IT) networks are turning cyber-physical systems into a new and vulnerable target for cyberattacks. The study systematically analyzes the main threats to CPS security — protocol-level vulnerabilities, adversarial attacks, supply-chain attacks, and zero-day vulnerabilities — and proposes a multi-layered approach to countering them, including defense-in-depth, AI-based anomaly detection, and zero-trust architecture. In the experimental part, the proposed model was evaluated in a simulated industrial network environment in comparison with traditional signature-based protection tools. The

results showed that the proposed multi-layered model significantly improves anomaly detection accuracy and reduces the number of false positives.

Keywords: *Industry 4.0, cyber-physical systems, CPS, information security, operational technology, Internet of Things, artificial intelligence, zero-trust architecture.*

KIRISH

To'rtinchi sanoat inqilobi (Industry 4.0) kontseptsiyasi ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, raqamlashtirish va o'zaro bog'liq qilishning yangi bosqichini ifodalaydi. Ushbu kontseptsiya doirasida fizik ishlab chiqarish jarayonlari sensorlar, aktuatorlar, dasturiy boshqaruv tizimlari (SCADA, PLC, DCS) va bulutli hisoblash platformalari bilan chambarchas bog'langan kiberfizik tizimlar (Cyber-Physical Systems, CPS) orqali boshqariladi. Bunday integratsiya ishlab chiqarish samaradorligi, moslashuvchanligi va real vaqt rejimida qaror qabul qilish imkoniyatlarini sezilarli darajada oshiradi.

Biroq, operatsion texnologiyalar (OT) tarmoqlarining axborot texnologiyalari (IT) tarmoqlari va ochiq internet muhiti bilan integratsiyalashuvi kiberfizik tizimlarni yangi va jiddiy xavfsizlik xatarlariga duchor qilmoqda. An'anaviy OT tizimlari dastlab yopiq va izolyatsiyalangan muhitda ishlash uchun loyihalashtirilgan bo'lib, ularda zamonaviy kiberxavfsizlik mexanizmlari (shifrlash, autentifikatsiya, anomaliyani aniqlash) ko'pincha yetarli darajada qo'llanilmagan. Natijada, Stuxnet, Triton va Industroyer kabi mashhur kiberhujumlar misolida ko'rinib turganidek, kiberfizik tizimlarga qilingan hujumlar nafaqat ma'lumotlar yo'qotilishiga, balki jismoniy shikastlanish, ishlab chiqarish jarayonining to'xtab qolishi va hatto inson hayotiga tahdid solishga olib kelishi mumkin.

Ushbu holat kiberfizik tizimlar xavfsizligini ta'minlashning yangi, moslashuvchan va ko'p qatlamli yondashuvlarini ishlab chiqishni dolzarb ilmiy-amaliy vazifaga aylantirmoqda. An'anaviy signaturaga asoslangan himoya vositalari nol kunlik zaifliklar va murakkab, maqsadli hujumlarga (Advanced Persistent Threats) qarshi yetarli darajada samarasiz bo'lib qolmoqda, bu esa sun'iy intellekt va mashinali o'rganish texnologiyalariga asoslangan aqlli himoya tizimlarini joriy etish zaruratini keltirib chiqarmoqda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — Industry 4.0 muhitida kiberfizik tizimlar xavfsizligiga oid asosiy tahdidlarni tahlil qilish, ularga qarshi kurashishning zamonaviy usullarini o'rganish hamda ko'p qatlamli himoya modelini taklif etib, uning samaradorligini eksperimental tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: (1) CPS xavfsizligiga oid tahdidlar taksonomiyasini shakllantirish; (2) ko'p qatlamli himoya arxitekturasini loyihalashtirish; (3) simulyatsiya muhitida modelni sinovdan o'tkazish; (4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot uch bosqichda olib borildi: tahdidlarni taksonomik tahlil qilish, himoya modelini loyihalashtirish va eksperimental baholash. Birinchi bosqichda ilmiy adabiyotlar va sanoat hisobotlari (ICS-CERT, ENISA) asosida CPS xavfsizligiga oid tahdidlar to'rt asosiy toifaga ajratildi: (a) protokol darajasidagi zaifliklar (Modbus, DNP3 kabi eski sanoat protokollarida autentifikatsiya va shifrlashning yo'qligi); (b) adversarial hujumlar (sensor ma'lumotlarini maqsadli buzib ko'rsatish orqali sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlarini chalg'itish); (c) ta'minot zanjiri hujumlari (uskunalar yoki dasturiy ta'minotga ishlab chiqarish bosqichida zararli kod joylashtirish); (d) nol kunlik (zero-day) zaifliklar.

Ikkinchi bosqichda ko'p qatlamli himoya modeli (Defense-in-Depth) ishlab chiqildi, u quyidagi qatlamlarni o'z ichiga oladi: (1) tarmoq segmentatsiyasi va OT/IT tarmoqlarini ajratish uchun sanoat

firewall (DMZ zonasi orqali); (2) zero trust arxitekturasida har bir qurilma va foydalanuvchini uzluksiz autentifikatsiya qilish; (3) LSTM (Long Short-Term Memory) neyron tarmog'iga asoslangan anomaliyani aniqlash tizimi, sensor va aktuator ma'lumotlaridagi vaqt qatorlaridagi nomuvofiqliklarni real vaqt rejimida aniqlash uchun; (4) adversarial trening usuli orqali mashinali o'rganish modelini maqsadli buzib ko'rsatishlarga chidamli qilish.

Eksperimental baholash uchun ochiq kirish (open-source) SWaT (Secure Water Treatment) sanoat testbedi ma'lumotlar to'plamiga asoslangan simulyatsiya muhiti qo'llanildi. Ushbu ma'lumotlar to'plami suv tozalash sanoat jarayonining sensor va aktuator ko'rsatkichlarini, jumladan me'yoriy va hujum sharoitidagi holatlarni o'z ichiga oladi. Model Python dasturlash tili, TensorFlow kutubxonasi va Zeek tarmoq monitoring vositasi yordamida amalga oshirildi.

Baholash mezonlari sifatida quyidagilar tanlandi: anomaliyani aniqlash aniqligi (accuracy), yolg'on signal (false positive) darajasi, hujumni aniqlash vaqti, adversarial hujumlarga chidamlilik va tizimning real vaqt ishlov berish tezligi. Solishtirish uchun signaturaga asoslangan an'anaviy tarmoq intruziya aniqlash tizimi (Snort) bazaviy model sifatida qo'llanildi.

NATIJALAR

Simulyatsiya muhitida o'tkazilgan eksperimental tadqiqot natijasida taklif etilgan ko'p qatlamli himoya modeli va an'anaviy signaturaga asoslangan himoya vositasi o'rtasidagi asosiy ko'rsatkichlar solishtirildi. 1-jadvalda olingan natijalar keltirilgan.

1-jadval

An'anaviy himoya usuli va taklif etilgan ko'p qatlamli modelning qiyosiy natijalari

Ko'rsatkich	An'anaviy himoya usullari	Ko'p qatlamli (taklif etilgan) model
Anomaliyani aniqlash aniqligi (%)	81,4	96,2
Yolg'on signal (false positive) darajasi (%)	12,7	3,1
Hujumni aniqlash vaqti (o'rtacha, s)	8,6	1,9
Adversarial hujumlarga chidamlilik (%)	58	89
Real vaqt ishlov berish tezligi (paket/soniya)	4200	9700

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, taklif etilgan LSTM asosidagi ko'p qatlamli model anomaliyani aniqlash aniqligi bo'yicha an'anaviy signaturaga asoslangan tizimga nisbatan 14,8 foiz punktga yuqori natija ko'rsatdi, yolg'on signal darajasi esa 4 barobardan ortiq kamaydi. Bu, birinchi navbatda, vaqt qatorlariga asoslangan chuqur o'rganish modelining sensor ma'lumotlaridagi murakkab, chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni yaxshiroq aniqlay olishi bilan izohlanadi.

Adversarial trening usulini qo'llash natijasida model maqsadli buzib ko'rsatilgan (adversarial) hujumlarga nisbatan chidamliligi 58 foizdan 89 foizgacha oshdi, bu esa sensor ma'lumotlariga nisbatan kichik, ammo maqsadli o'zgartirishlar kiritilgan hujumlarni ham muvaffaqiyatli aniqlash imkonini berdi. Shuningdek, tarmoq segmentatsiyasi va zero trust arxitekturasini joriy etish natijasida simulyatsiya qilingan lateral harakat (lateral movement) hujumlarining 92 foizi dastlabki bosqichdayoq bloklandi.

Real vaqt ishlov berish tezligi bo'yicha ham taklif etilgan model ustunlik ko'rsatdi — u soniyasiga o'rtacha 9700 tarmoq paketini qayta ishlashga qodir bo'lib, bu ko'rsatkich an'anaviy tizimda 4200 ta paketni tashkil etdi. Bu farq, asosan, model arxitekturasining parallel hisoblash va yengillashtirilgan neyron tarmoq strukturasidan foydalanishi bilan bog'liq.

MUHOKAMA

Olingan natijalar sun'iy intellekt asosidagi anomaliyani aniqlash usullarining an'anaviy signaturaga asoslangan himoya vositalariga nisbatan kiberfizik tizimlar xavfsizligini ta'minlashda sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosalar Humayed va boshqalar (2017) tomonidan o'tkazilgan tizimli sharh natijalariga, shuningdek Mitchell va Chen (2014) tomonidan CPS xavfsizligi bo'yicha keltirilgan nazariy asoslarga mos keladi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida bir qator amaliy muammolar ham aniqlandi. Birinchidan, chuqur o'rganish modellarini sanoat kontrollerlarining cheklangan hisoblash resurslariga (edge devices) joylashtirish (deployment) murakkab masala bo'lib qolmoqda, bu holatda model siqish (model compression) va yengil arxitekturalar (lightweight architectures) qo'llanilishi tavsiya etiladi. Ikkinchidan, sanoat muhitida haqiqiy hujum namunalari yetishmasligi mashinali o'rganish modellarini o'qitish uchun sifatli va yetarli hajmdagi ma'lumotlar to'plamini shakllantirishni qiyinlashtiradi.

Shuningdek, zero trust arxitekturasini joriy etish eski (legacy) OT uskunalarining zamonaviy autentifikatsiya protokollarini qo'llab-quvvatlamasligi sababli qo'shimcha texnik va tashkiliy o'zgarishlarni talab qilishi mumkinligi ta'kidlandi. Bundan tashqari, adversarial trening modelning umumiy hisoblash yukini oshirishi, bu esa real vaqt tizimlarida qo'shimcha optimallashtirishni talab qilishi aniqlandi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, taklif etilgan ko'p qatlamli himoya modeli O'zbekistondagi energetika, suv ta'minoti va ishlab chiqarish sohalarida raqamlashtirilayotgan sanoat tizimlari xavfsizligini oshirishda, shuningdek milliy kiberxavfsizlik strategiyasini amalga oshirishda amaliy asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida Industry 4.0 muhitida kiberfizik tizimlar xavfsizligini ta'minlashning nazariy va amaliy jihatlarini batafsil o'rganildi. Tadqiqot davomida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Operatsion va axborot texnologiyalari tarmoqlarining yaqinlashuvi kiberfizik tizimlarni yangi va jiddiy kiberxavfsizlik xatarlariga duchor qilmoqda, bu esa an'anaviy IT xavfsizlik yondashuvlarini OT muhitiga moslashtirilgan holda qayta ko'rib chiqishni talab qiladi.

2. Ko'p qatlamli himoya modeli — tarmoq segmentatsiyasi, zero trust arxitekturasini va sun'iy intellekt asosidagi anomaliyani aniqlash tizimini birgalikda qo'llash — bir qatlamli himoya vositalariga nisbatan sezilarli yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.

3. Eksperimental natijalar LSTM asosidagi anomaliyani aniqlash modelining an'anaviy signaturaga asoslangan tizimga nisbatan aniqlik bo'yicha 14,8 foiz punktga yuqori, yolg'on signal darajasi bo'yicha esa 4 barobardan ortiq samarali ekanligini ko'rsatdi.

4. Adversarial trening usulini qo'llash mashinali o'rganish modellarining maqsadli buzib ko'rsatishlarga chidamliligini sezilarli darajada oshiradi, bu esa CPS xavfsizligini ta'minlashda zaruriy tarkibiy qism hisoblanadi.

Kelgusi tadqiqotlarda taklif etilgan modelni haqiqiy sanoat korxonalarida sinovdan o'tkazish, federativ o'rganish (federated learning) yordamida ma'lumotlar maxfiyligini saqlagan holda modelni takomillashtirish, shuningdek kvant hisoblash davriga moslashgan (post-quantum) kriptografik usullarni CPS muhitiga integratsiya qilish istiqbolli yo'nalishlar sifatida belgilandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Humayed A., Lin J., Li F., Luo B. Cyber-Physical Systems Security — A Survey // IEEE Internet of Things Journal. — 2017. — Vol. 4, №6. — P. 1802–1831.
2. Mitchell R., Chen I.-R. A Survey of Intrusion Detection Techniques for Cyber-Physical Systems // ACM Computing Surveys. — 2014. — Vol. 46, №4. — Article 55.
3. Alguliyev R., Imamverdiyev Y., Sukhostat L. Cyber-Physical Systems and Their Security Issues // Computers in Industry. — 2018. — Vol. 100. — P. 212–223.
4. Goodfellow I., Shlens J., Szegedy C. Explaining and Harnessing Adversarial Examples // Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR). — 2015.
5. ENISA. Good Practices for Security of IoT — Secure Software Development Lifecycle // European Union Agency for Cybersecurity Report. — 2019.
6. Tashkentov J.O. Kiberfizik tizimlarda axborot xavfsizligini ta'minlashning tashkiliy-huquqiy asoslari // TATU xabarlar. — 2022. — №2(60). — B. 55–62.
7. Abdullayeva F.D., Ne'matov Sh.I. Sanoat boshqaruv tizimlarida kiberxavfsizlik tahdidlarini aniqlashning intellektual usullari // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy-amaliy va axborotnoma jurnali. — 2021. — №4. — B. 145–153.
8. Mirzayev O.T. Industry 4.0 sharoitida raqamli ishlab chiqarish tizimlarini kiberhujumlardan himoyalash muammolari // O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi axborotnomasi. — 2023. — №3. — B. 91–98.
9. Xudayberganov D.R. Nolga ishonch (Zero Trust) arxitekturasini korporativ va sanoat tarmoqlarida qo'llash imkoniyatlari // TDTU ilmiy-texnika jurnali. — 2022. — №6. — B. 114–121.
10. Colbert E.J.M., Kott A. (eds.) Cyber-Security of SCADA and Other Industrial Control Systems. — Cham: Springer, 2016. — 355 p.

ALGORITHM AND SOFTWARE FOR NUMERICAL MODELING OF COUPLED DYNAMIC THERMOELASTICITY PROBLEMS USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Farrukhkhon Asadovich Polatov

Independent Researcher, National University of Uzbekistan, 4 Universitet Street, Tashkent, 100174, Uzbekistan, E-mail: polatov@gmail.com

Abstract. Coupled thermoelasticity problems occur in a wide range of engineering applications where structures are exposed to mechanical and thermal loading at the same time. This paper presents an algorithm and software framework for the numerical modeling of two-dimensional coupled dynamic thermoelasticity problems using the finite element method. The proposed approach combines a variational formulation with spatial finite element discretization and implicit time integration. The computational procedure covers the main stages of the numerical solution, including mesh generation, calculation of element matrices and vectors, assembly of the global system, specification of initial and boundary conditions, solution of the coupled algebraic equations, and calculation of temperature, displacement, strain, and stress fields. The software is designed as a set of separate modules for preprocessing, finite element calculations, numerical solution, and postprocessing. Such a modular structure makes it possible to extend the framework to more complex thermoelastic models, heterogeneous and anisotropic materials, as well as fiber-reinforced composites.

Keywords: finite element method, numerical modeling, coupled thermoelasticity, dynamic problems, computational algorithm, software; mathematical modeling, finite element analysis.

Аннотация. В работе рассматриваются алгоритм и программное обеспечение для численного моделирования двумерных связанных динамических задач термоупругости методом конечных элементов. Вычислительный подход основан на вариационной постановке задачи, пространственной дискретизации с использованием метода конечных элементов и неявном интегрировании по времени. Разработанный алгоритм включает построение конечной-элементной сетки, формирование элементных матриц и векторов, сборку глобальной системы, задание начальных и граничных условий, решение связанной системы алгебраических уравнений, а также вычисление температур, перемещений, деформаций и напряжений. Программная реализация построена по модульному принципу и включает средства предварительной обработки, расчёта конечных элементов, численного решения и постобработки. Предложенный подход может быть расширен для моделирования неоднородных, анизотропных и волокнистых композиционных материалов.

Ключевые слова: метод конечных элементов, математическое моделирование, термоупругость, динамическая задача, алгоритм, программное обеспечение, численные методы, компьютерное моделирование.

Annotatsiya. Ushbu ishda ikki o'lvovli bog'langan dinamik termoelelastiklik masalalarini chekli elementlar usuli asosida sonli modellashtirish uchun algoritim va dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan yondashuv variatsion qo'yilish, fazoviy diskretlashtirish va vaqt bo'yicha noaniq integrallashga asoslanadi. Algoritim chekli elementlar to'rini qurish, element matritsalarini shakllantirish, global sistemani yig'ish, boshlang'ich va chegaraviy shartlarni kiritish,

algebraik sistemani yechish, shuningdek temperatura, ko'chish, deformatsiya va kuchlanishlarni hisoblash bosqichlarini qamrab oladi. Dasturiy ta'minot modulli tamoyil asosida tashkil etilgan. Ushbu yondashuvni anizotrop va tolali kompozitsion materiallarni modellashtirishga kengaytirish mumkin.

Kalit so'zlar: chekli elementlar usuli; sonli modellashtirish; termoelastiklik; dinamik masala; algoritm; dasturiy ta'minot; matematik modellashtirish; sonli usullar.

INTRODUCTION

Coupled thermoelasticity describes the interaction between mechanical deformation and thermal processes in deformable solids. A change in temperature leads to thermal strains and stresses, while mechanical loading and deformation can, in turn, affect the thermal state of a structure. Numerical analysis of these coupled processes is relevant to engineering structures and composite materials exposed to transient thermal and mechanical loads.

For only a limited number of simple geometries and boundary conditions, analytical solutions can be obtained. More complicated configurations require numerical methods. The finite element method is well suited to this type of problem because it can be applied to complex geometries, heterogeneous materials, and mixed boundary conditions.

From a computational perspective, solving a coupled thermoelasticity problem requires more than a mathematical formulation. An appropriate numerical algorithm and reliable software implementation are also needed. The objective of this work is to develop such a computational framework for two-dimensional coupled dynamic thermoelasticity problems.

Mathematical Formulation

Consider a two-dimensional deformable body occupying a domain Ω . The unknown fields are the displacement vector $\mathbf{u} = \{u_x, u_y\}^T$ and the temperature field $T = T(x, y, t)$.

The equations of motion are written as

$$\rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} - \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{f}$$

where ρ denotes the material density, $\boldsymbol{\sigma}$ is the stress tensor, and $\mathbf{f}$ is the body-force vector.

The thermoelastic constitutive relation is given by $\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{D}(\boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\varepsilon}^T)$, where $\mathbf{D}$ is the constitutive matrix, $\boldsymbol{\varepsilon}$ is the strain vector, and $\boldsymbol{\varepsilon}^T$ represents the thermal strain. For isotropic thermal expansion, $\boldsymbol{\varepsilon}^T = \alpha(T - T_0)\mathbf{m}$, where α is the coefficient of thermal expansion and T_0 is the reference temperature.

The transient heat-conduction equation is

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q,$$

where c is the specific heat capacity, k denotes the thermal conductivity, and Q is a heat source.

The mechanical and thermal fields are coupled through the temperature field and the resulting thermal strain.

Finite Element Algorithm

The computational domain is divided into finite elements. Within each element, the displacement and temperature fields are approximated using shape functions:

$$\mathbf{u} = \mathbf{N}_u \mathbf{d} \text{ and } T = \mathbf{N}_T \boldsymbol{\theta},$$

where $\mathbf{d}$ and $\boldsymbol{\theta}$ are the nodal displacement and temperature vectors, respectively. The variational formulation leads to the following discrete equations:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{d}} + \mathbf{K}\mathbf{d} + \mathbf{K}_{uT}\boldsymbol{\theta} = \mathbf{F}, \quad \mathbf{C}\dot{\boldsymbol{\theta}} + \mathbf{K}_T\boldsymbol{\theta} = \mathbf{Q},$$

where $\mathbf{M}$ is the mass matrix, $\mathbf{K}$ is the mechanical stiffness matrix, $\mathbf{K}_{uT}$ represents the thermo-mechanical coupling, $\mathbf{C}$ is the thermal capacity matrix, and $\mathbf{K}_T$ is the thermal conductivity matrix.

The computational procedure consists of ten main stages:

1. definition of the geometry and material parameters;
2. generation of the finite element mesh;
3. calculation of element matrices and vectors;
4. assembly of the global system;
5. application of initial and boundary conditions;
6. initialization;
7. time discretization;
8. solution of the coupled system;
9. calculation of strains and stresses;
10. storage and visualization of the results.

An implicit time-integration procedure is used to provide stable treatment of the transient problem. The resulting algebraic system is solved at each time step until the prescribed final time is reached.

Computational Algorithm and Software Architecture

The software follows the main stages of the finite element computational process and is divided into several functional modules.

The preprocessing module is responsible for defining the geometry, material properties, boundary and initial conditions, and mesh parameters. The finite element module calculates the element matrices and vectors and assembles the global system. The solver performs time stepping and solves the resulting algebraic equations. Finally, the postprocessing module calculates strains and stresses and prepares numerical and graphical representations of the results.

The complete computational sequence can be represented as following:

Input data → Mesh generation → Element matrices → Global assembly → Boundary conditions → Time integration → Solution of the algebraic system → Stress and strain calculation → Visualization.

The modular organization makes it possible to modify individual computational components without changing the overall program structure. Different finite element types, numerical integration procedures, material models, and linear solvers can therefore be incorporated into the framework.

The same architecture provides a basis for extending the software to anisotropic and heterogeneous fiber-reinforced composite materials.

Numerical Experiment

A two-dimensional computational model is used to demonstrate the proposed approach. The domain is discretized into finite elements, while mechanical and thermal boundary conditions are specified on the corresponding boundaries.

At every time step, the software determines the temperature distribution and displacement field. The corresponding strain and stress components are then calculated.

The computational framework brings together mesh generation, finite element assembly, solution of the coupled equations, and postprocessing within a single workflow. Where temperature, displacement, or stress gradients are high, local mesh refinement can be applied to improve the numerical representation of these regions.

The software architecture also provides a basis for subsequent parallel implementation of finite element assembly and the solution of large algebraic systems.

CONCLUSION

An algorithm and software framework for the numerical modeling of two-dimensional coupled dynamic thermoelasticity problems has been developed and presented. The proposed approach combines spatial discretization using the finite element method with implicit time integration.

The computational algorithm covers mesh generation, calculation and assembly of element matrices, application of initial and boundary conditions, numerical solution of the coupled system, and postprocessing of temperature, displacement, strain, and stress fields.

The modular software architecture provides flexibility in incorporating different finite element formulations, material models, numerical solvers, and computational procedures. The framework can be applied to coupled thermo-mechanical problems and further extended to heterogeneous and fiber-reinforced composite materials.

REFERENCES:

- [1] Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Govindjee S. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. 8th ed. Elsevier, 2024.
- [2] Bathe K.J. Finite Element Procedures. 2nd ed. Watertown, MA: Klaus-Jürgen Bathe, 2014.
- [3] Hughes T.J.R. The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Dover Publications, 2000.
- [4] Belytschko T., Liu W.K., Moran B., Elkhodary K. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2013.
- [5] Lewis R.W., Nithiarasu P., Seetharamu K.N. Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow. Wiley.
- [6] Newmark N.M. A method of computation for structural dynamics. Journal of the Engineering Mechanics Division. 1959;85(EM3):67–94. doi:10.1061/JMCEA3.0000098.
- [7] Crank J., Nicolson P. A practical method for numerical evaluation of solutions of partial differential equations of the heat-conduction type. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 1947;43(1):50–67. doi:10.1017/S0305004100023197.

WEB-ILOVALARDA XAVFSIZLIK ZAIFLIKLARINI ANIQLASHNING AVTOMATLASHTIRILGAN USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Begmamatova Guliza Baxtiyor qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada zaiflikni aniqlashning uchta asosiy metodologik yondashuvi — statik kod tahlili (SAST), dinamik ilova xavfsizligi testi (DAST) va interaktiv ilova xavfsizligi testi (IAST) — nazariy jihatdan tavsiflangan hamda ularning kuchli va zaif tomonlari qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida mavjud DAST vositasining aniqlik ko'rsatkichlarini oshirish maqsadida mashinali o'qitishga asoslangan natijalarni tasniflash (result classification) moduli taklif etilgan, bu modul skanerlash natijasida aniqlangan potensial zaifliklarni haqiqiy (true positive) va yolg'on (false positive) toifalarga avtomatik ravishda ajratishga xizmat qiladi. Taklif etilgan yondashuv OWASP Benchmark ochiq sinov to'plamida (2740 ta sinov holati) sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan usul an'anaviy qoidaga asoslangan DAST vositasiga nisbatan yolg'on ijobiy natijalar sonini 38 foizga kamaytirgan, umumiy aniqlikni esa 12 foizga oshirgan, bu esa xavfsizlik mutaxassislarining qo'lida tekshirish uchun sarflaydigan vaqtini sezilarli darajada qisqartirishga xizmat qiladi. Maqola yakunida dasturiy ta'minot ishlab chiqarish jarayoniga (DevSecOps) avtomatlashtirilgan zaiflik aniqlash vositalarini integratsiya qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: web-ilova xavfsizligi, zaiflikni aniqlash, statik kod tahlili, dinamik xavfsizlik testi, mashinali o'qitish, DevSecOps, dasturiy ta'minot xavfsizligi.

Annotation. The article theoretically describes three main methodological approaches to vulnerability detection — Static Application Security Testing (SAST), Dynamic Application Security Testing (DAST), and Interactive Application Security Testing (IAST) — and comparatively analyzes their strengths and weaknesses. Within the study, a machine learning-based result classification module is proposed to improve the accuracy of an existing DAST tool, automatically separating potential vulnerabilities identified during scanning into true positive and false positive categories. The proposed approach was tested on the open OWASP Benchmark test suite (2,740 test cases). The results show that the proposed method reduced the number of false positives by 38 percent compared to a traditional rule-based DAST tool and increased overall accuracy by 12 percent, substantially reducing the time security specialists spend on manual verification. The article concludes with practical recommendations for integrating automated vulnerability detection tools into the software development process (DevSecOps).

Key words: web application security, vulnerability detection, static code analysis, dynamic security testing, machine learning, DevSecOps, software security.

Аннотация. В статье теоретически описаны три основных методологических подхода к обнаружению уязвимостей — статический анализ кода (SAST), динамическое тестирование безопасности приложений (DAST) и интерактивное тестирование безопасности приложений (IAST) — и проведён сравнительный анализ их сильных и слабых сторон. В рамках исследования предложен модуль классификации результатов на основе

машинного обучения для повышения точности существующего инструмента DAST, автоматически разделяющий потенциальные уязвимости, обнаруженные при сканировании, на категории истинно положительных (true positive) и ложно положительных (false positive) срабатываний. Предложенный подход протестирован на открытом наборе тестов OWASP Benchmark (2740 тестовых случаев). Результаты показывают, что предложенный метод снизил количество ложных срабатываний на 38% по сравнению с традиционным инструментом DAST на основе правил и повысил общую точность на 12%, что существенно сокращает время, затрачиваемое специалистами по безопасности на ручную проверку. В заключение статьи даны практические рекомендации по интеграции автоматизированных инструментов обнаружения уязвимостей в процесс разработки программного обеспечения (DevSecOps).

Ключевые слова: безопасность веб-приложений, обнаружение уязвимостей, статический анализ кода, динамическое тестирование безопасности, машинное обучение, DevSecOps, безопасность программного обеспечения.

KIRISH

Web-ilovalarning zamonaviy biznes va davlat xizmatlarida markaziy o'rin egallashi bilan ularning xavfsizligini ta'minlash masalasi tobora dolzarblashmoqda. OWASP (Open Web Application Security Project) tashkilotining muntazam hisobotlariga ko'ra, in'yeksiya hujumlari, buzilgan autentifikatsiya va noto'g'ri konfiguratsiya kabi zaifliklar hamon eng ko'p uchraydigan xavfsizlik muammolari qatoriga kiradi. Bunday zaifliklarni ishlab chiqish jarayonining erta bosqichlarida aniqlash ularni tuzatish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi.

Zaiflikni aniqlashning avtomatlashtirilgan vositalari (SAST, DAST, IAST) keng qo'llanilishiga qaramay, ularning asosiy amaliy muammosi yuqori darajadagi yolg'on ijobiy natijalar (false positives) hisoblanadi — bu vositalar ko'pincha haqiqatda xavfli bo'lmagan kod qismlarini yoki so'rovlarni potensial zaiflik sifatida belgilaydi, bu esa xavfsizlik mutaxassislarining qimmatli vaqtini qo'lda tekshirishga sarflashga majbur qiladi va "ogohlantirish charchoqi" (alert fatigue) muammosini keltirib chiqaradi.

Tadqiqotning maqsadi — mavjud avtomatlashtirilgan zaiflik aniqlash vositalarining aniqlik ko'rsatkichini oshirish, xususan yolg'on ijobiy natijalar sonini kamaytirish uchun mashinali o'qitishga asoslangan yondashuv taklif etish va uning samaradorligini baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) zaiflikni aniqlashning asosiy metodologik yondashuvlarini (SAST, DAST, IAST) tavsiflash; 2) mavjud DAST vositasi natijalarini tasniflovchi mashinali o'qitish modulini ishlab chiqish; 3) taklif etilgan yondashuvni standart sinov to'plamida sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsifalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun OWASP tashkiloti tomonidan ishlab chiqilgan ochiq OWASP Benchmark sinov to'plamidan foydalanildi, u 2740 ta sun'iy yaratilgan Java veb-ilova sinov holatini o'z ichiga oladi, ularning har biri ma'lum bir zaiflik turi (SQL in'yeksiyasi, cross-site scripting, yo'l bosib o'tish va boshqalar) uchun "haqiqiy zaif" yoki "xavfsiz" deb oldindan belgilangan (ground truth).

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat bo'ldi:

1) bazaviy baholash — mavjud ochiq manbali DAST vositasini OWASP Benchmark to'plamida ishga tushirish va uning bazaviy aniqlik ko'rsatkichlarini (yolg'on ijobiy va yolg'on salbiy natijalar darajasi) o'lchash;

2) xususiyat injeneriyasi — DAST vositasi tomonidan aniqlangan har bir potensial zaiflik uchun kontekstual xususiyatlar (so'rov/javob tuzilmasi, parametr turi, javobdagi xatolik xabarlar mavjudligi, HTTP status kodi) ajratib olish;

3) tasniflash modelini o'qitish — Gradient Boosting algoritmi asosida, DAST tomonidan belgilangan har bir natijani "haqiqiy zaiflik" yoki "yolg'on ijobiy natija" sifatida qayta tasniflovchi qo'shimcha model o'qitish (ma'lumotlar to'plamining 70% qismida o'qitish, 30% qismida sinov);

4) yakuniy baholash — taklif etilgan (DAST + mashinali o'qitish filtri) yondashuvni bazaviy DAST vositasi bilan solishtirish.

Samaradorlik accuracy, precision, recall, F1-ko'rsatkich hamda yolg'on ijobiy natijalar darajasi (false positive rate) mezonlari asosida baholandi.

NATIJALAR

Bazaviy (faqat DAST) yondashuvning OWASP Benchmark to'plamidagi natijalari quyidagicha bo'ldi: accuracy — 74,3%, precision — 68,1%, recall — 91,2%, yolg'on ijobiy natijalar darajasi — 31,9%. Bu natijalar an'anaviy qoidaga asoslangan DAST vositalarining zaiflikni yuqori qamrov (recall) bilan aniqlashi, ammo ko'plab yolg'on ijobiy natijalar berishi haqidagi umumiy tendensiyani tasdiqladi.

Taklif etilgan mashinali o'qitish filtri qo'llanilgandan so'ng natijalar sezilarli darajada yaxshilandi: accuracy — 86,3% (12% o'sish), precision — 84,6% (16,5% o'sish), recall — 88,9% (bir oz pasayish, 2,3%), yolg'on ijobiy natijalar darajasi esa 31,9% dan 19,8% gacha, ya'ni nisbiy ko'rinishda 38% ga kamaydi. Precision'ning sezilarli o'sishi bilan recall'ning nisbatan kichik pasayishi F1-ko'rsatkichning umumiy o'sishida (0,78 dan 0,87 gacha) namoyon bo'ldi.

Zaiflik turlari bo'yicha batafsil tahlil shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan yondashuv ayniqsa SQL in'yeksiyasi va cross-site scripting (XSS) turlarida yolg'on ijobiy natijalarni sezilarli kamaytirdi (mos ravishda 44% va 41% kamayish), yo'l bosib o'tish (path traversal) turi bo'yicha esa nisbatan kamroq (22%) yaxshilanish kuzatildi, bu holat ushbu zaiflik turi uchun ajratilgan xususiyatlarning yetarlicha farqlovchi bo'lmaganligi bilan izohlandi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mashinali o'qitishga asoslangan natijalarni tasniflash yondashuvining an'anaviy DAST vositalarining asosiy kamchiligi — yuqori yolg'on ijobiy natijalar darajasini — sezilarli darajada kamaytirish imkoniyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa dasturiy ta'minot xavfsizligi sohasidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham gibrid (qoidaga asoslangan + mashinali o'qitish) yondashuvlar sof qoidaga asoslangan vositalarga nisbatan yuqori amaliy samaradorlikka ega ekanligi qayd etilgan.

Recall ko'rsatkichining bir oz pasayishi (haqiqiy zaifliklarning kichik qismini o'tkazib yuborish xavfi) amaliy nuqtai nazardan muhim savol tug'diradi — xavfsizlik sohasida odatda yuqori recall (hech qanday haqiqiy zaiflikni o'tkazib yubormaslik) precision'dan ustuvor hisoblanadi. Shu sababli, amaliy joriy etishda tasniflash modelining bo'sag'a (threshold) qiymatini precision va recall o'rtasidagi muvozanatni tashkilotning xavf profiliga qarab sozlash imkoniyati bilan ta'minlash tavsiya etiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, taklif etilgan yondashuv DevSecOps amaliyotiga, ya'ni xavfsizlik testlarini dasturiy ta'minotni uzluksiz integratsiya va yetkazib berish (CI/CD) quvurlariga integratsiya qilishga, alohida mos keladi, chunki yolg'on ijobiy natijalarning kamayishi avtomatlashtirilgan

quvurlarda inson aralashuvi zarur bo'lgan holatlar sonini qisqartiradi va dasturiy ta'minot yetkazib berish tezligini pasaytirmagan holda xavfsizlik nazoratini kuchaytirishga xizmat qiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Mashinali o'qitishga asoslangan natijalarni tasniflash moduli mavjud DAST vositasining yolg'on ijobiy natijalar sonini 38 foizga kamaytiradi va umumiy aniqlikni 12 foizga oshiradi.
2. Taklif etilgan yondashuv ayniqsa SQL in'yeksiyasi va XSS kabi keng tarqalgan zaiflik turlarida yuqori samaradorlik ko'rsatadi.
3. Precision'ning sezilarli o'sishi recall'ning kichik pasayishi hisobiga erishiladi, shu sababli amaliy joriy etishda tashkilotning xavf profiliga mos moslashuvchan bo'sag'a sozlamalari zarur.
4. Gibrid (qoidaga asoslangan + mashinali o'qitish) yondashuv sof qoidaga asoslangan vositalarga nisbatan xavfsizlik mutaxassislarining qo'lda tekshirish yukini sezilarli darajada kamaytiradi.
5. Bunday yondashuvlarni DevSecOps amaliyotiga, xususan CI/CD quvurlariga, integratsiya qilish dasturiy ta'minot yetkazib berish tezligi va xavfsizlik nazorati o'rtasidagi muvozanatni yaxshilashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni. — Toshkent, 2022.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот хавфсизлигини таъминлашнинг замонавий усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 50–58.
4. Юсупов Р.М. Ахборот хавфсизлигини таъминлашда сунъий интеллект технологиялари // Ахборот хавфсизлиги муаммолари журнaли. — 2022. — №2. — Б. 27–35.
5. OWASP Foundation. OWASP Benchmark Project Documentation. — 2023.
6. Chess B., West J. Secure Programming with Static Analysis. — Boston: Addison-Wesley Professional, 2007. — 624 p.
7. Antunes N., Vieira M. Assessing and Comparing Vulnerability Detection Tools for Web Services: Benchmarking Approach and Examples // IEEE Transactions on Services Computing. — 2015. — Vol. 8, No. 2. — P. 269–283.
8. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. — 2016. — P. 785–794.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ОПТИЧЕСКИХ СЕТЯХ СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Научный руководитель:

Рустамова Малика Баходировна — доцент кафедры «Системы и сети оптической связи»
Каршинского государственного технического университета
Тел.: +998 99 581 94 15

Шукурова Ситора Зайир кизи — магистрант направления «Телекоммуникационный инжиниринг» Каршинского государственного технического университета

E-mail: sukurovasitora124@gmail.com

Каршинский государственный технический университет, город Карши

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к прогнозированию и диагностике неисправностей в оптических сетях связи с применением методов искусственного интеллекта. Основное внимание уделено интеллектуальному анализу параметров волоконно-оптических линий, включая уровень оптической мощности, затухание сигнала, отражательные характеристики, потери в соединениях и данные оптической рефлектометрии OTDR. Для автоматизации процесса диагностики рассматриваются алгоритмы **Random Forest, Support Vector Machine, нейронные сети и LSTM**, позволяющие выявлять аномальные состояния, классифицировать типы повреждений и прогнозировать развитие неисправностей на основе временной динамики параметров сети. Применение методов машинного обучения обеспечивает более раннее обнаружение деградации оптического тракта, сокращает время локализации повреждений и повышает точность диагностических решений. Предложенный подход ориентирован на переход от традиционного реактивного обслуживания к прогнозно-диагностической модели управления техническим состоянием оптической сети. Интеграция интеллектуальных алгоритмов с системами мониторинга создаёт условия для повышения надёжности, устойчивости и эффективности эксплуатации волоконно-оптической инфраструктуры.

Ключевые слова: оптическая сеть связи, волоконно-оптическая линия, искусственный интеллект, диагностика неисправностей, прогнозирование отказов, OTDR, машинное обучение, Random Forest, LSTM, затухание сигнала, мониторинг сети.

Annotatsiya. Maqolada sun'iy intellekt usullaridan foydalangan holda optik aloqa tarmoqlaridagi nosozliklarni prognozlash va diagnostika qilishning zamonaviy yondashuvlari ko'rib chiqilgan. Asosiy e'tibor optik quvvat darajasi, signalning so'nishi, aks etish xususiyatlari, ulanish nuqtalaridagi yo'qotishlar hamda OTDR optik reflektometriyasi ma'lumotlari kabi tolali-optik liniya parametrlarini intellektual tahlil qilishga qaratilgan. Diagnostika jarayonini avtomatlashtirish maqsadida **Random Forest, Support Vector Machine, neyron tarmoqlar va LSTM** algoritmlaridan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Mazkur usullar anomaliyalarni aniqlash, shikastlanish turlarini tasniflash hamda tarmoq parametrlarining vaqt bo'yicha o'zgarishidan kelib chiqib nosozliklarning rivojlanishini prognozlash imkonini beradi. Mashinaviy o'qitish usullarini qo'llash optik trakt degradatsiyasini erta aniqlash, shikastlanish joyini aniqlash vaqtini qisqartirish va diagnostik qarorlarning aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Taklif etilayotgan yondashuv an'anaviy reaktiv texnik xizmat ko'rsatish modelidan optik tarmoqning texnik holatini prognozlash va diagnostika qilishga yo'naltirilgan modelga o'tishni nazarda tutadi. Intellektual algoritmlarni monitoring tizimlari bilan integratsiyalash tolali-optik infratuzilmaning ishonchliligi, barqarorligi va ekspluatatsion samaradorligini oshirish uchun zarur shart-sharoitlarni yaratadi.

Kalit so'zlar: optik aloqa tarmog'i, tolali-optik liniya, sun'iy intellekt, nosozliklar diagnostikasi, buzilishlarni prognozlash, OTDR, mashinaviy o'qitish, Random Forest, LSTM, signal so'nishi, tarmoq monitoringi.

Abstract. *The article examines modern approaches to predicting and diagnosing faults in optical communication networks using artificial intelligence methods. Particular attention is paid to the intelligent analysis of fiber-optic line parameters, including optical power level, signal attenuation, reflection characteristics, connection losses, and Optical Time-Domain Reflectometry (OTDR) data. To automate the diagnostic process, the possibilities of applying **Random Forest, Support Vector Machine, neural networks, and LSTM** algorithms are considered. These methods make it possible to detect anomalous network conditions, classify different types of faults, and predict the development of failures based on the temporal variation of network parameters. The application of machine learning techniques contributes to the early detection of optical path degradation, reduces fault localization time, and improves the accuracy of diagnostic decisions. The proposed approach is aimed at transitioning from traditional reactive maintenance to a predictive diagnostic model for monitoring the technical condition of optical networks. The integration of intelligent algorithms with network monitoring systems creates opportunities to improve the reliability, stability, and operational efficiency of fiber-optic communication infrastructure.*

Keywords: *optical communication network, fiber-optic line, artificial intelligence, fault diagnosis, failure prediction, OTDR, machine learning, Random Forest, LSTM, signal attenuation, network monitoring.*

ВВЕДЕНИЕ

Современные оптические сети связи являются базовой инфраструктурой высокоскоростной передачи данных и обеспечивают функционирование телекоммуникационных систем, центров обработки данных, мобильных сетей и цифровых сервисов. Рост объёмов передаваемой информации, увеличение протяжённости волоконно-оптических линий и усложнение сетевой архитектуры предъявляют повышенные требования к надёжности, устойчивости и непрерывности функционирования оптической инфраструктуры.

Одной из ключевых задач эксплуатации волоконно-оптических линий является своевременное выявление и локализация неисправностей. К числу наиболее распространённых нарушений относятся повышенное затухание, повреждение или изгиб оптического волокна, ухудшение качества соединений, отражательные неоднородности, деградация компонентов и внезапные обрывы линии. Традиционные методы диагностики, основанные на периодических измерениях и анализе рефлектограмм OTDR, позволяют обнаруживать повреждения, однако в большинстве случаев имеют преимущественно реактивный характер и требуют участия специалиста при интерпретации результатов.

В условиях динамического развития телекоммуникационной инфраструктуры особую актуальность приобретает переход от традиционной диагностики к интеллектуальным методам анализа технического состояния сети. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения позволяет автоматизировать обработку больших массивов измерительных данных, выявлять скрытые закономерности, классифицировать типы неисправностей и прогнозировать возможное ухудшение характеристик оптического тракта до возникновения критического отказа.

Перспективным направлением является применение алгоритмов **Random Forest, Support Vector Machine, нейронных сетей и LSTM**. Методы классификации могут использоваться для определения типа и характера повреждения на основе совокупности диагностических признаков, тогда как модели временных рядов позволяют анализировать

изменение параметров линии во времени и прогнозировать развитие деградиционных процессов. Особую ценность представляет интеграция таких моделей с системами мониторинга, поскольку это создаёт возможность непрерывной оценки технического состояния оптической сети.

Важным источником диагностической информации являются данные **OTDR**, содержащие сведения о распределении потерь по длине линии, отражательных событиях и локальных неоднородностях. Совместный анализ рефлектограмм, уровня оптической мощности, коэффициента затухания и других эксплуатационных параметров с использованием методов искусственного интеллекта позволяет повысить точность диагностики и сократить время поиска неисправности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки более эффективных методов прогнозирования и диагностики неисправностей, обеспечивающих переход от реактивного обслуживания к **предиктивной модели технической эксплуатации**. Такой подход ориентирован не только на обнаружение уже возникшего дефекта, но и на предварительную оценку вероятности его появления.

Цель исследования является разработка и обоснование подхода к прогнозированию и диагностике неисправностей в оптических сетях связи с применением методов искусственного интеллекта.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих задач: анализ информативных параметров волоконно-оптической линии, исследование возможностей применения алгоритмов машинного обучения для классификации неисправностей, использование моделей временных рядов для прогнозирования деградации параметров, а также формирование структурной модели интеллектуальной системы мониторинга и диагностики оптической сети.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках исследования объектом выступают процессы управления телекоммуникационными сетями в условиях динамического изменения нагрузки, структуры трафика и параметров качества обслуживания. Предмет исследования составляют методы интеллектуального анализа сетевых данных и алгоритмы искусственного интеллекта, применяемые для прогнозирования загрузки, обнаружения аномалий, классификации сетевых состояний и оптимизации распределения ресурсов.

В качестве исходных данных рассматриваются показатели, характеризующие текущее состояние телекоммуникационной сети: интенсивность входящего и исходящего трафика, коэффициент загрузки каналов связи, пропускная способность, задержка передачи пакетов, уровень потерь, время отклика, количество активных соединений, частота возникновения ошибок и параметры качества обслуживания QoS. Совокупность указанных характеристик формирует многомерное информационное пространство, на основе которого осуществляется интеллектуальная оценка состояния сети.

На этапе предварительной обработки выполняется очистка данных от пропусков и аномальных значений, нормализация числовых показателей, кодирование категориальных признаков и формирование обучающей выборки. При необходимости для снижения размерности исходного пространства и выделения наиболее информативных параметров применяется корреляционный анализ и методы отбора признаков. Это позволяет повысить устойчивость моделей, уменьшить вычислительную нагрузку и сократить время обучения.

Для интеллектуального анализа сетевой информации в исследовании рассматриваются следующие алгоритмы машинного обучения: **Decision Tree**, **Random Forest**, **Support Vector Machine**, а также нейронные сети. Выбор данных методов обусловлен их различными функциональными возможностями и высокой применимостью к задачам телекоммуникационного анализа.

Алгоритм **Decision Tree** используется для классификации текущего состояния сети и определения факторов, оказывающих наибольшее влияние на уровень загрузки и качество обслуживания. Его преимуществом является высокая интерпретируемость результатов, что особенно важно при построении систем поддержки принятия решений.

Метод **Random Forest** Объектом исследования являются процессы контроля технического состояния и диагностики неисправностей в волоконно-оптических линиях связи. Предмет исследования составляют методы интеллектуальной обработки измерительных данных, направленные на выявление аномальных состояний, классификацию повреждений и прогнозирование деградиационных изменений параметров оптического тракта.

В качестве исходных данных используются основные диагностические параметры волоконно-оптической линии: уровень принимаемой оптической мощности, коэффициент затухания, величина отражённого сигнала, потери в сварных и разъёмных соединениях, расстояние до предполагаемой неоднородности, параметры OTDR-рефлектограммы и динамика изменения указанных характеристик во времени. Совокупность данных параметров позволяет комплексно оценить текущее техническое состояние линии связи.

Состояние оптического тракта представляется в виде вектора диагностических признаков:

$$X=\{P,\alpha,R,L_c,D_f,SOTDR,t\},$$

где PP — уровень оптической мощности; α — коэффициент затухания; RR — характеристика отражения; L_c — потери в соединениях; D_f — расстояние до предполагаемой неисправности; $SOTDR_{\{OTDR\}}$ — параметры рефлектограммы; t — время наблюдения.

Основным источником информации о пространственном распределении потерь и неоднородностей в оптическом волокне являются данные **OTDR**. Анализ рефлектограмм позволяет выявлять локальные участки повышенного затухания, отражательные события, дефекты соединений, изгибы и обрывы волокна. Перед применением алгоритмов машинного обучения выполняется предварительная обработка данных, включающая фильтрацию шумов, нормализацию значений, устранение выбросов и выделение наиболее информативных признаков.

Для классификации технического состояния линии применяются методы **Random Forest** и **Support Vector Machine (SVM)**. Алгоритм Random Forest используется для определения класса неисправности на основе совокупности диагностических параметров и позволяет снизить чувствительность модели к шумам и отдельным аномальным наблюдениям. Метод SVM применяется для разделения нормальных и аварийных состояний в многомерном пространстве признаков.

Для прогнозирования временной динамики параметров используется модель **LSTM**, способная учитывать последовательность предыдущих наблюдений. Прогнозируемое состояние линии определяется следующим образом:

$$Y_{t+1}=f(X_t,X_{t-1},...,X_{t-k}),$$

где Y_{t+1} — прогнозируемое состояние оптической линии; X_t — текущий набор диагностических параметров; kk — глубина временного интервала; ff — обученная модель.

Качество классификации оценивается с использованием показателей **Accuracy**, **Precision**, **Recall** и **F1-score**, а точность прогнозирования — по критериям **MAE**, **MSE** и **RMSE**. В частности, среднеквадратичная ошибка определяется выражением:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2},$$

где y_i — фактическое значение контролируемого параметра, $\hat{y}_i$ — его прогнозируемое значение, n — количество наблюдений.

Методика исследования включает последовательные этапы сбора диагностических данных, их предварительной обработки, формирования набора признаков, обучения интеллектуальных моделей, классификации состояния оптической линии и прогнозирования дальнейшего изменения её параметров. Программная реализация может осуществляться в среде **Python** с применением библиотек **Pandas**, **NumPy**, **Scikit-learn** и **TensorFlow/Keras**. Таким образом, предложенный методический подход объединяет результаты традиционных оптических измерений и методы искусственного интеллекта, обеспечивая возможность автоматизированного выявления, классификации и прогнозирования неисправностей в волоконно-оптических сетях связи

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведённый анализ показал, что применение методов искусственного интеллекта позволяет повысить эффективность диагностики технического состояния волоконно-оптических линий связи. Использование интеллектуальных алгоритмов обеспечивает автоматизированную обработку диагностических параметров, выявление аномальных состояний и более раннее обнаружение признаков деградации оптического тракта.

Сравнительный анализ алгоритмов **Random Forest**, **Support Vector Machine** и **LSTM** показал различия в их функциональных возможностях. Метод **Random Forest** продемонстрировал высокую устойчивость при классификации состояний оптической линии и позволяет учитывать одновременно несколько диагностических параметров, включая уровень оптической мощности, коэффициент затухания, отражательные характеристики и потери в соединениях.

Алгоритм **SVM** показал устойчивую работу при разделении нормальных и аномальных состояний линии в многомерном пространстве признаков. Его использование особенно эффективно в задачах, где требуется чёткое разграничение различных классов технического состояния.

Наиболее перспективные результаты при прогнозировании временной динамики параметров были получены с применением модели **LSTM**. Учитывая последовательность предыдущих измерений, данная модель позволяет выявлять тенденцию к постепенному ухудшению характеристик линии и формировать прогноз возможного перехода к предаварийному или аварийному состоянию.

Особое значение имеет анализ **OTDR**-данных, поскольку изменение формы рефлектограммы позволяет судить о локальных потерях, неоднородностях и возможных

повреждениях волокна. Интеграция параметров OTDR с методами машинного обучения создаёт возможность автоматической классификации характерных дефектов, включая повышенное затухание, изгибы волокна, дефекты соединений и обрывы.

Результаты исследования также показали, что наиболее эффективным является комбинированный подход. В такой модели **Random Forest** используется для определения текущего технического состояния линии, а **LSTM** — для прогнозирования изменения диагностических параметров во времени. Совместное применение данных методов позволяет не только выявлять существующие неисправности, но и оценивать вероятность их развития.

Применение интеллектуальной диагностики создаёт возможность перейти от традиционной реактивной модели обслуживания к **прогнозно-предупредительному подходу**. Это позволяет сократить время поиска неисправностей, повысить оперативность технического обслуживания и снизить вероятность внезапных отказов в оптической сети.

Таким образом, результаты подтверждают перспективность использования методов искусственного интеллекта для автоматизации диагностики и прогнозирования неисправностей в волоконно-оптических сетях связи. Наибольшая практическая эффективность достигается при интеграции алгоритмов классификации и прогнозирования в единую систему мониторинга технического состояния сети.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения методов искусственного интеллекта для повышения эффективности диагностики и прогнозирования неисправностей в волоконно-оптических сетях связи. В отличие от традиционных методов технического контроля, основанных преимущественно на периодическом анализе измерительных данных, интеллектуальные модели позволяют учитывать совокупность параметров линии и выявлять взаимосвязи, которые могут быть неочевидны при стандартной обработке.

Применение алгоритма **Random Forest** представляется обоснованным для задач классификации текущего технического состояния оптической линии. Его преимущество заключается в устойчивости к шумам и способности анализировать многомерные диагностические признаки, включая параметры затухания, отражения, оптической мощности и потерь в соединениях. Это позволяет повысить достоверность распознавания различных типов повреждений и уменьшить вероятность ошибочной классификации.

Метод **SVM** целесообразно использовать в задачах разграничения нормальных и аномальных состояний при наличии хорошо сформированных признаков. Его применение может быть особенно эффективным при относительно небольших объёмах обучающих данных, однако качество классификации в значительной степени зависит от выбора ядра и корректной настройки параметров модели.

Отдельное значение имеет использование **LSTM** для прогнозирования динамики технических параметров. Способность данной архитектуры учитывать временную последовательность наблюдений делает её подходящей для выявления постепенной деградации волоконно-оптической линии. Это особенно важно в тех случаях, когда неисправность формируется не мгновенно, а развивается постепенно в виде увеличения затухания, роста потерь или нестабильности оптической мощности.

Комбинированное применение методов классификации и прогнозирования позволяет сформировать более полный подход к интеллектуальной диагностике. В такой системе

Random Forest может использоваться для оценки текущего состояния линии, а **LSTM** — для прогнозирования вероятного изменения параметров в будущем. Это создаёт условия для перехода от реактивной модели обслуживания к предиктивной, при которой техническое вмешательство может быть выполнено до возникновения критического отказа.

Вместе с тем эффективность предложенного подхода определяется качеством исходных данных. Существенное влияние оказывают уровень шума в OTDR-рефлектограммах, полнота обучающей выборки, баланс классов неисправностей и стабильность измерительных параметров. Поэтому практическое внедрение интеллектуальной диагностики требует предварительной подготовки данных, проверки их репрезентативности и регулярного обновления обучающих моделей.

Перспективным направлением дальнейших исследований является интеграция интеллектуальных алгоритмов с системами непрерывного мониторинга оптических сетей. Это позволит автоматизировать не только обнаружение и классификацию неисправностей, но и формирование рекомендаций по техническому обслуживанию, локализации дефектных участков и приоритизации восстановительных работ.

Таким образом, обсуждаемые результаты показывают, что сочетание методов **Random Forest, SVM и LSTM** может служить основой для разработки интеллектуальных систем диагностики волоконно-оптических сетей, ориентированных на повышение надёжности, сокращение времени обнаружения неисправностей и переход к прогнозно-предупредительной модели эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование позволило обосновать перспективность применения методов искусственного интеллекта для совершенствования диагностики и прогнозирования неисправностей в оптических сетях связи. Установлено, что интеллектуальная обработка эксплуатационных и измерительных параметров волоконно-оптической линии обеспечивает более детальную оценку её технического состояния, повышает оперативность выявления аномалий и создаёт условия для раннего обнаружения деградационных процессов.

Сравнительный анализ рассмотренных методов показал, что алгоритм **Random Forest** эффективен при классификации текущих состояний и типов неисправностей, **SVM** может использоваться для разграничения нормальных и аномальных режимов, а модель **LSTM** обладает преимуществами при прогнозировании временной динамики параметров оптического тракта. Совместное применение указанных методов позволяет объединить задачи оперативной диагностики и краткосрочного прогнозирования в единую интеллектуальную систему.

Научная значимость предложенного подхода заключается в переходе от традиционной реактивной модели технического обслуживания к **прогнозно-предупредительной концепции**, при которой решение о необходимости вмешательства может формироваться до возникновения критического отказа. Такой подход способствует повышению надёжности оптической инфраструктуры, сокращению времени локализации повреждений и снижению риска незапланированных простоев.

Практическая эффективность интеллектуальной диагностики во многом определяется качеством исходных данных, информативностью выбранных признаков и корректностью обучения моделей. В связи с этим дальнейшие исследования целесообразно направить на апробацию предложенного подхода на реальных OTDR-рефлектограммах, расширение набора

диагностических параметров и разработку механизмов автоматического обновления моделей в процессе эксплуатации сети.

Таким образом, интеграция методов **Random Forest, SVM и LSTM** может служить основой для построения интеллектуальных систем мониторинга нового поколения, обеспечивающих автоматизированное выявление, классификацию и прогнозирование неисправностей в волоконно-оптических сетях связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Soothar K. K., Chen Y., Magsi A. H., Hu C., Shah H. Optimizing Optical Fiber Faults Detection: A Comparative Analysis of Advanced Machine Learning Approaches // *Computers, Materials & Continua*. — 2024. — Vol. 79, No. 2. — P. 2697–2721. — DOI: 10.32604/cmc.2024.049607.
2. Abdelli K., Grießer H., Tropschug C., Pachnicke S. Optical Fiber Fault Detection and Localization in a Noisy OTDR Trace Based on Denoising Convolutional Autoencoder and Bidirectional Long Short-Term Memory // *Journal of Lightwave Technology*. — 2022. — Vol. 40, No. 8. — P. 2254–2264. — DOI: 10.1109/JLT.2021.3138268.
3. Li X., Liang J., Zhu J., Shi S., Ding F., Sun J., Liu B. Small Sample Fiber Full State Diagnosis Based on Fuzzy Clustering and Improved ResNet Network // *IET Signal Processing*. — 2024. — Vol. 2024. — Art. 5512014. — DOI: 10.1049/2024/5512014.
4. Wang D., Zhang C., Chen W., Yang H., Zhang M., Lau A. P. T. A Review of Machine Learning-Based Failure Management in Optical Networks // *Science China Information Sciences*. — 2022. — Vol. 65. — Art. 211302. — DOI: 10.1007/s11432-022-3557-9.
5. Gu R., Yang Z., Ji Y. Machine Learning for Intelligent Optical Networks: A Comprehensive Survey // *Journal of Network and Computer Applications*. — 2020. — Vol. 157. — Art. 102576. — DOI: 10.1016/j.jnca.2020.102576.
6. Musumeci F., Rottondi C., Corani G., Shahkarami S., Cugini F., Tornatore M. A Tutorial on Machine Learning for Failure Management in Optical Networks // *Journal of Lightwave Technology*. — 2019. — Vol. 37, No. 16. — P. 4125–4139. — DOI: 10.1109/JLT.2019.2922586.
7. Musumeci F., Rottondi C., Nag A., Macaluso I., Zibar D., Ruffini M., Tornatore M. An Overview on Application of Machine Learning Techniques in Optical Networks // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. — 2019. — Vol. 21, No. 2. — P. 1383–1408. — DOI: 10.1109/COMST.2018.2880039.
8. Ghosh S., Adhya A. Soft Failure Detection and Identification in Optical Networks Using Cascaded Deep Learning Model // *Computer Networks*. — 2025. — Art. 111159. — DOI: 10.1016/j.comnet.2025.111159.
9. Wang Z., Zhang M., Wang D., Song C., Liu M., Li J., Lou L., Liu Z. Failure Prediction Using Machine Learning and Time Series in Optical Network // *Optics Express*. — 2017. — Vol. 25, No. 16. — P. 18553–18565. — DOI: 10.1364/OE.25.018553.
10. Wang Y., Wang X., Li X. OTDR-Based Optical Fiber Bending and Tensile Loss Analysis // *Optoelectronics Letters*. — 2023. — Vol. 19. — P. 164–169. — DOI: 10.1007/s11801-023-2150-x.
11. ITU-T Recommendation L.312. Optical Fibre Cable Maintenance Support, Monitoring and Testing System for Optical Fibre Cable Networks Carrying High Total Optical Power. — Geneva: International Telecommunication Union, 2024.

12. ITU-T Recommendation G.697. Optical Monitoring for Dense Wavelength Division Multiplexing Systems. — Geneva: International Telecommunication Union. — Актуальная редакция одобрена в 2026 г. Документ регламентирует задачи оптического мониторинга, включая обнаружение, локализацию неисправностей и контроль деградации.

RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA SUN'IY INTELLEKTNING KIBERXAVFSIZLIKKA TA'SIRI: YANGI AVLOD TAHDIDLARI VA KOGNITIV MUDOFAA TIZIMLARI

Kuchaboyev Ruslan Tellayevich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti NTM, Qarshi shahri
(2-sho'ba. Tel: +998-99-661-46-82)

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli transformatsiya davrida sun'iy intellektning (SI) kiberxavfsizlik sohasiga ko'rsatayotgan ta'siri ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. SI texnologiyalarining kiberjinoyatchilar tomonidan yangi avlod tahdidlarini (avtomatlashtirilgan fishing, aqlli zararli kodlar, deepfake) yaratishda qo'llanilishi hamda ularga qarshi kognitiv mudofaa tizimlarining ishlash mexuvchanligini o'rganilgan. Maqola kiberxavfsizlik arxitekturasini SI yordamida optimallashtirish va xavflarni proaktiv boshqarish bo'yicha ilmiy xulosalarni taqdim etadi.

Kalit so'zlar. sun'iy intellekt, kiberxavfsizlik, raqamli transformatsiya, kognitiv mudofaa, mashinali o'qitish, kiber tahdidlar, nolinch kun zaifliklari (Zero-day vulnerabilities).

Аннотация. В данной статье научно анализируется влияние искусственного интеллекта (ИИ) на сферу кибербезопасности в эпоху цифровой трансформации. Изучается использование технологий ИИ киберпреступниками для создания угроз нового поколения (автоматизированный фишинг, умные вредоносные коды, дипфейки), а также механизмы функционирования когнитивных систем защиты, направленных против них. В статье представлены научные выводы по оптимизации архитектуры кибербезопасности с помощью ИИ и проактивному управлению рисками.

Ключевые слова. искусственный интеллект, кибербезопасность, цифровая трансформация, когнитивная защита, машинное обучение, киберугрозы, уязвимости нулевого дня (Zero-day vulnerabilities).

Abstract. This article scientifically analyzes the impact of artificial intelligence (AI) on the field of cybersecurity in the era of digital transformation. It examines the application of AI technologies by cybercriminals to create next-generation threats (automated phishing, smart malicious codes, deepfakes), as well as the operational mechanisms of cognitive defense systems against them. The article presents scientific conclusions on optimizing cybersecurity architecture using AI and proactive risk management.

Keywords. artificial intelligence, cybersecurity, digital transformation, cognitive defense, machine learning, cyber threats, zero-day vulnerabilities.

KIRISH

Zamonaviy iqtisodiyot va ijtimoiy hayotning barcha jabhalari jadal sur'atlarda raqamli transformatsiya jarayonini boshidan kechirmoqda. Bulutli texnologiyalar, Narsalar interneti (IoT), Katta ma'lumotlar (Big Data) va eng asosiysi, Sun'iy intellekt (SI) tizimlarining joriy etilishi axborot almashinuvi samaradorligini misli ko'rilmagan darajaga olib chiqdi. Biroq, bu taraqqiyot o'z navbatida axborot xavfsizligi tizimlari oldiga o'ta murakkab va yangi turdagi muammolarni ham qo'ymoqda. Bugungi global kiber-makonda an'anaviy himoya vositalari — antiviruslar, xavfsizlik devorlari (firewalls) va qoida asosida ishlovchi IDS/IPS tizimlari murakkablashib borayotgan kiberhujumlarga dosh bera olmayapti.

Kiberxavfsizlik sohasida SI "ikki tig'li qilich" vazifasini o'tamoqda. Bir tomondan, kiberjinoyatchilar SI va mashinali o'qitish (Machine Learning - ML) algoritmlaridan foydalanib, an'anaviy himoya tizimlarini aylanib o'tuvchi, inson aralashuvisiz ishlaydigan va doimiy o'zgarib turuvchi (polimorf) zararli dasturlarni yaratmoqdalar. Ikkinchi tomondan, kiberxavfsizlik bo'yicha mutaxassislar va tashkilotlar ham ushbu xavflarni erta aniqlash, ularga avtomatik tarzda munosabat bildirish va insidentlarni boshqarish uchun Kognitiv mudofaa tizimlarini (Cognitive Defense Systems) ishlab chiqmoqda. Ushbu qarama-qarshilik ilmiy doiralarda "SIning qurollanish poygasi" deb nomlanmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi — SIning kiber-tahdidlar landshaftiga ta'sirini ilmiy baholash, jinoyatchilar tomonidan qo'llanilayotgan innovatsion hujum vektorlarini tasniflash va axborot infratuzilmasini himoya qilishda SIning proaktiv (oldini oluvchi) ahamiyatini tadqiq etishdan iborat. Mazkur tadqiqot natijalari xalqaro standartlar asosida korporativ xavfsizlik strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

ASOSIY QISM

SI va Mashinali o'qitish yordamida yaratilgan Yangi avlod tahdidlari. An'anaviy kiberhujumlar odatda ma'lum bir naqsh (signature), qat'iy qoidalar yoki o'zgarmas algoritm asosida amalga oshiriladi. Shu sababli klassik himoya tizimlari ularni imzolarni solishtirish (signature-based detection) va ma'lum zararli IP manzillarni bloklash orqali osonlik bilan to'xtata oladi. Ammo SI texnologiyalari kiberhujumlarni butunlay yangi darajaga — aqlli, avtonom va real vaqt rejimida moslashuvchan (adaptive) holatga olib chiqdi. Bugungi kunda hujumchilar statik skriptlardan voz kechib, "Avtonom kiber qurollar" (Autonomous Cyber Weapons) konsepsiyasiga o'tmoqda. Ilmiy tadqiqotlar tahlili ko'rsatishicha, SI asosidagi tahdidlarni quyidagi yirik toifalarga ajratish va batafsil tahlil qilish mumkin:

a) Avtomatlashtirilgan ijtimoiy muhandislik va kognitiv manipulyatsiya (Social Engineering & Deepfakes) Generativ SIning (xususan, LLM modellarining) ommalashishi fishing xatlarini yaratish jarayonini nafaqat optimallashtirdi, balki ularga mutlaqo insoniy qiyofa baxsh etdi. Endilikda hujumchilar OSINT (Ochiq manbalardan razvedka qilish) vositalarini SI bilan integratsiya qilib, maqsadli foydalanuvchining ijtimoiy tarmoqlardagi xulq-atvori, qiziqishlari va kasbiy leksikonini tahlil qilmoqda. Natijada sintaktik va grammatik jihatdan benuqson, psixologik ta'sirchan "Spear-phishing" (aniq maqsadli fishing) xabarlar avtomatik ravishda millionlab nusxada, lekin har bir qurbon uchun shaxsiylashtirilgan holda yaratilmoqda. Shuningdek, audio va video deepfake texnologiyalari yordamida korporativ firibgarlikning yangi bosqichi shakllandi. Kompaniya rahbarlarining ovozi va qiyofasini biometrik soxtalashtirish (BEC - Business Email Compromise hujumlarining kengaytirilgan formati) orqali yirik moliyaviy o'tkazmalarga erishilmoqda. Eng xavfli, SI joriy elektron pochta yozishmalariga (email threads) yashirincha aralashib, o'tgan

mavzular kontekstiga to'liq mos keladigan mantiqiy javoblar qaytarish orqali insonlarni chalq'ita oladi.

b) Generativ neyrotarmoqlar asosidagi polimorf va metamorf zararli kodlar Mashinali o'qitish algoritmlari yordamida yozilgan zararli dasturlar (malware) doimiy ravishda o'z kod tuzilmasini va xatti-harakatlarini o'zgartirib boradi. Bu jarayonda ko'pincha GAN (Generative Adversarial Networks - Generativ raqib tarmoqlari) arxitekturasini qo'llaniladi. Ya'ni, zararli kod generatsiyasi o'zini o'zi mudofaa modellariga (antiviruslarga) qarshi tinimsiz sinab ko'radi va faqatgina aniqlanmaydigan eng mukammal versiyasini tarmoqqa yuboradi. Bunday dasturlar maqsadli tarmoqning topologiyasini mustaqil o'rganadi va himoya tizimlarining ish faoliyatiga qarab hujum vektorini real vaqt rejimida o'zgartiradi. Misol uchun, SI "Living off the Land" (LotL) taktikasi orqali tizimdagi qonuniy ma'muriy vositalardan (PowerShell kabi) xuddi ruxsatga ega haqiqiy administrator kabi foydalanib, xavfsizlik detektorlarini chetlab o'tadi.

v) AI yordamida Nolinch kun (Zero-day) zaifliklarini avtomatlashtirilgan izlash va ekspluatatsiya qilish Hujumchilar dasturiy ta'minot yoki operatsion tizim kodidagi xatoliklarni insonlardan (oq qalpoqli xakerlardan) ko'ra yuzlab marta tezroq aniqlash uchun chuqur neyron tarmoqlaridan (Deep Neural Networks) keng miqyosda foydalanmoqda. "AI-driven Fuzzing" usuli orqali tizimga avtomatik ravishda millionlab kutilmagan ma'lumotlar kiritilib, dasturning qulashiga sabab bo'luvchi zaif nuqtalar izlanadi. Ushbu tizimlar minglab qator kodlarni soniyalar ichida tahlil qilib, nafaqat bitta oldin ma'lum bo'lmagan zaiflikni aniqlaydi, balki bir nechta kichik xatoliklarni mantiqiy zanjirga ulash (exploit chaining) orqali kompleks hujum platformasini yaratadi. Natijada, zaiflik aniqlanishi bilanoq, inson aralashuvisiz avtomatik ravishda ekspluitlar (exploit) generatsiya qilinadi.

g) Aqlli Botnetlar va "Gala" (Swarm) hujumlari Sining yana bir xavfli innovatsiyasi — botnetlarni markazlashmagan, avtonom "gala" (Swarm Intelligence) sifatida boshqarishdir. Bunday aqlli botnetlar massiv DDoS hujumlari vaqtida tarmoqning eng zaif va himoyasiz tugunlarini real vaqtda mustaqil aniqlaydi va hujum kuchini o'sha nuqtalarga qaratadi. Agar xavfsizlik devori ularning bir qismini bloklasa, qolgan qurilmalar darhol o'z taktikasi, trafigi va protokollarini o'zgartirib, tizimni ishdan chiqarishda davom etadi.

1-jadval

An'anaviy va SI yordamida kuchaytirilgan kiberhujumlarning qiyosiy xarakteristikasi

Hujum xarakteristikasi	An'anaviy kiberhujumlar	SI yordamida kuchaytirilgan hujumlar
Hujum tezligi va miqyosi	Cheklangan, asosan inson resursiga bog'liq	Avtomatlashtirilgan, o'ta yuqori tezlik va cheksiz miqyos
Moslashuvchanlik	Statik skriptlar, muhitga moslasha olmaydi	Dinamik, xavfsizlik tizimiga qarab reaksiyani o'zgartiradi
Zaifliklarni aniqlash	Qo'lda tahlil qilish yoki oddiy skanerlar orqali	Mashinali o'qitish orqali tezkor va chuqur tahlil
Aniqlanish ehtimoli	Yuqori (imzolarga asoslangan tizimlar orqali)	Juda past (polimorf kodlar xavfsizlikni chetlab o'tadi)
Ijtimoiy muhandislik	Ommaviy, umumiy matnli fishing xatlari	Shaxsiylashtirilgan, psixologik manipulyatsiya qilingan

Kognitiv mudofaa tizimlari: Axborot xavfsizligida Sining o'rni. Kiber makondagi assimetrik va avtomatlashtirilgan tahdidlarga qarshi kurashish uchun xavfsizlik operatsiyalari markazlari (SOC) an'anaviy reaktiv yondashuvdan proaktiv kognitiv mudofaa arxitekturasiga o'tmoqda. Kognitiv xavfsizlik — inson miyasining fikrlash jarayonlarini taqlid qiluvchi, doimiy ravishda o'z-o'zini o'qitib boruvchi va terabaytlab ma'lumotlarni real vaqtda qayta ishlab, hujumlarni avtonom bloklay oluvchi axborot xavfsizligi konsepsiyasi bo'lib, uning kengaytirilgan imkoniyatlari quyidagilardan iborat:

– **Xulq-atvor tahlili (User and Entity Behavior Analytics - UEBA):** Ushbu yo'nalish mashinali o'qitishning nazoratsiz o'rganish (unsupervised learning) modellariga asoslanadi. Tizim nafaqat xodimlarning, balki tarmoqdagi barcha serverlar, ilovalar va IoT qurilmalarining "normal" xulq-atvorini chuqur o'rganib chiqib, dinamik tayanch nuqtasini (baseline) shakllantiradi. Agar biron-bir foydalanuvchi akkaunti odatdagidan farqli vaqtda katta hajmdagi maxfiy fayllarni yuklab olishni boshlasa yoki tarmoq ichida g'ayritabiiy gorizontaal harakat (lateral movement) va huquqlarni oshirishga (privilege escalation) urinsa, algoritmlar buni darhol ichki tahdid (insider threat) sifatida qayd etadi. Tizim shunchaki ogohlantirish bermaydi, balki anomaliya manbaini zudlik bilan cheklaydi.

– **Kiber-tahdidlar tahlili (Threat Intelligence) va bashorat qilish:** Kognitiv tizimlar global xavfsizlik bloglari, dark web forumlari, GitHub repozitoriylari va xalqaro insidentlar bazalaridan millionlab matnli va tarkibiy ma'lumotlarni Natural Language Processing (NLP) yordamida doimiy tahlil qiladi. U xakerlik guruhlarining yangi taktikalarini, murosa ko'rsatkichlarini (Indicators of Compromise - IoC) va zararli dastur imzolarni mustaqil to'playdi. Bu orqali tizim qaysi mintaqaga yoki qaysi tashkilotga qanday turdagi hujum kutilayotganini bashorat qilibgina qolmay, balki xavfsizlik siyosatini kutilayotgan tahdidga moslab oldindan avtomatik tarzda yangilaydi (Predictive Analytics).

– **Insidentlarga avtomatlashtirilgan reaksiya va orkestratsiya (SOAR):** An'anaviy xavfsizlik markazlarida insidentlarni o'rganish, saralash va bartaraf etishga mutaxassislarning soatlab yoki kunlab vaqti ketadi, bu esa axborot shovqini va charchog'ini (alert fatigue) keltirib chiqaradi. SI asosidagi SOAR tizimlari esa oldindan tuzilgan raqamli stsenariylar (playbooks) asosida harakat qiladi. U soniyaning mingdan bir bo'lagida tarmoq paketlarini tahlil qilib, zararlangan serverni tarmoqdan izolyatsiya qilish, fishing xatlarini barcha xodimlarning pochtasidan avtomatik o'chirish va zararli IP manzillarni bloklash kabi kompleks operatsiyalarni mustaqil amalga oshiradi. Sining ushbu tezkorligi massiv DDoS-hujumlar va fayllarni shifrlab qo'yuvchi Ransomware (tovlamachi dasturlar) tarqalishining oldini olishda qimmatli vaqtni tejaydi va tizimni butunlay falaj bo'lishdan asraydi.

Ushbu uchta asosiy ustun birlashib, korporativ infratuzilmani passiv qorovuldan faol, o'z-o'zini o'qituvchi va xavflarga real vaqtda moslashuvchi kognitiv mudofaa ekotizimiga aylantiradi. Bu texnologiyalar inson omiliga bo'lgan ehtiyojni bekor qilmasa-da, mutaxassislarni texnik rutinadan qutqarib, murakkab va strategik kiber-himoya operatsiyalariga diqqat qaratish imkonini beradi.

2-jadval

Kognitiv kiberxavfsizlik arxitekturasining asosiy funksional bosqichlari

Bosqich	SI texnologiyasi	Asosiy vazifasi va samaradorligi
Bashorat qilish (Predict)	Deep Learning, NLP	Tashqi kiber-muhitdagi axborotlarni tahlil qilib, ehtimoliy hujumlarni oldindan aniqlash

Oldini olish (Prevent)	Supervised Learning	Zararli kodlar va fayllarni imzosiga qaramay, ularning ichki arxitekturasini tahlil qilib bloklash
Aniqlash (Detect)	Unsupervised Learning, UEBA	Tarmoqdagi g'ayritabiiy harakatlarni (anomaliyalarni) real vaqt rejimida aniqlash
Reaksiya (Respond)	Automated Orchestration, RL	Hujum o'chog'ini avtomatik bloklash, tizimlarni izolyatsiya qilish va tezkor qayta tiklash

Shunday bo'lsa-da, kognitiv mudofaa tizimlarini to'laqonli joriy etish faqatgina texnik ustunlik bermaydi, balki o'ziga xos murakkab ilmiy va amaliy muammolarni ham keltirib chiqaradi. Ushbu muammolarning eng yirigi va xavflisi **'Adversarial Machine Learning' (Dushmanona mashinali o'qitish)** konsepsiyasi hisoblanadi. Bunda hujumchilar maqsadli ravishda mudofaa tizimining zaifliklarini o'rganib, uning neyron tarmoqlariga qarshi hujum uyushtirishadi. Eng keng tarqalgan usullardan biri bu — **Data Poisoning (Ma'lumotlarni zaharlash)** hujumlaridir. Xakerlar mudofaa tizimi o'rganayotgan vaqtda yig'ilayotgan ma'lumotlar bazasiga ataylab "shovqin" (noise) yoki mantiqan noto'g'ri algoritmlarni asta-sekin, sezilmas miqdorda kiritib borishadi. Natijada, uzoq muddatli o'qitishdan so'ng mudofaa SI si zararli va anomal harakatlarni "odatiy jarayon" sifatida qabul qila boshlaydi va hujumchiga tarmoqqa to'siqsiz kirish imkonini yaratib beradi.

Shu sababli, SI ning ishonchliligi (**Robust AI**) va shaffofligi (**Explainable AI - XAI**) masalalari bugungi kiberxavfsizlikdagi eng dolzarb tadqiqot yo'nalishlariga aylanib ulgurgan. Xavfsizlik bo'yicha tahlilchilar SI ning nima sababdan ma'lum bir faylni zararli deb topgani yoki muayyan qonuniy jarayonni bloklaganligini aniq tushunishlari kerak. Agar AI o'z xulosalarini "qora quti" (black box) ichida yashirin holatda bersa, uning qarorlariga to'liq ishonib bo'lmaydi. Explainable AI arxitekturasini SI ning qabul qilgan har bir murakkab qarorini inson tushunadigan mantiqiy qadamlarga bo'lib izohlab berishni talab qiladi.

Shuningdek, kiberxavfsizlikda **SI va inson omili o'rtasidagi hamkorlik** qat'iy saqlab qolinishi shart ekanligini ta'kidlash zarur. Sun'iy intellekt juda katta hajmdagi ma'lumotlarni soniyalar ichida tahlil qilib, murakkab va yashirin qonuniyatlarni topishda mutlaqo tengsizdir. Biroq, u tashkilotning biznes mantiqini, real hayotdagi voqealar kontekstini va ijtimoiy jarayonlarni tushunish qobiliyatiga ega emas. Misol uchun, moliya bo'limi xodimi tungi soat 3 da yirik hajmdagi ma'lumotlarni serverdan yuklab olayotgani SI uchun o'ta xavfli anomaliya bo'lib ko'rinishi mumkin, ammo aslida bu xodim boshqa mintaqaga xizmat safariga ketgan bo'lishi va vaqtlardagi farq tufayli o'z ishini bajarayotgan bo'lishi mumkin. Bunday vaziyatlarda SI **'yolg'on ijobiy' (False Positive)** xulosalar berib, qonuniy va muhim ish jarayonlarini butunlay to'xtatib qo'yishi ehtimoli yuqori.

Shu bois, ushbu sohadagi eng samarali va xavfsiz yondashuv — SI ning cheksiz hisoblash quvvati hamda ma'lumotlarni tezkor saralash xususiyatini mutaxassisning strategik, huquqiy va mantiqiy qaror qabul qilish qobiliyati bilan uzviy birlashtirishdir. Bu konsepsiya **'Human-in-the-loop' (Jarayondagi inson)** modeli deb ataladi. Bunda SI og'ir, monoton va ko'p vaqt talab qiladigan texnik tahlilni o'z bo'yniga oladi, inson esa voqealar rivojini kontekstga solib, so'nggi hal qiluvchi xulosani tasdiqlovchi yoki bekor qiluvchi asosiy boshqaruvchi bo'lib qoladi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, raqamli transformatsiya jarayonida axborot infratuzilmalari o'ta murakkab va himoyaga muhtoj ekotizimga aylanib bormoqda. Kiber makonda sun'iy intellekt ham tahdid manbai, ham xavfsizlikning eng asosiy qalqoni bo'lib maydonga chiqdi.

Olib borilgan tahlillar natijasida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

Birinchidan, kiberjinoyatchilik to'liq avtomatlashmoqda. SI algoritmlari yordamida yaratilgan deepfake, metamorf viruslar va aqlli botnetlar an'anaviy himoya tizimlari samaradorligini keskin pasaytirmoqda.

Ikkinchidan, tashkilotlar uchun kognitiv mudofaa tizimlarini joriy etish endi tanlov emas, balki majburiyatga aylandi. Mashinali o'qitish va neyron tarmoqlariga asoslangan xulq-atvor tahlili hamda avtomatlashtirilgan insidentlarga javob tizimlari tahdidlarni erta bosqichda aniqlash va zararni minimallashtirishning yagona yo'lidir.

Uchinchidan, ilmiy muassasalar va texnologiya kompaniyalari kelajakda SIning o'ziga qaratilgan kiberhujumlarni (Adversarial ML) chuqur o'rganishi hamda sun'iy intellekt qabul qilgan qarorlarni izohlab beruvchi (Explainable AI) axborot xavfsizligi modellarini ishlab chiqishga e'tibor qaratishlari lozim. Shu orqaligina SIning himoya vositasi sifatidagi ishonchliligini ta'minlash mumkin.

Global raqamli iqtisodiyotning barqaror rivojlanishi SIning kiberxavfsizlik sohasida to'g'ri va xavfsiz qo'llanilishiga, hamda ushbu sohada mutaxassislarning uzluksiz ilmiy va amaliy bilimlarini oshirib borishlariga bevosita bog'liqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Das, R., & Sandowne, A. (2024). Artificial Intelligence in Cybersecurity: Advanced Predictive Analytics. Springer International Publishing.
2. Smith, J. & Patel, V. (2025). "Next-Generation Threats: Deepfakes and AI-driven Social Engineering". Journal of Information Security and Applications, 45(2), 112-125.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-sonli Farmoni. Toshkent, 2020 yil.
4. Li, X., et al. (2024). "Cognitive Cybersecurity: Automating Defense using Deep Reinforcement Learning". IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing.
5. Yampolskiy, R. V. (2025). AI-Completeness: The intersection of Cybersecurity and Artificial Intelligence. Cybersecurity Research Journal, 12(4), 88-104.

SUN'IY INTELLEKT VA MASHINALI O'QITISH USULLARI YORDAMIDA MA'LUMOTLARNI TAHLIL QILISH VA PROGNOZLASH MODELLARINI YARATISH

Ilmiy rahbar: Egamberdiyev Hojiakbar Salohitdinovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, talaba, Qarshi sh.

Chuliyev Yodgor Tolib o'g'li

Tel.: +998 99 064 70 60, e-mail: yodgorchuliyev1@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada zamonaviy sun'iy intellekt va mashinali o'qitish (Machine Learning) texnologiyalari yordamida katta hajmli ma'lumotlarni qayta ishlash, chuqur tahlil qilish

va kelgusidagi jarayonlarni prognozlash modellari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, amaliy masalalarni hal etishda regressiya va tasniflash algoritmlarining samaradorligi tahlil qilingan hamda olingan natijalar asosida tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, mashinali o'qitish, ma'lumotlar tahlili, prognozlash, regressiya modellari, algoritmlar.

Аннотация. В данной статье рассматриваются модели обработки больших объемов данных, глубокого анализа и прогнозирования будущих процессов с использованием современных технологий искусственного интеллекта и машинного обучения (Machine Learning). Также проанализирована эффективность алгоритмов регрессии и классификации при решении прикладных задач, и на основе полученных результатов даны рекомендации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, анализ данных, прогнозирование, регрессионные модели, алгоритмы.

Annotation. This article examines models for processing large volumes of data, deep analysis, and forecasting future processes using modern artificial intelligence and machine learning technologies. Furthermore, the efficiency of regression and classification algorithms in solving applied problems is analyzed, and recommendations are provided based on the obtained results.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, data analysis, forecasting, regression models, algorithms.

KIRISH

Bugungi kunda raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi barcha sohalarda ulkan hajmdagi ma'lumotlar (Big Data) to'planishiga olib kelmoqda. Ushbu ma'lumotlarni o'z vaqtida va samarali tahlil qilish, kelajakdagi tendensiyalarni oldindan bashorat qilish (prognozlash) davlat boshqaruvi, biznes, ta'lim hamda texnik tizimlar uchun muhim ahamiyat kasb etmoqda. An'anaviy usullar katta hajmli va murakkab tuzilmasiz ma'lumotlarni qayta ishlashda o'z imkoniyatlarini cheklab qo'yayotgani sababli, sun'iy intellekt (SI) va mashinali o'qitish (Machine Learning – ML) algoritmlaridan foydalanish zaruriyati kun tartibiga chiqmoqda. Mashinali o'qitish modellari ma'lumotlardagi yashirin qonuniyatlarni aniqlash, ularni tasniflash va yuqori aniqlikdagi prognozlarni tuzish imkonini beradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ilmiy adabiyotlarda sun'iy intellekt va mashinali o'qitish usullarini ma'lumotlar tahliliga tatbiq etish bo'yicha keng ko'lamli tadqiqotlar olib borilgan. Xususan, xorijiy olimlarning ishlarida katta hajmli ma'lumotlarni tasniflash va bashorat qilishda chiziqli bo'lmagan regressiya modellari hamda neyron tarmoqlarning afzalliklari ko'rsatib o'tilgan.

Mahalliy tadqiqotlarda ham raqamli texnologiyalarni iqtisodiyot va boshqaruv tarmoqlariga joriy etish, intellektual tizimlar yordamida jarayonlarni optimallashtirish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Biroq, mavjud modellarning aniqligini oshirish va ularni aniq amaliy sohalarga moslashtirish yo'nalishida hal etilishi lozim bo'lgan ilmiy-amaliy vazifalar saqlanib qolmoqda.

METODOLOGIYA VA TADQIQOT USULLARI

Mazkur tadqiqotda ma'lumotlarni tahlil qilish va prognozlash jarayoni bir necha ketma-ket bosqichlardan iborat bo'lgan uslubiyatga asoslanadi:

1. Ma'lumotlarni yig'ish va dastlabki qayta ishlash (Data Preprocessing): birlamchi ma'lumotlarni to'plash, ulardagi shovqinlar, yetishmayotgan qiymatlar va takrorlanishlarni tozalash, shuningdek, ularni mashinali o'qitish modellariга mos formatga keltirish.

2. Xususiyatlarni tanlash (Feature Engineering): prognozlash jarayoniga eng ko'p ta'sir ko'rsatuvchi muhim parametrlarni aniqlash va ajratib olish.

3. Modellarni o'qitish: ma'lumotlar bazasini o'quv (training) va test (testing) qismlarga bo'lgan holda mashinali o'qitish algoritmlarini (masalan, chiziqli regressiya, qarorlar daraxti yoki tasniflash modellari) qo'llash.

Ushbu jarayonda modelning aniqligini baholash uchun quyidagi statistik mezonlardan foydalaniladi:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

bu yerda R^2 — aniqlanish koeffitsienti bo'lib, modelning ma'lumotlardagi umumiy o'zgaruvchanlikni qay darajada tushuntira olishini ko'rsatadi (1 ga yaqin qiymat model sifatining yuqoriligini bildiradi).

$$MAE = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

bu yerda MAE — o'rtacha absolyut xatolik bo'lib, bashorat qilingan va haqiqiy qiymatlar orasidagi farqning o'rtacha kattaligini ko'rsatadi.

$$RMSE = \sqrt{(1/n) \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

bu yerda RMSE — o'rtacha kvadratik xatolikning ildizi bo'lib, katta xatoliklarni kuchliroq jazolaydigan mezon hisoblanadi. Formulalarda y_i — kuzatishning haqiqiy qiymati, $\hat{y}_i$ — model tomonidan bashorat qilingan qiymat, $\bar{y}$ — haqiqiy qiymatlarning o'rtacha arifmetigi, n — kuzatishlar soni.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot doirasida uch xil algoritim — chiziqli regressiya, qarorlar daraxti (Decision Tree) va sun'iy neyron tarmoq (ANN) — bir xil sinov (test) ma'lumotlar to'plamida qo'llanildi hamda yuqorida keltirilgan mezonlar asosida taqqoslandi. Natijalar 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval. Modellarning aniqlik ko'rsatkichlari bo'yicha taqqoslanishi

Model	R^2	MAE	RMSE
Chiziqli regressiya	0,81	0,52	0,64
Qarorlar daraxti	0,87	0,39	0,47
Sun'iy neyron tarmoq	0,93	0,27	0,33

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, chiziqli regressiya modeli ma'lumotlar orasidagi bog'liqlik chiziqli bo'lgan holatlarda qoniqarli natija bersa-da, murakkab va nochiziqli bog'liqliklarni to'liq aks ettira olmaydi. Qarorlar daraxti algoritmi nisbatan yuqori moslashuvchanlikka ega bo'lib, aniqlik ko'rsatkichini oshiradi, biroq ma'lum sharoitlarda ortiqcha o'rganish (overfitting) xavfini keltirib chiqarishi mumkin. Sun'iy neyron tarmoq esa ko'p qatlamli tuzilishi tufayli ma'lumotlardagi murakkab, nochiziqli qonuniyatlarni yaxshiroq aniqlaydi va ko'rsatkichlar bo'yicha eng yuqori aniqlikni namoyish etadi, biroq bunda hisoblash resurslariga bo'lgan ehtiyoj va natijalarning izohlanish (interpretatsiya) qiyinligi kabi cheklovlar mavjud. Shu sababli, aniq amaliy masala uchun model tanlashda faqat aniqlik emas, balki hisoblash xarajatlari, natijaning tushunarililigi va real vaqt rejimida ishlash talablari ham inobatga olinishi lozim.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlari katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish va kelajakdagi jarayonlarni yuqori aniqlik bilan prognozlash imkonini beradi. Taqqoslangan modellar orasida neyron tarmoq eng yuqori aniqlik ko'rsatkichlariga erishgan bo'lsa-da, amaliyotda model tanlash masalaning xarakteri, mavjud ma'lumotlar hajmi va hisoblash resurslariga bog'liq holda amalga oshirilishi tavsiya etiladi. Kelgusi tadqiqotlarda gibrid (ansambl) modellardan foydalanish, real vaqt rejimidagi ma'lumotlar oqimi asosida tizimlarni sinovdan o'tkazish hamda modellarning izohlanuvchanligini oshirish yo'nalishlari istiqbolli hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – 2nd ed. – New York: Springer, 2009. – 745 p.
2. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016. – 800 p.
4. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. – 3rd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2022. – 861 p.
5. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning. – 2nd ed. – New York: Springer, 2021. – 607 p.

SUN'IY INTELLEKT DAVRIDA TEXNOLOGIK TA'LIMNI RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI

Muallif: Umirzoqova Mohinur

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti 1- bosqich talabasi

First-year student at the University Economics and pedagogy

Студент 1-го курса университета экономики и педагогики

E-mail: mohinurumirzoqova208@gmail.com

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada sun'iy intellekt (SI)ning ta'lim tizimiga jadal kirib kelishi sharoitida texnologik ta'limning mazmuni, metodlari va ishtirokchilari o'rtasidagi munosabatlarning o'zgarishi nazariy-tahliliy jihatdan o'rganiladi. Tadqiqotning asosiy muammosi SI vositalarini ta'limga shunchaki texnik qo'shish bilan pedagogik transformatsiya o'rtasidagi farqni aniqlashdan iborat. Maqolada ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, qiyosiy, tizimli, kontent va konseptual tahlil usullaridan foydalanildi. Adabiyotlar sintezi SI asosidagi shaxsiylashtirilgan va adaptiv ta'lim, intellektual repetitorlik tizimlari, learning analytics, generativ SI va o'qituvchi-SI hamkorligi texnologik ta'limning muhim yo'nalishlariga aylanayotganini ko'rsatadi. Shu bilan birga, akademik halollik, ma'lumotlar maxfiyligi, algoritmik xatolik, raqamli tengsizlik va talabaning mustaqil fikrlashiga ortiqcha avtomatlashtirishning ta'siri kabi cheklovlar mavjud. Maqolaning ilmiy yangiligi texnologik ta'lim rivojini "texnologik-pedagogik-kompetensiyaviy-etik" transformatsiya zanjiri orqali izohlovchi hamda "o'qituvchi-talaba-SI" hamkorligini inson markazli model sifatida taklif etishdan iborat. O'zbekiston sharoitida ushbu modelni amalga oshirish uchun*

o'qituvchilarning SI savodxonligini oshirish, baholash mezonlarini qayta ko'rib chiqish, mahalliy til va ta'lim mazmuniga mos AI vositalarini rivojlantirish hamda raqamli infratuzilma tengligini ta'minlash muhim yo'nalishlar sifatida asoslanadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, texnologik ta'lim, raqamli ta'lim, generativ AI, shaxsiylashtirilgan ta'lim, adaptiv ta'lim, learning analytics, AI savodxonligi, raqamli savodxonlik, o'qituvchi kompetensiyasi, akademik halollik, inson–AI hamkorligi, ta'lim innovatsiyasi.

Abstract. This article theoretically and analytically examines the transformation of the content and methods of technology-enhanced education, as well as changes in the relationships among participants in the educational process, in the context of the rapid integration of artificial intelligence (AI) into the education system. The main research problem is to identify the distinction between the mere technical integration of AI tools into education and genuine pedagogical transformation. The study employs scientific literature analysis, comparative, systematic, content, and conceptual analysis methods. The synthesis of the literature demonstrates that AI-based personalized and adaptive learning, intelligent tutoring systems, learning analytics, generative AI, and teacher–AI collaboration are becoming important directions in the development of technology-enhanced education. At the same time, several challenges remain, including academic integrity, data privacy, algorithmic bias, digital inequality, and the potential impact of excessive automation on students' independent thinking. The scientific novelty of the article lies in explaining the development of technology-enhanced education through a “technological–pedagogical–competency-based–ethical” transformation chain and proposing a human-centered “teacher–student–AI” collaboration model. In the context of Uzbekistan, the implementation of this model requires strengthening teachers' AI literacy, revising assessment criteria, developing AI tools adapted to the local language and educational content, and ensuring equal access to digital infrastructure.

Keywords: artificial intelligence, technology-enhanced education, digital education, generative AI, personalized learning, adaptive learning, learning analytics, AI literacy, digital literacy, teacher competence, academic integrity, human–AI collaboration, educational innovation.

Аннотация. В статье теоретически и аналитически исследуются изменения содержания и методов технологически ориентированного образования, а также трансформация взаимодействия между участниками образовательного процесса в условиях стремительного внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в систему образования. Основная исследовательская проблема заключается в определении различий между простым техническим внедрением инструментов ИИ в образование и полноценной педагогической трансформацией. В исследовании использованы методы анализа научной литературы, сравнительного, системного, контент- и концептуального анализа. Синтез научных источников показывает, что персонализированное и адаптивное обучение на основе ИИ, интеллектуальные системы обучения, аналитика обучения (learning analytics), генеративный ИИ и сотрудничество между преподавателем и ИИ становятся важными направлениями развития технологически ориентированного образования. Вместе с тем сохраняются такие проблемы, как академическая добросовестность, конфиденциальность данных, алгоритмическая предвзятость, цифровое неравенство и возможное влияние чрезмерной автоматизации на самостоятельное мышление студентов. Научная новизна статьи заключается в объяснении развития технологически ориентированного образования посредством цепочки трансформации «технологическая–педагогическая–

компетентностная–этическая» и предложении человекоцентричной модели взаимодействия «преподаватель–студент–ИИ». В условиях Узбекистана реализация данной модели требует повышения ИИ-грамотности преподавателей, пересмотра критериев оценивания, разработки инструментов ИИ, адаптированных к местному языку и образовательному содержанию, а также обеспечения равного доступа к цифровой инфраструктуре.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, технологически ориентированное образование, цифровое образование, генеративный ИИ, персонализированное обучение, адаптивное обучение, аналитика обучения, ИИ-грамотность, цифровая грамотность, компетентность преподавателя, академическая добросовестность, взаимодействие человека и ИИ, образовательные инновации.*

KIRISH

Raqamli texnologiyalar ta'lim tizimining faqat texnik vositalarini emas, balki ta'limni tashkil etish mantiqini ham o'zgartirmoqda. Ayniqsa, generativ sun'iy intellektning ommalashuvi natijasida matn yaratish, tushuntirish, savollarga javob berish, tarjima qilish, kod yozish va o'quv materiallarini moslashtirish kabi vazifalar qisqa vaqt ichida bajariladigan bo'ldi. UNESCO generativ SI ta'limda o'quv dasturi, o'qitish, o'rganish va tadqiqot jarayonlariga yangi imkoniyatlar berishi bilan birga, ma'lumotlar maxfiyligi, etik me'yorlar va institutsional tayyorgarlik masalalarini ham kun tartibiga olib chiqqanini qayd etadi. OECD ham raqamli transformatsiya oddiy raqamlashtirishdan farq qilishini, SI ta'limni shaxsiylashtirish va samaradorlikni oshirish imkonini berishi bilan birga tenglik, boshqaruv va ishonchlilik bilan bog'liq xavflarni boshqarishni talab qilishini ta'kidlaydi.

Muammo shundaki, SI vositasini darsga kiritishning o'zi ta'lim sifatini avtomatik ravishda oshirmaydi. Zawacki-Richter va hamkorlarining oliy ta'lim bo'yicha tizimli sharhida 2007–2018 yillar oralig'idagi 2656 ta dastlabki nashrdan 146 tasi yakuniy tahlilga kiritilgan va AIED tadqiqotlarida pedagogik nuqtayi nazar hamda o'qituvchi roli yetarli darajada markazlashmaganligi ko'rsatilgan. Keyingi sharhlar esa SI tadqiqotlari hajmi tez o'sayotganini, ayniqsa 2021–2022 yillarda nashrlar soni keskin ko'payganini ko'rsatadi. Demak, hozirgi bosqichdagi asosiy masala "SI ta'limga kiradimi?" degan savoldan ko'ra "SI qanday pedagogik shartlar asosida ta'limning maqsadlariga xizmat qiladi?" degan savolga ko'chmoqda.

Maqolaning maqsadi - SI rivojlanishi sharoitida texnologik ta'limning o'zgarish mexanizmlarini tizimlashtirish, SI asosidagi ta'limning pedagogik imkoniyatlari va cheklovlarini qiyosiy tahlil qilish hamda O'zbekiston ta'lim tizimi uchun inson markazli rivojlanish yo'nalishlarini taklif etishdir. Tadqiqot quyidagi savollarga javob izlaydi: SI texnologik ta'limning mazmuni va metodlarini qanday o'zgartiradi? O'qituvchi va talaba rollari qanday transformatsiyalanadi? Shaxsiylashtirish, adaptiv ta'lim va learning analytics qanday imkoniyatlar yaratadi? Akademik halollik, maxfiylik va raqamli tenglik muammolari qanday boshqarilishi mumkin? O'zbekiston sharoitida qanday institutsional va kompetensiyaviy shartlar zarur?

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Sun'iy intellekt va ta'lim bo'yicha tadqiqotlar bir necha yo'nalishda rivojlangan. Dastlabki AIED tadqiqotlari intellektual repetitorlik tizimlari, avtomatlashtirilgan baholash va ta'lim jarayonini modellashtirishga ko'proq e'tibor qaratgan bo'lsa, yangi bosqichda generativ AI, learning analytics, adaptiv ta'lim va inson–AI hamkorligi markazga chiqmoqda. Zawacki-Richter va boshqalar oliy ta'limdagi SI tadqiqotlarining katta qismi kompyuter fanlari va STEM sohalaridan kelib chiqqanini ko'rsatgan. Crompton va Burke esa 2016–2022 yillardagi 138 tadqiqotni tahlil qilib, SIga oid nashrlar

tez sur'atlarda ko'payganini aniqlagan. Bu ikki tadqiqot o'rtasidagi vaqt farqi AIEDning tor texnik yo'nalishdan keng pedagogik va institutsional masalaga aylanganini ko'rsatadi.

Sun'iy intellektning ta'limdagi imkoniyatlarini tizimlashtirgan sharhlarda uning o'qitish, o'rganish, baholash va ta'lim boshqaruvidagi turli rollari ajratiladi. Chen, Chen va Lin AIED rivojida texnologik imkoniyatlar bilan birga nazariy va pedagogik asoslarni kuchaytirish zarurligini ko'rsatgan. 2012–2021 yillar adabiyotlarini qamrab olgan keyingi tizimli sharhda AIEDning ta'limdagi asosiy rollari, ta'lim natijalari va muammolari tizimlashtirilgan. Bu natijalar SI vositalarini mustaqil maqsad emas, balki aniq pedagogik vazifaga xizmat qiluvchi vosita sifatida ko'rish kerakligini anglatadi.

Generativ AI bo'yicha tadqiqotlar alohida burilish nuqtasini yuzaga keltirdi. Tlili va hamkorlari ChatGPTni ta'limdagi chatbotlarning imkoniyatlari va muammolarini muhokama qilish uchun amaliy holat sifatida ko'rib, undan foydalanish pedagogik dizayn va nazoratni talab qilishini ko'rsatadi. Labadze, Grigolia va Machaidze AI chatbotlar bo'yicha tizimli sharhida ularning o'quvchi va o'qituvchilarni qo'llab-quvvatlash imkoniyatlarini tahlil qilgan. Cooper esa ChatGPTning ilmiy ta'limdagi javoblarini o'rganib, generativ modelning foydali tushuntirish imkoniyatlari bilan birga javoblarni pedagogik jihatdan tekshirish zarurligini ko'rsatgan. Demak, generativ AI ta'limda "tayyor bilim manbai" emas, balki tekshirilishi kerak bo'lgan intellektual yordamchi sifatida qaralishi maqsadga muvofiq.

AI savodxonligi masalasi ham alohida ilmiy yo'nalishga aylanmoqda. Long va Magerko AI literacy tushunchasini faqat texnik ko'nikma bilan cheklamasdan, sun'iy intellektni tushunish, undan foydalanish, natijalarini tanqidiy baholash va inson manfaatlari bilan bog'liq jihatlarni anglashni o'z ichiga oladigan kompetensiyalar majmui sifatida ko'rib chiqadi. UNESCOning 2024-yilgi o'qituvchilar uchun AI kompetensiya tizimi esa 15 kompetensiyani besh yo'nalishga ajratadi: inson markazli tafakkur, AI etikasi, AI asoslari va qo'llanilishi, AI pedagogikasi hamda professional rivojlanish uchun AI. UNESCO talabalarga mo'ljallangan tizimida esa 12 kompetensiya to'rt o'lchovga birlashtirilgan. Bu yondashuvlar o'qituvchi va talaba kompetensiyalarini bir vaqtda rivojlantirish zarurligini ko'rsatadi.

Shaxsiylashtirilgan va adaptiv ta'lim bo'yicha so'nggi sharhlar SI o'quv jarayonini talabaning ehtiyoji, sur'ati va faoliyat ma'lumotlariga moslashtirish imkonini kengaytirayotganini ko'rsatadi. Farhood va hamkorlarining 2025-yilgi tizimli sharhi 2015–2025 yillar oralig'idagi 125 tadqiqotni sintez qilib, AI asosidagi shaxsiylashtirishning o'qitish, o'rganish va baholashga ta'sirini turli ta'lim bosqichlarida tahlil qilgan. 2025-yilgi boshqa sharhda adaptiv ta'lim SI yordamida ma'lumotga asoslangan va individuallashtirilgan o'quv tajribalarini yaratishi qayd etilgan. Shu bilan birga, shaxsiylashtirishning texnik imkoniyati pedagogik shaxsiylashtirish bilan aynan bir narsa emas: algoritm kontentni moslashtirishi mumkin, lekin ta'lim maqsadi, motivatsiya, qadriyat va insoniy munosabatlarni to'liq o'z zimmasiga olmaydi.

Learning analytics yo'nalishida ham texnologik imkoniyat bilan etik talab o'rtasidagi muvozanat muhim. Paulsen va Lindsay talabaga yo'naltirilgan learning analytics panellarida texnologik tahlildan pedagogik jihatdan mazmunli foydalanishga o'tish tendensiyasini ko'rsatadi. Liu va Khalil esa learning analyticsda maxfiylik va ma'lumotlarni himoya qilish muammolarini tizimli ravishda ko'rib, bu masalalar tobora muhimlashayotganini ta'kidlaydi. Alfredo va hamkorlarining 2024-yilgi sharhi inson markazli learning analytics va AIED rivojida ma'lumotlar maxfiyligi hamda foydalanuvchi agentligi masalalarini asosiy muammolardan biri sifatida ko'rsatadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Maqola nazariy-tahliliy tadqiqot sifatida tashkil etildi. Empirik respondentlar, so‘rovnoma natijalari yoki tajriba ma’lumotlari mavjud emasligi sababli ular natija sifatida keltirilmadi. Tadqiqotda ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, qiyosiy tahlil, tizimli tahlil, kontent-tahlil, konseptual tahlil, induktiv va deduktiv yondashuvlardan foydalanildi. Ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish AIED, generativ AI, shaxsiylashtirilgan ta’lim va AI savodxonligi bo‘yicha asosiy qarashlarni aniqlashga xizmat qildi. Qiyosiy tahlil an’anaviy texnologik ta’lim va SI-integratsiyalashgan ta’limning farqlarini ko‘rsatish uchun qo‘llandi. Tizimli va kontent-tahlil turli tadqiqotlarda takrorlanadigan imkoniyatlar, xavflar va pedagogik shartlarni guruhlash imkonini berdi. Konseptual tahlil asosida maqolaning mustaqil “texnologik–pedagogik–kompetensiyaviy–etik” transformatsiya modeli ishlab chiqildi.

NATIJALAR.

Ta’limni shaxsiylashtirish va adaptiv ta’lim. SI texnologik ta’limning eng muhim istiqbollaridan biri - ta’lim mazmunini talabaning individual ehtiyojlariga moslashtirishdir. An’anaviy modelda bir guruhga bir xil topshiriq va bir xil vaqt ajratilishi ko‘p uchraydi. SI asosidagi tizimlar esa talabaning javoblari, xatolari, o‘zlashtirish tezligi va faoliyat ma’lumotlari asosida keyingi topshiriqning murakkabligini o‘zgartirishi mumkin. 2025-yilgi tizimli sharhlar AI asosidagi shaxsiylashtirish va adaptiv ta’lim bo‘yicha tadqiqotlar tez kengayayotganini ko‘rsatadi.

Biroq adaptivlikni shaxsiylashtirish bilan aynanlashtirish ilmiy jihatdan to‘liq to‘g‘ri emas. Adaptiv tizim ko‘pincha algoritmik ravishda qiyinchilik, ketma-ketlik yoki kontentni o‘zgartiradi; shaxsiylashtirilgan ta’lim esa talabaning maqsadlari, qiziqishlari, o‘zini boshqarish qobiliyati va o‘quv strategiyalarini ham hisobga oluvchi kengroq pedagogik yondashuvdir. Shuning uchun istiqboldagi texnologik ta’limda algoritmik moslashuv va pedagogik shaxsiylashtirish bir-birini to‘ldirishi lozim.

O‘qituvchining o‘zgarayotgan roli. SI rivojlanishi o‘qituvchini ta’lim jarayonidan siqib chiqarmaydi; aksincha, uning vazifalarini qayta taqsimlaydi. UNESCOning 2024-yilgi AI kompetensiya tizimi o‘qituvchi uchun AI pedagogikasi, etikasi, AI asoslari va professional rivojlanish bilan bog‘liq kompetensiyalarni alohida belgilaydi. UNESCO SI ta’limdagi an’anaviy o‘qituvchi–talaba munosabatiga “o‘qituvchi–AI–talaba” dinamikasini qo‘shayotganini qayd etadi. 2026-yildagi K–12 bo‘yicha tizimli sharh ham AI yaratgan ma’lumotning o‘zi pedagogik harakatga aylanmasligini, o‘qituvchi uni izohlashi, baholashi va sinf sharoitiga moslashtirishi kerakligini ko‘rsatadi.

Shu sababli o‘qituvchining “asosiy bilim manbai” sifatidagi roli nisbatan kamayib, mentor, fasilitator, metodist, baholash dizayneri va AI natijalarini tanqidiy tekshiruvchi mutaxassis sifatidagi roli kuchayishi mumkin. Bunda inson omili, ayniqsa, murakkab fikrlash, tarbiyaviy ta’sir, motivatsiya, empatiya, ijtimoiy muloqot va ta’limiy qarorlarning mas’uliyati bilan bog‘liq vazifalarda muhim bo‘lib qoladi.

Talabaning o‘zgarayotgan roli. Generativ AI talabaga tezkor javob va tushuntirish berishi mumkin, biroq bu imkoniyat mustaqil fikrlashning o‘rmini bosmasligi kerak. Talaba AI yaratgan javobni tayyor haqiqat sifatida qabul qilish o‘rniga savolni to‘g‘ri qo‘yish, manbani tekshirish, mantiqiy xatolarni aniqlash, turli javoblarni solishtirish va yakuniy qarorni asoslash ko‘nikmalariga ega bo‘lishi zarur. Long va Magerko AI savodxonligini aynan tushunish, tanqidiy baholash va amaliy foydalanish bilan bog‘liq kompetensiyalar orqali keng talqin qiladi.

Shu nuqtayi nazardan AI davridagi talabaning asosiy ustunligi “AI’dan tezroq javob olish” emas, balki “AI bilan ishlash jarayonida yuqori darajadagi fikrlashni saqlab qolish” bo‘lishi kerak. Bu esa topshiriqlarni faqat tayyor matn ishlab chiqarishga emas, dalillash, tahlil, refleksiya, og‘zaki himoya va jarayonni ko‘rsatishga yo‘naltirishni talab qiladi.

Generativ AI: imkoniyat va cheklovlar. Generativ AI matn yozish, murakkab mavzuni sodda tushuntirish, savol va mashqlar yaratish, tarjima, kodlash va tahliliy yordam kabi ko‘plab vazifalarni tezlashtirishi mumkin. Chatbotlar bo‘yicha tizimli tadqiqotlar ularning o‘quv jarayonini qo‘llab-quvvatlashdagi imkoniyatlarini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, generativ AI javoblarining ishonchliligi har doim bir xil emas. U noto‘g‘ri ma‘lumotni ishonchli uslubda taqdim etishi, manbalarni noto‘g‘ri ko‘rsatishi yoki mavjud bo‘lmagan dalillarni yaratishi mumkin. Shuning uchun SI natijasini tekshirish texnologik ta‘limning ajralmas qismiga aylanishi kerak.

UNESCO generativ AI bo‘yicha yo‘riqnomasida inson markazli, xavfsiz, adolatli va mazmunli foydalanish, ma‘lumotlar maxfiyligini himoya qilish va institutsional siyosat ishlab chiqish zarurligini ta‘kidlaydi. OECD ham generativ AI akademik topshiriqlar va baholashning an‘anaviy shakllarini qayta ko‘rib chiqishga majbur qilayotganini, biroq plagiat, akademik halollik, maxfiylik va ko‘nikmalarning susayishi kabi xavflarni ham keltirib chiqarishini qayd etadi.

Learning analytics va ma‘lumotga asoslangan ta‘lim. Learning analytics o‘quv faoliyati haqidagi ma‘lumotlarni tahlil qilib, o‘qituvchi va talabaga ta‘lim jarayonini tushunishda yordam berishi mumkin. Talabaning topshiriqlarni bajarish tezligi, xatolari, platformadagi faolligi yoki o‘quv materiallari bilan ishlash ketma-ketligi kabi ma‘lumotlar o‘quvdagi qiyinchiliklarni erta aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Bunday tizimlar o‘qituvchiga barcha talabalarga bir xil yordam ko‘rsatishdan ko‘ra, ehtiyojga qarab yo‘naltirilgan pedagogik aralashuvni rejalashtirish imkonini beradi.

Ammo ta‘limni tahlil qilish ta‘lim jarayonining insoniy va etik o‘lchamlarini chetlab o‘tmasligi kerak. Maxfiylik bo‘yicha tizimli tadqiqotlar o‘quvchi ma‘lumotlarini yig‘ish va qayta ishlash bilan bog‘liq xavflarni ko‘rsatadi. Shu sababli ma‘lumotlarning maqsadi, saqlanishi, ulardan kim foydalanishi va qanday qarorlar uchun ishlatilishi aniq belgilanishi zarur. Texnologik jihatdan imkoniyat mavjudligi ma‘lumotni istalgan shaklda yig‘ish uchun yetarli asos bo‘la olmaydi.

Akademik halollik va baholash. Generativ AI akademik topshiriq va baholashning mazmunini o‘zgartirmoqda. Agar topshiriq faqat tayyor matn yaratishni talab qilsa, talabaning haqiqiy bilimini aniqlash qiyinlashadi. 2023-yilda dunyoning nufuzli universitetlaridagi generativ AI va baholash bo‘yicha yo‘riqnomalarni o‘rgangan tadqiqot akademik halollik, plagiat va baholash dizaynini qayta ko‘rib chiqish masalalari markazda turganini ko‘rsatgan.

Shuning uchun ta‘lim muassasalari AI’dan foydalanishni mutlaq taqiqlash yoki nazoratsiz qabul qilish o‘rtasidagi ikki qutbli yondashuv bilan cheklanmasligi kerak. Buning o‘rniga qaysi vazifada AI’dan foydalanish mumkinligi, qaysi bosqichda undan foydalanish cheklanishi va talaba AI yordamidan foydalangan bo‘lsa, buni qanday ko‘rsatishi kerakligi bo‘yicha aniq akademik siyosat ishlab chiqilishi maqsadga muvofiq. Baholashda og‘zaki himoya, loyiha jarayoni, manbalarni asoslash, refleksiya va amaliy vazifalar ulushini oshirish ham bilimning haqiqiy o‘zlashtirilishini yaxshiroq aniqlashga yordam berishi mumkin.

Sun‘iy intellektning texnologik ta‘limga ta‘sir mexanizmi. Maqoladagi adabiyotlar sintezi asosida texnologik ta‘limdagi o‘zgarishni quyidagi konseptual zanjir orqali ifodalash mumkin:

AI texnologiyalarining rivojlanishi - ta‘lim jarayonining raqamlashtirilishi - shaxsiylashtirilgan va adaptiv ta‘lim - o‘qituvchi va talaba rollarining transformatsiyasi - yangi pedagogik

kompetensiyalarning paydo bo'lishi - AI savodxonligi va tanqidiy fikrlashga ehtiyoj - ta'lim metodlarining o'zgarishi - texnologik ta'limning yangi modeli.

Ushbu modelda texnologik rivojlanish boshlang'ich omil bo'lsa-da, yakuniy natijani texnologiyaning o'zi emas, pedagogik va institutsional shartlar belgilaydi. Birinchi bosqichda AI vositalari ta'lim infratuzilmasiga kiradi. Ikkinchi bosqichda ular o'quv jarayonidagi ma'lumotlar va kontent bilan integratsiyalashadi. Uchinchi bosqichda individual ta'lim yo'llari paydo bo'ladi. To'rtinchi bosqichda o'qituvchi va talaba vazifalari qayta taqsimlanadi. Beshinchi bosqichda yangi kompetensiyalar - AI savodxonligi, prompt bilan ishlash, natijani tekshirish, ma'lumotlar etikasi va raqamli tanqidiy fikrlash - zarur bo'ladi. Shu orqali texnologik ta'lim oddiy "raqamli vosita qo'shilgan dars"dan inson va texnologiya hamkorligiga asoslangan pedagogik tizimga aylanadi.

MUHOKAMA

Natijalar SI ta'limni to'liq almashtiradigan mustaqil tizim emas, balki ta'limning ayrim vazifalarini qayta tashkil etadigan vosita sifatida qaralishi kerakligini ko'rsatadi. Bu xulosa o'qituvchining roli bo'yicha tadqiqotlar bilan ham mos keladi: SI yaratgan ma'lumotni pedagogik qarorga aylantirish uchun insonning kontekstni tushunishi va mas'uliyati zarur. UNESCOning o'qituvchilar uchun kompetensiya tizimi ham inson markazli tafakkur va AI etikasi bilan texnik kompetensiyalarni birgalikda ko'radi.

SI talabaning mustaqil fikrlashiga ikki xil yo'nalishda ta'sir qilishi mumkin. Bir tomondan, u murakkab tushunchalarni izohlash, qo'shimcha savollar berish va individual mashq qilish imkoniyatini kengaytiradi. Ikkinchi tomondan, tayyor javobni tekshirmasdan qabul qilish kognitiv faollikni kamaytirishi mumkin. Shuning uchun ta'lim dizayni AI'dan foydalanishning o'zidan ko'ra, undan foydalanish jarayonidagi fikrlashni baholashi kerak. Bu nuqtada akademik topshiriqlar "yakuniy mahsulot"dan "fikrlash jarayoni"ga siljishi mumkin.

Texnologik ta'limda inson omilining saqlanib qolishi etik va ijtimoiy masalalar bilan ham bog'liq. Learning analytics bo'yicha tadqiqotlar maxfiylik va agentlik muammolarini ko'rsatadi; demak, ta'lim samaradorligi uchun ma'lumot yig'ish bilan shaxsiy huquqlar o'rtasida muvozanat zarur. Raqamli tengsizlik ham muhim: kuchli qurilma, internet va sifatli AI xizmatiga ega bo'lgan talaba bilan bunday imkoniyati cheklangan talaba o'rtasidagi farq texnologik ta'limning o'zida yangi tengsizlikni kuchaytirishi mumkin. OECD raqamli transformatsiyada aynan tenglik va boshqaruv masalalarini muhim siyosiy shart sifatida ko'rsatadi.

Ilmiy yangilik inson markazli "o'qituvchi-talaba-si" modeli. Maqolaning mustaqil konseptual umumlashtirishi sifatida "o'qituvchi-talaba-SI" uch tomonlama modeli taklif etiladi. Modelda SI bilimning yakuniy manbai emas, balki tahlil, individual yordam, mashq va ma'lumotlarni qayta ishlashni tezlashtiruvchi vosita sifatida belgilanadi. Talaba faol subyekt bo'lib qoladi: savol beradi, AI natijasini tekshiradi, manbalarni solishtiradi va yakuniy fikr uchun javobgarlikni saqlaydi. O'qituvchi esa pedagogik maqsadni belgilaydi, AI natijalarini baholaydi, o'quv faoliyatini loyihalaydi va insoniy hamda etik mezonlarni nazorat qiladi.

Modelning ikkinchi qismi "texnologik-pedagogik-kompetensiyaviy-etik" transformatsiya tamoyiliga asoslanadi. Birinchi bosqichda texnologiya mavjud bo'ladi; ikkinchi bosqichda u pedagogik maqsadga moslashtiriladi; uchinchi bosqichda undan foydalanish uchun o'qituvchi va talaba kompetensiyalari rivojlantiriladi; to'rtinchi bosqichda esa maxfiylik, akademik halollik, adolat va inson agentligi kabi etik mezonlar bilan chegaralanadi. Shunday qilib, maqola SI integratsiyasini faqat texnologik yangilik emas, balki kompleks pedagogik transformatsiya sifatida talqin qiladi.

O'zbekiston ta'lim tizimi konteksti. O'zbekistonda SI texnologiyalarini rivojlantirish davlat siyosatining alohida yo'nalishiga aylanmoqda. 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son qaror bilan SI texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi tasdiqlangan. Rasmiy ma'lumotlarda strategiya doirasida SI asosidagi mahsulot va xizmatlarni kengaytirish, texnik infratuzilmani rivojlantirish va kadrlar salohiyatini oshirish kabi yo'nalishlar belgilangan.

Ta'lim amaliyotida ham SI vositalaridan foydalanish bo'yicha tajribalar paydo bo'lmoqda. Masalan, Maktabgacha va maktab ta'limi vazirligi 2024-yilda matematika va tabiiy fanlar bo'yicha o'quvchilar bilimini AI asosidagi adaptiv platforma orqali baholash tizimi joriy etilganini ma'lum qilgan. Platformada topshiriqlar o'quvchining bilimiga moslashishi va o'qituvchiga natijalarni monitoring qilish imkoniyati berilgan. Bu amaliyot maqolada tahlil qilingan adaptiv ta'lim mexanizmlarining mahalliy ta'lim tizimida ham qo'llanayotganini ko'rsatadi.

Shu bilan birga, O'zbekiston uchun texnologik ta'limning keyingi bosqichi faqat xorijiy AI vositalarini iste'mol qilish bilan cheklanmasligi kerak. O'zbek tilidagi sifatli ta'lim kontenti, mahalliy terminologiya, milliy o'quv dasturlari va o'qituvchi ehtiyojlariga mos AI tizimlarini rivojlantirish muhim. Bunda ma'lumotlar sifati, til resurslari, infratuzilma, o'qituvchilarning AI kompetensiyasi va akademik siyosat bir-biridan alohida emas, yagona ekotizim sifatida qaralishi lozim.

Amaliy takliflar. Muammo: o'qituvchilarning AI vositalaridan foydalanish bo'yicha kompetensiyasi bir xil emas. Taklif: bosqichma-bosqich AI savodxonligi kurslarini joriy etish. Amalga oshirish mexanizmi: boshlang'ich, amaliy va ilg'or darajadagi modullar hamda real dars ssenariylari asosida malaka oshirish. Kutiladigan natija: o'qituvchining AI vositasini pedagogik maqsadga mos tanlash va tekshirish qobiliyati oshadi.

Muammo: talabalar AI'dan foydalanishning akademik chegaralarini har doim ham bilmaydi. Taklif: universitetlarda AI'dan akademik foydalanish siyosatini ishlab chiqish. Amalga oshirish mexanizmi: ruxsat etilgan, shartli ruxsat etilgan va cheklangan holatlarni aniq ko'rsatish. Kutiladigan natija: akademik halollik va texnologik foydalanish o'rtasidagi me'yorlar aniq bo'ladi.

Muammo: baholash faqat tayyor matn yoki standart javobga tayanib qolsa, AI yordamida bajarilgan ishni ajratish qiyinlashadi. Taklif: jarayonli baholashni kengaytirish. Amalga oshirish mexanizmi: og'zaki himoya, loyiha bosqichlari, refleksiya va manbalarni asoslashni baholash. Kutiladigan natija: talabaning haqiqiy bilim va fikrlash jarayoni yaxshiroq aniqlanadi.

Muammo: ta'lim mazmuni barcha talabalarga bir xil tempda taqdim etiladi. Taklif: AI asosidagi adaptiv o'quv modullarini bosqichma-bosqich joriy etish. Amalga oshirish mexanizmi: diagnostik topshiriqlar va individual o'quv yo'llarini LMS bilan integratsiya qilish. Kutiladigan natija: o'zlashtirishdagi individual farqlarga mos yordam kuchayadi.

Muammo: learning analytics ma'lumotlari etik xavflarni yuzaga keltirishi mumkin. Taklif: ma'lumotlarni boshqarish va maxfiylik protokollarini joriy etish. Amalga oshirish mexanizmi: ma'lumot maqsadi, saqlash muddati, kirish huquqi va foydalanish chegaralarini belgilash. Kutiladigan natija: texnologik monitoringga bo'lgan ishonch va ma'lumotlar xavfsizligi oshadi.

Muammo: AI javoblari xatoli bo'lishi mumkin. Taklif: AI natijasini tekshirish kompetensiyasini alohida o'quv ko'nikmasiga aylantirish. Amalga oshirish mexanizmi: manba tekshirish, dalillarni solishtirish va xatolarni aniqlash topshiriqlarini kiritish. Kutiladigan natija: talabalarning tanqidiy raqamli savodxonligi kuchayadi.

Muammo: o'zbek tilidagi AI ta'lim resurslari yetarli darajada rivojlanmagan bo'lishi mumkin. Taklif: mahalliy til va o'quv dasturlariga mos AI kontent ekotizimini rivojlantirish. Amalga oshirish mexanizmi: sifatli o'zbekcha korpuslar, terminologik bazalar va fanlar kesimidagi ta'lim

ma'lumotlarini yaratish. Kutiladigan natija: AI vositalarining mahalliy ta'lim mazmuniga mosligi oshadi.

Muammo: texnologik imkoniyatlar hudud va ijtimoiy guruhlar bo'yicha teng emas. Taklif: raqamli tenglik dasturlarini AI siyosati bilan bog'lash. Amalga oshirish mexanizmi: internet, qurilma va institutsional AI xizmatlariga kirishni kengaytirish. Kutiladigan natija: AI asosidagi ta'limning yangi raqamli tafovut yaratish xavfi kamayadi.

Muammo: o'qituvchilar AI'dan foydalanishda metodik tayanchga muhtoj. Taklif: universitetlarda "o'qituvchi + AI" metodik markazlarini tashkil etish. Amalga oshirish mexanizmi: fanlar kesimida dars dizayni, baholash va AI vositalarini sinovdan o'tkazish. Kutiladigan natija: AI integratsiyasi individual tajribadan institutsional tajribaga o'tadi.

Muammo: AI ta'lim siyosati texnologik yangilikdan tezroq rivojlanmasligi mumkin. Taklif: AI bo'yicha muntazam institutsional monitoring tizimini yaratish. Amalga oshirish mexanizmi: har yili texnologiya, pedagogika, xavfsizlik va akademik halollik ko'rsatkichlarini qayta ko'rib chiqish. Kutiladigan natija: ta'lim siyosati texnologik o'zgarishlarga moslashuvchan bo'ladi.

XULOSA

Sun'iy intellektning ta'limga kirib kelishi texnologik ta'limning oddiy raqamlashtirish bosqichidan pedagogik transformatsiya bosqichiga o'tishini tezlashtirmoqda. Ilmiy adabiyotlar tahlili SI shaxsiylashtirilgan va adaptiv ta'lim, chatbotlar, intellektual repetitorlik, learning analytics va generativ kontent yaratish kabi yo'nalishlarda katta imkoniyatlar berayotganini ko'rsatadi. Biroq bu imkoniyatlar avtomatik ravishda ta'lim sifatiga aylanmaydi. Natijani o'qituvchining pedagogik qarori, talabaning faol ishtiroki, institutsional siyosat, ma'lumotlar xavfsizligi va AI savodxonligi belgilaydi.

Maqolada taklif etilgan "o'qituvchi–talaba–SI" modeli SI'ni insonning o'rnini bosuvchi emas, balki ta'lim faoliyatini qo'llab-quvvatlovchi hamkor vosita sifatida ko'radi. "Texnologik–pedagogik–kompetensiyaviy–etik" transformatsiya zanjiri esa AI integratsiyasi ketma-ket texnik yangilanish emas, balki ta'lim tizimining maqsadi, metodlari va mas'uliyat mexanizmlarini qayta ko'rib chiqishni talab qiluvchi jarayon ekanini asoslaydi.

O'zbekiston sharoitida bu jarayon davlatning SI bo'yicha strategik siyosati, raqamli infratuzilma, o'qituvchilar kompetensiyasi, o'zbek tilidagi AI resurslari va akademik halollik siyosati bilan uyg'un rivojlanishi zarur. Kelgusidagi empirik tadqiqotlarda ushbu modelni universitetlar kesimida sinovdan o'tkazish, o'qituvchilar va talabalar AI savodxonligini o'lchash, AI yordamidagi adaptiv ta'limning o'quv natijalariga ta'sirini aniqlash hamda mahalliy til resurslarining AI ta'lim tizimlaridagi samaradorligini baholash muhim ilmiy yo'nalishlar bo'lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Alam, S., et al. (2022). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>.
2. Alfredo, R., Echeverria, V., Jin, Y., Yan, L., Swiecki, Z., Gašević, D., and Martinez-Maldonado, R. (2024). Human-centred learning analytics and AI in education: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100215>.
3. Cooper, G. (2023). Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 444–452.

<https://doi.org/10.1007/S10956-023-10039-Y>.

4. Crompton, H., and Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: the state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 22.

<https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>.

5. Farhood, H., Nyden, M., Beheshti, A., et al. (2025). Artificial intelligence-based personalised learning in education: a systematic literature review. *Discover Artificial Intelligence*, 5, 331.

<https://doi.org/10.1007/s44163-025-00598-x>.

6. Hariyanto, Kristianingsih, F. X. D., and Maharani, R. (2025). Artificial intelligence in adaptive education: a systematic review of techniques for personalized learning. *Discover Education*, 4, 458.

<https://doi.org/10.1007/s44217-025-00908-6>.

МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТУРОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА»

Атажонova Саидахон Бораталиевна

доцент кафедры “Информационные технологии”

Андижанский государственный технический институт

e-mail: saidajon19820507@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9453-3120>

Аннотация. В работе предложена методика «Адаптивное многоканальное моделирование контуров управления» (АММКУ), предназначенная для проведения практических занятий по дисциплине «Теория управления» со студентами направления «Мехатроника и робототехника» в условиях инклюзивного образования. Сущность методики состоит в сохранении единой инженерной задачи и единых результатов обучения при вариативности способов восприятия исходных данных, моделирования объекта управления, выполнения расчётов и представления полученного результата. Практическое задание строится вокруг реального или моделируемого объекта — электродвигателя, сервопривода, роботизированного манипулятора, системы регулирования температуры или положения. Предусматриваются три взаимосвязанных маршрута выполнения задания: аналитико-расчётный, визуально-имитационный и адаптивно-сопровожаемый. Предлагается последовательность практического занятия: постановка задачи, построение модели объекта, исследование разомкнутой системы, синтез регулятора, моделирование замкнутого контура, анализ переходного процесса и инженерная интерпретация результатов. Методика ориентирована не на упрощение содержания дисциплины для студентов с особыми образовательными потребностями, а на устранение барьеров при достижении единых профессиональных результатов.

Ключевые слова: теория управления, мехатроника, робототехника, инклюзивное образование, адаптивное обучение, моделирование, система автоматического управления, практическое занятие, PID-регулятор, цифровая образовательная среда.

Annotatsiya. Ushbu maqolada inklyuziv ta'lim sharoitida mexatronika va robototexnika yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljallangan «Boshqaruv nazariyasi» kursining amaliy mashg'ulotlarida qo'llashga mo'ljallangan «Boshqaruv konturlarining moslashuvchan ko'p kanalli modellashtirilishi» (AMMCL) deb nomlangan metodika taklif etiladi. Metodikaning mohiyati shundaki, u yagona muhandislik masalasi va izchil ta'lim natijalarini saqlab qolgan holda, kirish ma'lumotlarini qabul qilish, boshqariladigan obyektни modellashtirish, hisob-kitoblarni bajarish va natijalarni taqdim etishda turli xil yondashuvlardan foydalanish imkonini beradi. Amaliy topshiriq real yoki simulyatsiya qilingan obyektga — masalan, elektr dvigatel, servo-uzatma, robot-manipulyator yoki harorat yoxud holatni boshqarish tizimiga — asoslanadi. Vazifani bajarishning o'zaro bog'liq uchta yo'nalishi ko'zda tutilgan: tahliliy-hisobiy, vizual-simulyatsion hamda moslashuvchan-yo'naltiruvchi. Amaliy mashg'ulot aniq ketma-ketlikda amalga oshiriladi: muammoni belgilash, obyektни modellashtirish, ochiq konturli tizimni tahlil qilish, boshqaruvchini sintez qilish, yopiq konturli tizimni simulyatsiya qilish, o'tish jarayonini tahlil qilish va natijalarni muhandislik nuqtai nazaridan talqin etish. Metodika o'quv dasturi mazmunini maxsus ta'lim ehtiyojlariga ega o'quvchilar uchun soddalashtirishga emas, balki yagona kasbiy natijalarga erishish yo'lidagi to'siqlarni bartaraf etishga qaratilgan.

Kalit so'zlar. boshqaruv nazariyasi, mexatronika, robototexnika, inklyuziv ta'lim, moslashuvchan ta'lim, modellashtirish, avtomatik boshqaruv tizimi, amaliy mashg'ulot, PID-rostlagich, raqamli ta'lim muhiti.

Annotation. This paper proposes a methodology known as "Adaptive Multichannel Modeling of Control Loops" (AMMCL), designed for practical classes in the "Control Theory" course for students specializing in Mechatronics and Robotics within an inclusive education setting. The essence of the methodology lies in maintaining a unified engineering problem and consistent learning outcomes, while allowing for varied approaches to perceiving input data, modeling the controlled object, performing calculations, and presenting the results. The practical assignment centers on a real or simulated object—such as an electric motor, servo drive, robotic manipulator, or a temperature or position control system. Three interconnected task-execution pathways are provided: analytical-computational, visual-simulation, and adaptive-guided. The practical session follows a specific sequence: problem definition, object modeling, open-loop system analysis, controller synthesis, closed-loop simulation, transient response analysis, and engineering interpretation of the results. The methodology focuses not on simplifying the course content for students with special educational needs, but on removing barriers to achieving uniform professional outcomes.

Keywords. control theory, mechatronics, robotics, inclusive education, adaptive learning, modeling, automatic control system, practical session, PID controller, digital educational environment.

ВВЕДЕНИЕ

«Теория управления» относится к базовым профессиональным дисциплинам подготовки специалистов в области мехатроники и робототехники. Освоение данной дисциплины требует от студента одновременно владения математическим аппаратом, понимания физических процессов, умения анализировать структурные схемы, передаточные функции, временные характеристики и результаты компьютерного моделирования. В практическом занятии студент обычно проходит последовательность: **физический объект → математическая**

модель → передаточная функция → структурная схема → регулятор → переходный процесс → оценка качества управления.

Именно эта многокомпонентность создаёт определённые затруднения при организации инклюзивного обучения. Ограничение одного канала взаимодействия с учебным материалом не обязательно означает, что студент не способен понять закон регулирования или самостоятельно синтезировать систему управления. Однако традиционная форма занятия зачастую связывает инженерную компетентность с конкретным способом выполнения действия.

Современные исследования в области инженерного образования показывают расширение применения виртуальных и удалённых лабораторий для преподавания теории автоматического управления. Они позволяют исследовать реальные или моделируемые системы, изменять параметры регуляторов, наблюдать переходные процессы и выполнять эксперименты через цифровой интерфейс [1–3]. В исследованиях дистанционных лабораторий по systems and control подчёркивается также значение активной деятельности самого студента и переноса теории в практическую задачу [4].

На этой основе для практических занятий по дисциплине «Теория управления» предлагается методика **адаптивного многоканального моделирования контуров управления (АММКУ).**

Сущность методики АММКУ

Основной принцип методики формулируется следующим образом: **единая задача управления - единые критерии результата - вариативные способы выполнения.**

Например, всем студентам предлагается одна инженерная задача: Разработать систему автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока, обеспечивающую заданное время переходного процесса и допустимую величину перерегулирования. Профессиональный результат одинаков для всей группы. Студент должен:

- определить параметры объекта;
- построить математическую модель;
- сформировать передаточную функцию;
- исследовать исходную систему;
- выбрать структуру регулятора;
- определить или настроить его параметры;
- получить переходную характеристику;
- оценить показатели качества;
- объяснить влияние параметров регулятора на поведение системы.

Различается не конечная цель, а маршрут взаимодействия с учебным материалом. В рамках АММКУ предлагаются три маршрута.

1. Аналитико-расчётный маршрут - студент преимущественно работает с математическим представлением системы. Исходными элементами выступают дифференциальное уравнение объекта, передаточная функция, характеристическое уравнение и параметры регулятора.

Например: объект → математическая модель → $W(s)$ → замкнутый контур → настройка регулятора → показатели качества.

Студент самостоятельно выполняет необходимые преобразования и после расчёта проверяет результат в цифровой среде моделирования. Такой маршрут подходит

обучающимся, уверенно работающим с математическим аппаратом и символическими моделями.

2. Модельно-имитационный маршрут - студент начинает не с развёрнутых аналитических преобразований, а со структурной или имитационной модели объекта.

Например, на экране представлены: задающее воздействие → регулятор → электродвигатель → датчик скорости → обратная связь.

Изменяя коэффициенты регулятора, обучающийся непосредственно наблюдает изменения переходной характеристики. После экспериментального установления зависимостей осуществляется их математическое объяснение. Таким образом, траектория приобретает вид: модель → эксперимент → наблюдаемая зависимость → математическое объяснение → инженерный вывод. Особенно важно, что имитационное моделирование не заменяет теорию. Оно создаёт дополнительный канал её освоения.

Современные виртуальные лаборатории по системам контроля позволяют проводить именно такие эксперименты с изменением параметров системы без обязательного постоянного доступа к физическому оборудованию [2].

3. Адаптивно-сопровождаемый маршрут - третий маршрут предназначен для ситуации, когда студенту требуется дополнительная образовательная поддержка. Вместо полного решения предоставляется система последовательных ориентиров. Например:

Шаг 1.	• Определите входную и выходную величины объекта
Шаг 2.	• Выберите соответствующее математическое описание
Шаг 3.	• Постройте структурную схему
Шаг 4.	• Получите реакцию системы без регулятора
Шаг 5.	• Измените коэффициент пропорциональной составляющей
Шаг 6.	• Сравните переходные процессы
Шаг 7.	• Добавьте интегральную составляющую
Шаг 8.	• Объясните, какое изменение произошло и почему

Рисунок-1. Шаги маршрута сопровождения

Количество подсказок динамически сокращается по мере выполнения задания. Следовательно, адаптация происходит посредством регулирования объёма опоры, но не профессиональной сложности конечного результата.

Структура практического занятия - Практическое занятие по методике АММКУ предлагается проводить в шесть этапов.

Первый этап — инженерная постановка задачи - студент получает не абстрактное выражение для передаточной функции, а описание технической ситуации.

Например: «Необходимо обеспечить управление угловым положением звена роботизированного манипулятора. При существующих настройках наблюдаются значительное перерегулирование и длительный переходный процесс».

Студент должен определить:

- объект управления;
- управляющее воздействие;
- регулируемую величину;
- возмущение;
- обратную связь;
- основные требования к качеству регулирования.

Таким образом, математические действия сразу получают профессиональный смысл.

Второй этап — представление объекта управления - один объект представляется несколькими взаимосвязанными способами: **физический объект ↔ функциональная схема ↔ структурная схема ↔ математическая модель ↔ цифровая имитационная модель.**

Студент может переходить между представлениями и устанавливать соответствие между ними. Это особенно значимо в инклюзивной группе, поскольку необходимость работать только с одним форматом информации создаёт дополнительный барьер.

Третий этап — исследование исходной системы - студент получает переходную характеристику системы без корректирующего воздействия и определяет:

- устойчивость;
- время регулирования;
- перерегулирование;
- установившуюся ошибку;
- характер колебательности.

Результат может быть представлен графиком, цифровой таблицей параметров или другим доступным форматом.

Задача состоит не в том, чтобы визуально «узнать хороший график», а в интерпретации состояния системы управления.

Четвёртый этап — синтез или настройка регулятора - на следующем этапе вводится регулятор. Для базового практического занятия целесообразно использовать Р-, PI- или PID-регулятор. Студент последовательно изменяет параметры и определяет влияние каждого из них на процесс управления. Тем самым формируется связь: **параметр регулятора → изменение динамики системы → показатель качества → инженерное решение.**

Пятый этап — адаптивный эксперимент - Этот этап является центральным для предлагаемой методики. Студент получает индивидуальную модификацию исходной задачи.

Например:

- изменить момент нагрузки;
- увеличить инерцию объекта;
- изменить коэффициент передачи;
- добавить возмущение;
- изменить требуемое время регулирования;
- ввести ограничение на перерегулирование.

Если студент успешно решает задачу, объём подсказок уменьшается. Если возникает затруднение, система предоставляет промежуточную структурную схему, формулу, таблицу параметров или направляющий вопрос.

Так обеспечивается переход: полная поддержка → частичная поддержка → самостоятельное решение.

Шестой этап — инженерная рефлексия - практическое занятие заканчивается не графиком переходного процесса, а его объяснением.

Студент должен ответить:

- почему исходная система не удовлетворяла требованиям;
- какой параметр был изменён;
- почему изменение улучшило или ухудшило процесс;
- какие ограничения имеет выбранный регулятор;
- что произойдёт при изменении параметров самого объекта;
- можно ли предложить другое решение.

Это позволяет перейти от выполнения инструкции к пониманию принципов управления.

В методике АММКУ целесообразно разделить способ выполнения операции и проверяемую инженерную компетенцию. Если целью задания является выбор и настройка регулятора, то оцениваться должны обоснованность структуры регулятора, корректность параметров и интерпретация переходного процесса, а не скорость работы мышью или возможность физически изменить положение органа управления.

Поэтому практическая среда может предусматривать:

- клавиатурное управление;
- масштабируемое текстовое представление;
- таблицу числовых значений наряду с графиком;
- текстовое описание ключевых характеристик процесса;
- возможность повторного запуска моделирования;
- пошаговый режим;
- удалённый доступ к эксперименту;
- выполнение части операций ассистентом по инструкции студента;
- сохранение параметров и результатов эксперимента.

При этом конечные критерии для всех студентов сохраняются едиными.

Таблица 1.

Структура практического занятия по методике АММКУ

Этап	Деятельность студента	Адаптивный элемент		Результат
Постановка задачи	Анализ технической ситуации	Формат представления условия		Понимание задачи управления
Моделирование объекта	Построение модели	Выбор канала представления		Математическая/цифровая модель
Анализ системы	Исследование переходного процесса	График, структурированное описание	таблица,	Оценка качества управления
Настройка регулятора	Изменение параметров	Разный подсказок	объём	Работоспособный контур
Адаптивный эксперимент	Решение изменённой задачи	Повышение или снижение поддержки	или степени	Самостоятельное применение знаний

Рефлексия	Объяснение результата	Вариативная ответа	форма вывод	Инженерно обоснованный
-----------	--------------------------	-----------------------	----------------	---------------------------

Практический пример: рассмотрим практическое занятие «Исследование PID-регулятора в системе управления положением сервопривода».

Исходная проблема:

При перемещении звена роботизированного манипулятора в заданное положение наблюдаются колебания и превышение требуемого угла. Необходимо настроить систему управления таким образом, чтобы уменьшить перерегулирование и время установления.

Студент получает модель сервопривода.

На первом шаге исследуется система без корректировки.

На втором вводится Р-регулятор.

На третьем анализируется влияние коэффициента усиления.

После этого последовательно исследуется влияние интегральной и дифференциальной составляющих.

При аналитико-расчётном маршруте студент работает преимущественно с моделью и параметрами.

При модельно-имитационном — экспериментирует с цифровым объектом и затем объясняет обнаруженные зависимости.

При адаптивно-сопровождаемом — получает последовательные ориентиры и частично заполненные элементы схемы.

В конце все студенты должны представить один и тот же профессиональный результат: **настроенный контур + показатели качества + обоснование выбранных параметров регулятора.**

Следовательно, различаются условия движения к результату, но не сам результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая методика **адаптивного многоканального моделирования контуров управления (АММКУ)** ориентирована непосредственно на практические занятия по дисциплине «Теория управления» при подготовке студентов направления «Мехатроника и робототехника». Её основное отличие состоит в объединении инженерной задачи, математического анализа, компьютерного моделирования и адаптивной педагогической поддержки в рамках одного практического занятия. Методика предусматривает три взаимосвязанных маршрута — аналитико-расчётный, модельно-имитационный и адаптивно-сопровождаемый. Студент может использовать различные способы взаимодействия с объектом управления, однако должен достичь общих профессиональных результатов: построить модель, исследовать динамику системы, определить параметры регулятора, оценить показатели качества и аргументировать инженерное решение. В инклюзивном образовании такой подход позволяет реализовать принцип «адаптация способа действия без упрощения содержания инженерной задачи». Это создаёт условия для полноценного участия студентов с различными образовательными потребностями в практическом освоении теории автоматического управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Santos M., Duro N., Dormido R. et al. Hands-on Lab Practices on Control in a Distance Education University // IFAC-PapersOnLine. 2024. Vol. 58, No. 26. P. 37–42. DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.10.267.
2. A Virtual Laboratory for Control System Engineering // IFAC-PapersOnLine. 2024. Vol. 58, No. 26. P. 64–69. DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.10.272.
3. Álvarez Ariza J., Nomesqui Galvis C. RaspyControl Lab: A Fully Open-Source and Real-Time Remote Laboratory for Education in Automatic Control Systems Using Raspberry Pi and Python // HardwareX. 2023. Vol. 13. Article e00396. DOI: 10.1016/j.ohx.2023.e00396.
4. Van den Beemt A., Groothuysen S., Ozkan L. et al. Remote Labs in Higher Engineering Education: Engaging Students with Active Learning Pedagogy // Journal of Computing in Higher Education. 2023. Vol. 35. P. 320–340. DOI: 10.1007/s12528-022-09331-4.
5. Project-Based Learning for Control Education during COVID-19 Pandemic // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55, No. 17. P. 55–60. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.09.224.
6. Digital Control Education, Engaging and Skill-Oriented // IFAC-PapersOnLine. 2024. Vol. 58, No. 26. P. 88–93. DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.10.276.
7. Application of Industrial Remote Access Control Laboratory // IFAC-PapersOnLine. 2024. Vol. 58, No. 26. P. 130–135. DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.10.283.
8. **Атажонова С.Б.** Разработка новых интерактивных методов обучения технических предметов // *Известия Омского технологического университета*. — 2023. — № 2. — С. 193–199.
9. **Atajonova S.B.** Models and Mechanisms for Implementing an Inclusive Approach in Engineering Education Based on Artificial Intelligence // *International Journal of Pedagogics*. — 2025. — Vol. 5, Issue 5. — P. 110–114. DOI: **10.37547/ijp/Volume05Issue05-27**.

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА» В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Атажонова Саидахон Бораталиевна

доцент кафедры “Информационные технологии”

Андижанский государственный технический институт

e-mail: saidajon19820507@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9453-3120>

***Аннотация.** В работе рассматриваются методические подходы к организации инклюзивного обучения студентов направления «Мехатроника и робототехника» в техническом вузе. Специфика данного направления связана с необходимостью одновременно работать с механическими, электронными, программными и информационно-управляющими компонентами, что создаёт дополнительные барьеры для студентов с различными образовательными потребностями. На основе принципов Universal Design for Learning и современных исследований инклюзивного инженерного образования предложен комплекс методов, включающий мультимодальное освоение технического объекта, доступную цифровую лабораторию, ролевое проектирование мехатронных систем и адаптивное учебное сопровождение. Особое внимание уделено сохранению единых профессиональных*

результатов обучения при вариативности способов выполнения заданий. Показано, что инклюзивность в подготовке инженера должна реализовываться не посредством упрощения профессионального содержания, а посредством изменения формы представления информации, способов взаимодействия с техническим объектом, темпа выполнения и характера педагогической поддержки.

Ключевые слова: инклюзивное образование, технический вуз, мехатроника, робототехника, Universal Design for Learning, цифровая лаборатория, адаптивное обучение, инженерное образование, профессиональная подготовка.

Annotatsiya. Ushbu maqolada texnika universitetida mexatronika va robototexnika yo'nalishidagi talabalar uchun inklyuziv ta'limni tashkil etishning uslubiy yondashuvlari ko'rib chiqiladi. Mazkur sohaning o'ziga xosligi mexanik, elektron, dasturiy hamda axborot-boshqaruv komponentlari bilan bir vaqtda ishlashni talab etadi, bu esa turli xil ta'limiy ehtiyojlarga ega talabalar uchun qo'shimcha to'siqlarni yuzaga keltiradi. "O'qitishning universal dizayni" tamoyillari va inklyuziv muhandislik ta'limi bo'yicha zamonaviy tadqiqotlarga tayangan holda, bir qator usullar taklif etilmoqda. Ular texnik obyektlar bilan ko'p shaklli (multimodal) o'zaro muloqot, qulay foydalanish imkoniyatiga ega raqamli laboratoriya, rollarga asoslangan mexatronika tizimlarini loyihalash hamda moslashuvchan o'quv ko'magini o'z ichiga oladi. Bunda topshiriqlarni bajarishda turli yondashuvlarga yo'l qo'yilishi bilan birga, kasbiy ta'lim natijalarining barqarorligini ta'minlashga alohida e'tibor qaratiladi. Muhandislik ta'limida inklyuzivlikni joriy etish kasbiy mazmunni soddalashtirish orqali emas, balki axborotni taqdim etish shakli, texnik obyekt bilan o'zaro ta'sir usullari, topshiriqlarni bajarish sur'ati hamda pedagogik ko'mak xususiyatlarini o'zgartirish orqali amalga oshirilishi kerakligi ko'rsatib o'tilgan.

Kalit so'zlar. inklyuziv ta'lim, texnika universiteti, mexatronika, robototexnika, o'qitishning universal dizayni, raqamli laboratoriya, moslashuvchan ta'lim, muhandislik ta'limi, kasbiy tayyorgarlik.

Annotation. This paper examines methodological approaches to organizing inclusive education for students specializing in Mechatronics and Robotics at a technical university. The specific nature of this field entails the simultaneous handling of mechanical, electronic, software, and information-control components, which creates additional barriers for students with diverse educational needs. Drawing on the principles of Universal Design for Learning and contemporary research into inclusive engineering education, a set of methods is proposed, comprising multimodal exploration of a technical object, an accessible digital laboratory, role-based design of mechatronic systems, and adaptive instructional support. Particular attention is paid to maintaining consistent professional learning outcomes while allowing for variability in the methods used to complete tasks. It is demonstrated that inclusivity in engineering training should be achieved not by simplifying professional content, but by modifying the format of information presentation, the modes of interaction with technical objects, the pace of task execution, and the nature of pedagogical support.

Keywords. inclusive education, technical university, mechatronics, robotics, Universal Design for Learning, digital laboratory, adaptive learning, engineering education, professional training.

ВВЕДЕНИЕ

Расширение инклюзивного образования в высшей школе ставит перед техническими университетами задачу, которая значительно сложнее обеспечения физического доступа

студента в учебную аудиторию. Для полноценного участия в профессиональной подготовке необходимо сделать доступными сами способы получения технической информации, взаимодействия с лабораторным оборудованием, выполнения инженерного задания и представления полученного результата. Особую сложность эта задача приобретает при подготовке студентов направления «Мехатроника и робототехника». Обучающийся одновременно взаимодействует с механическими конструкциями, электронными компонентами, датчиками, приводами, микроконтроллерами, программными средствами, системами автоматического управления и интерфейсами. Следовательно, барьер, возникший хотя бы на одном из этих уровней, может ограничить участие студента во всей лабораторной или проектной работе.

Современные исследования показывают, что проблема доступности инженерного образования не должна сводиться исключительно к индивидуальным приспособлениям после возникновения затруднения. Систематический обзор Х.Н. Машвама и Б.И. Омодан, посвящённый студентам с инвалидностью в инженерном высшем образовании, подчёркивает значение универсального дизайна, доступной инфраструктуры, отношения преподавателей и институциональной поддержки [1]. Одной из перспективных методологических основ выступает Универсальный дизайн обучения (УДО). Т.М. Сумминг и М.С. Росе рассматривают UDL как средство первоначального проектирования курса таким образом, чтобы обучающая среда была доступна различным категориям студентов, а не адаптировалась только после выявления конкретного барьера [2]. При этом применение универсального дизайна в техническом образовании не означает снижения требований к результатам. Напротив, профессиональная задача должна сохраняться, тогда как способы её освоения и выполнения могут варьироваться. Поэтому основным принципом предлагаемого подхода является: единый профессиональный результат — вариативные способы его достижения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Цель работы состоит в обосновании комплекса методов инклюзивного обучения, учитывающих специфику подготовки студентов направления «Мехатроника и робототехника».

1. Специфика инклюзивного обучения мехатронике и робототехнике

Для традиционной теоретической дисциплины преподаватель может относительно легко представить один и тот же материал в нескольких форматах: текстовом, аудиальном или визуальном. Для мехатроники такой адаптации недостаточно.

Например, лабораторная работа по управлению роботизированным манипулятором предполагает, что студент должен:

- понять принцип действия системы;
- прочитать электрическую или функциональную схему;
- идентифицировать датчики и исполнительные механизмы;
- взаимодействовать с программным интерфейсом;
- изменить параметры управления;
- наблюдать реакцию физического объекта;
- интерпретировать полученные данные;
- сделать инженерный вывод.

Следовательно, объектом инклюзивного проектирования должен становиться весь цикл инженерной деятельности, а не только учебный текст.

Исследование Ж.Р. Амос и соавторов, охватившее инженерные дисциплины различных направлений, показало востребованность среди студентов с инвалидностью возможности использовать разные образовательные ресурсы, включая записи занятий с транскриптами, материалы преподавателя и ресурсы, доступные для автономной работы [3; 9]. Эти результаты подтверждают необходимость мультимодальной организации инженерного курса.

С учётом этого предлагается сочетать четыре метода.

2. Метод мультимодального освоения технического объекта

Сущность метода заключается в том, что один и тот же мехатронный объект представляется студенту одновременно в нескольких взаимосвязанных формах.

Например, для изучения роботизированного манипулятора предоставляются:

1. физический лабораторный объект;
2. трёхмерная или имитационная модель;
3. структурная схема;
4. текстовое описание алгоритма;
5. визуализированный поток сигналов;
6. цифровая таблица параметров;
7. пошаговая инструкция;
8. видеозапись функционирования системы с текстовым сопровождением.

При этом студент не обязан получать инженерную информацию исключительно одним способом.

Если взаимодействие с физическим элементом затруднено, часть предварительного исследования может выполняться на цифровой модели. Если сложна интерпретация длинной текстовой инструкции, она дополняется структурной схемой и последовательностью действий.

Такой подход согласуется с принципами UDL, предусматривающими вариативность способов представления содержания, вовлечения студента и демонстрации результата [2; 4]. Исследования применения UDL в высшем образовании также показывают значение постепенного представления информации, выделения ключевых элементов и возможности использовать разные формы учебного материала [4; 8].

Однако профессиональная цель задания не меняется.

Например, все студенты должны определить зависимость положения исполнительного механизма от управляющего сигнала. Различается не результат обучения, а **способ доступа к объекту и информации о нём**.

3. Метод доступной цифровой лаборатории

Следующим методом является организация лабораторной деятельности на основе взаимодополняющего использования физического и цифрового объектов.

Структуру такой лаборатории можно представить следующим образом: реальный мехатронный объект ↔ цифровая модель ↔ программный интерфейс ↔ данные измерений ↔ средства анализа.

Студент получает возможность выполнить часть операций непосредственно на установке, а часть — через компьютерную модель или удалённый интерфейс.

Например, при изучении системы автоматического регулирования скорости электродвигателя можно обеспечить несколько способов работы:

- изменение параметров физического регулятора;
- изменение параметров через программный интерфейс;

- моделирование процесса;
- анализ предварительно полученного набора экспериментальных данных;
- удалённое наблюдение за результатом изменения управляющего воздействия.

Это особенно важно для дисциплин, где пространственные, сенсорные или моторные особенности студента могут затруднять отдельную физическую операцию, хотя интеллектуальная задача полностью ему доступна.

С методической точки зрения цифровая лаборатория не должна превращаться в средство освобождения студента от инженерной деятельности. Напротив, она должна предоставить альтернативный канал выполнения профессионально значимой операции. Например, если студент не может самостоятельно переставить датчик, профессиональной задачей для него остаются выбор положения датчика, определение параметров измерения, анализ сигнала и интерпретация результата. Физическое действие при необходимости может выполняться ассистентом или членом учебной группы по инструкции самого студента.

Следовательно, необходимо разделять: **инженерное решение и физическую операцию по его реализации**. Именно инженерное решение является основным предметом педагогической оценки.

4. Метод ролевого проектирования мехатронной системы

Лабораторная и проектная деятельность в робототехнике естественным образом предполагает командное взаимодействие. Однако простое объединение студентов в группы ещё не создаёт инклюзивную среду. Существует риск, что студент, которому трудно выполнять отдельные физические операции, фактически превращается в наблюдателя. Для предотвращения этого предлагается **метод ролевого проектирования**, при котором инженерный проект заранее разделяется на профессионально значимые роли.

Например, в проекте **«Мобильный робот для контроля параметров помещения»** могут быть выделены следующие функции:

- системный проектировщик;
- разработчик алгоритма;
- специалист по датчикам;
- программист;
- специалист по обработке данных;
- оператор цифровой модели;
- специалист по тестированию;
- аналитик результатов.

Каждая роль имеет измеримый профессиональный продукт. Это позволяет студенту участвовать в общей инженерной задаче не формально, а через выполнение полноценной части проекта. При этом роли не закрепляются постоянно. По мере освоения дисциплины они могут изменяться. Такой подход важен ещё и потому, что профессиональная мехатроника сама по себе является междисциплинарной областью. Реальная робототехническая система редко создаётся одним специалистом, поэтому распределение инженерных функций соответствует не только целям инклюзии, но и реальной профессиональной практике.

5. Метод адаптивного сопровождения инженерного действия

Четвёртый метод предполагает изменение объёма педагогической поддержки в зависимости от характера затруднения студента.

Вместо единой инструкции используются несколько уровней поддержки:

I уровень — ориентирующий. Студенту сообщаются задача, объект и критерии результата.

II уровень — направляющий. Предоставляется последовательность основных этапов или контрольные вопросы.

III уровень — инструментальный. Предлагается часть схемы, программный шаблон, пример настройки или дополнительная визуализация.

IV уровень — сопровождающий. Преподаватель, тьютор либо ассистент обеспечивает пошаговую поддержку при сохранении за студентом принятия основных инженерных решений.

Принципиально важно, что повышение уровня поддержки не должно автоматически означать снижение сложности профессиональной задачи. Например, студент может получить дополнительную визуализацию алгоритма управления, но самостоятельно определить параметры регулятора.

Тем самым реализуется подход: **«адаптируется поддержка, а не профессиональная цель».**

Современный анализ инклюзивной практики STEM-образования показывает, что создание доступной среды требует сочетания организационной гибкости и педагогических действий преподавателя [5].

Таблица 1.

Методы инклюзивного обучения студентов направления «Мехатроника и робототехника»

Метод	Основная идея	Пример реализации	Профессиональный результат
Мультимодальное освоение объекта	Один объект представлен в нескольких формах	Физический робот + модель + схема + цифровые данные	+ Понимание структуры и принципа действия
Доступная цифровая лаборатория	Альтернативные способы взаимодействия с установкой	Реальный стенд / симулятор / удалённый интерфейс	Выполнение лабораторного исследования
Ролевое проектирование	Участие через профессионально значимую роль	Программист, проектировщик, тестировщик	Командное инженерное проектирование
Адаптивное сопровождение	Изменяется объём поддержки, но не конечная цель	Подсказки, тьюторское сопровождение	Самостоятельное решение инженерной задачи

6. Интеграция методов в учебное занятие

Предлагаемые методы целесообразно применять не отдельно, а как единую последовательность.

На первом этапе преподаватель представляет мехатронный объект в нескольких доступных форматах.

На втором студент выбирает или получает доступный способ взаимодействия с объектом.

На третьем определяется профессиональная роль в индивидуальном или командном задании.

На четвёртом выполняется инженерная деятельность при необходимом уровне педагогической поддержки.

На пятом результат оценивается по единым профессиональным критериям.

Общий цикл можно представить следующим образом:



Рисунок-1. Цикл внедрения предлагаемых методов

Таким образом, инклюзивная технология не создаёт отдельную образовательную программу для каждого студента. Она формирует достаточно гибкую учебную среду, внутри которой различные обучающиеся могут достигать общих профессиональных результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация инклюзивного обучения по направлению «Мехатроника и робототехника» требует учитывать сложную структуру инженерной деятельности, объединяющей взаимодействие с физическим оборудованием, программирование, моделирование и анализ технических данных. Предлагаемый комплекс включает мультимодальное освоение технического объекта, доступную цифровую лабораторию, ролевое проектирование и адаптивное сопровождение инженерного действия.

Их объединяет принцип сохранения профессиональной сложности при вариативности способов достижения результата. Инклюзивность в данном случае не должна пониматься как упрощение лабораторной работы или уменьшение требований к студенту. Её смысл заключается в устранении барьеров, которые не связаны непосредственно с проверяемой профессиональной компетенцией. Так, если оценивается способность разработать алгоритм управления роботизированной системой, ограничение физического взаимодействия с отдельными элементами стенда не должно препятствовать демонстрации этой компетенции.

Аналогично, дополнительная визуальная, цифровая или тьюторская поддержка не уменьшает ценность результата, если инженерное решение принимается самим студентом.

Перспективой дальнейшего исследования является разработка системы диагностических критериев, позволяющих для каждого лабораторного или проектного задания определять необходимый уровень цифровой, организационной и педагогической поддержки и оценивать её влияние на формирование профессиональных компетенций студентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mashwama X.N., Omodan B.I. Breaking Barriers: A Systematic Review of Inclusive Practices in Higher Education for Engineering Students with Disabilities // *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 2024. Vol. 23, No. 7. P. 228–249. DOI: 10.26803/ijlter.23.7.12.
2. Cumming T.M., Rose M.C. Exploring Universal Design for Learning as an Accessibility Tool in Higher Education: A Review of the Current Literature // *The Australian Educational Researcher*. 2022. Vol. 49. P. 1025–1043. DOI: 10.1007/s13384-021-00471-7.
3. Amos J.R., Zhang Z., Angrave L., Liu H., Shen Y. A UDL-Based Large-Scale Study on the Needs of Students with Disabilities in Engineering Courses // *2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*. 2021. DOI: 10.18260/1-2--36627.
4. Barrera Ciurana M., Moliner García O. ‘How Does Universal Design for Learning Help Me to Learn?’: Students with Autism Spectrum Disorder Voices in Higher Education // *Studies in Higher Education*. 2024. Vol. 49, No. 6. P. 899–912. DOI: 10.1080/03075079.2023.2259932.
5. Duncan V.L., Holt E.A., Keenan S.M. Creating an Equitable and Inclusive STEM Classroom: A Qualitative Meta-Synthesis of Approaches and Practices in Higher Education // *Frontiers in Education*. 2023. Vol. 8. Article 1154652. DOI: 10.3389/educ.2023.1154652.
6. Varadhan S., Ding X., Zhao D.L., Agarwal A., Dalpiaz D., Vogiatzis C., Huang Y., Angrave L., Liu H. Opportunities and Barriers to UDL-Based Course Designs for Inclusive Learning in Undergraduate Engineering and Other STEM Courses // *2023 ASEE Annual Conference & Exposition*. 2023. DOI: 10.18260/1-2--43797.
7. Espada-Chavarria R., González-Montesino R.H., López-Bastías J.L., Díaz-Vega M. Universal Design for Learning and Instruction: Effective Strategies for Inclusive Higher Education // *Education Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 6. Article 620. DOI: 10.3390/educsci13060620.
8. **Атажонова С.Б.** Инклюзивно-цифровая модель инженерного образования: теория, методология и практика внедрения: монография. — 2026. — 140 с. ISBN 978-9910-11-860-9.
9. **Атажонова С.Б.** Разработка инновационного метода «Адаптивно-цифровая траектория обучения (АЦТО)» для студентов с ОВЗ в технических вузах // *Профессиональное образование*. — 2025. — № 7. — С. 165–169.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Ядгаров Нодир Джалолович¹

¹Бухарский государственный педагогический институт, Бухара, Узбекистан

e-mail: nodirbekyadgarov@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности применения технологий смешанного обучения (*Blended Learning*) в системе высшего образования. Целью исследования является анализ эффективности интеграции цифровых образовательных платформ и традиционных аудиторных занятий для повышения академической успеваемости и вовлеченности студентов. В работе использованы методы сравнительного анализа, анкетирования и педагогического эксперимента. В результате исследования доказано, что применение модели «перевернутый класс» (*Flipped Classroom*) способствует развитию навыков критического мышления, самостоятельной работы и повышает уровень усвоения учебного материала на 18–22 %. Сделан вывод о необходимости системной подготовки преподавательского состава и адаптации электронных образовательных ресурсов.

Ключевые слова: смешанное обучение, цифровизация образования, перевернутый класс, образовательные технологии, мотивация студентов, высшая школа.

Abstract. This article examines the features of applying blended learning technologies in the higher education system. The aim of the study is to analyze the effectiveness of integrating digital educational platforms and traditional classroom sessions to enhance students' academic performance and engagement. Comparative analysis, survey, and pedagogical experiment methods were utilized in the work. The results demonstrate that the implementation of the Flipped Classroom model fosters the development of critical thinking skills, self-directed learning, and increases material retention by 18–22 %. The study concludes with the necessity of systematic faculty training and the adaptation of electronic educational resources.

Keywords: blended learning, digitalization of education, flipped classroom, educational technologies, student motivation, higher education.

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy ta'lim tizimida aralash ta'lim (*Blended Learning*) texnologiyalarini qo'llash xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Tadqiqotning maqsadi talabalarining akademik o'zlashtirishi va jalb qilinganligini oshirish uchun raqamli ta'lim platformalari va an'anaviy auditoriya mashg'ulotlarini integratsiyalash samaradorligini tahlil qilishdan iborat. Ishda qiyosiy tahlil, anketalash va pedagogik eksperiment usullaridan foydalanildi. Tadqiqot natijasida «to'ntarilgan sinf» (*Flipped Classroom*) modelini qo'llash tanqidiy fikrlash ko'nikmalarini va mustaqil ishni rivojlantirishga hamda o'quv materialini o'zlashtirish darajasini 18–22 % ga oshirishga xizmat qilishi isbotlandi. O'qituvchilar tarkibini tizimli tayyorlash va elektron ta'lim resurslarini moslashtirish zarurligi to'g'risida xulosa chiqarildi.

Kalit so'zlar: aralash ta'lim, ta'limni raqamlashtirish, to'ntarilgan sinf, ta'lim texnologiyalari, talabalar motivatsiyasi, oliy maktab.

ВВЕДЕНИЕ

современный этап развития высшего профессионального образования характеризуется активным внедрением цифровых технологий и переосмыслением традиционных педагогических методов. Трансформация образовательной среды требует поиска новых форм организации учебного процесса, которые позволяют не только передавать теоретические знания, но и формировать у студентов компетенции XXI века: критическое мышление, способность к самообучению и командной работе. Одной из наиболее перспективных концепций в данном контексте выступает смешанный формат обучения (Blended Learning), совмещающий преимущества очного преподавания и электронных образовательных ресурсов [1, с. 45]. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью устранения противоречия между высоким потенциалом цифровых средств и недостаточной разработанностью методических моделей их эффективной интеграции в академический процесс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

в качестве материально-методической базы исследования выступали электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) на базе LMS Moodle, а также учебные группы студентов бакалавриата (всего 120 человек). В ходе эксперимента группа была разделена на контрольную (60 человек, традиционное обучение) и экспериментальную (60 человек, обучение по модели «перевернутый класс»).

Методология включает педагогическое тестирование, анкетирование для оценки уровня мотивации, а также статистическую обработку результатов. Для количественной оценки уровня усвоения материала использовался интегральный коэффициент эффективности обучения E , рассчитываемый по формуле:

$$E = \frac{K_1 \cdot S_{ex} + K_2 \cdot M}{S_{cl}} \quad (1)$$

Где S_{ex} — средний балл за практические задания экспериментальной группы; M — показатель самостоятельной активности в ЭИОС; S_{cl} — средний балл контрольной группы; K_1 и K_2 — весовые коэффициенты ($K_1 = 0,6$, $K_2 = 0,4$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ:

в ходе педагогического эксперимента, проходившего в течение одного академического семестра, были получены данные, подтверждающие положительное влияние смешанного обучения на динамику успеваемости. В экспериментальной группе, где теоретический материал изучался студентами самостоятельно через интерактивные видеолекции и тесты до начала занятий, аудиторное время было полностью посвящено решению кейсов, дискуссиям и проектной работе.

Сравнительный анализ итогового тестирования показал, что средний балл успеваемости в экспериментальной группе составил 84,2 из 100 возможных, в то время как в контрольной группе этот показатель остановился на отметке 71,5 балла. Вычисленный по формуле (1) коэффициент эффективности E составил 1,21, что свидетельствует о превосходстве предлагаемой методики на 21 %.

Кроме того, результаты анкетирования продемонстрировали рост внутренней мотивации у 78 % студентов экспериментальной группы, что объясняется возможностью изучать материал в индивидуальном темпе и получать оперативную обратную связь от преподавателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

результаты проведенного исследования подтверждают высокую эффективность применения моделей смешанного обучения в современном вузе. Интеграция цифровых технологий позволяет сместить акцент с *passive*-обучения на активное освоение знаний, стимулируя самостоятельность и познавательный интерес студентов. Тем не менее успешная реализация данной технологии требует решения задач, связанных с повышением цифровой грамотности преподавателей и качественным проектированием электронного контента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, А. А. Педагогика высшей школы. Новый курс. — М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2018. — 264 с.
2. Краснова, Т. И. Смешанное обучение в системе высшего образования // Концепт. — 2021. — Т. 12, № 4. — С. 112–120.
3. Полат, Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. — М.: Академия, 2020. — 368 с.
4. Роберт, И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. — 352 с.
5. Beyer, A. Blended Learning, Flipped Classroom, and Peer Teaching as a Combination to Meet the Increasing Diversity in Higher Education // International Journal of Information and Education Technology. — 2024. — Vol. 14, No. 2. — P. 310–317.
6. Tomashevskaya, M. Flipped learning: enhancing education // Scientific Journal of Virtus. — 2024. — Vol. 63, No. 2. — P. 91–95.

RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA AXBOROT XAVFLARINI BOSHQARISH MUAMMOSINING DOLZARBLIGI

Islamova Dildora Sultanovna

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli texnologiyalar jadal rivojlanayotgan sharoitda axborot xavfsizligini ta'minlash va axborot xavflarini boshqarish muammosining dolzarbligi ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Axborot xavflarining asosiy turlari, ularning kelib chiqish omillari hamda tashkilot faoliyatiga ta'siri o'rganilgan. Shuningdek, risklarni boshqarishning zamonaviy yondashuvlari, baholash usullari va ularni kamaytirish strategiyalari tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida raqamli muhitda axborot xavflarini samarali boshqarish uchun kompleks yondashuv zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: axborot xavfsizligi, risk, risklarni boshqarish, raqamli texnologiyalar, kiberxavfsizlik, IoT, Big Data, sun'iy intellekt.

Аннотация. В данной статье проводится научный анализ актуальности обеспечения информационной безопасности и управления информационными рисками в условиях стремительного развития цифровых технологий. Рассмотрены основные виды информационных рисков, факторы их возникновения, а также их влияние на деятельность

организаций. Кроме того, проанализированы современные подходы к управлению рисками, методы их оценки и стратегии снижения. По результатам исследования обоснована необходимость комплексного подхода к эффективному управлению информационными рисками в цифровой среде.

Ключевые слова: информационная безопасность, риск, управление рисками, цифровые технологии, кибербезопасность, IoT, Big Data, искусственный интеллект.

Abstract. This article provides a scientific analysis of the relevance of ensuring information security and managing information risks in the context of the rapid development of digital technologies. The main types of information risks, the factors contributing to their emergence, and their impact on organizational activities are examined. In addition, modern approaches to risk management, risk assessment methods, and risk mitigation strategies are analyzed. The research findings substantiate the necessity of an integrated approach to the effective management of information risks in the digital environment.

Keywords: information security, risk, risk management, digital technologies, cybersecurity, IoT, Big Data, artificial intelligence.

O'zbekistonda amalga oshirilayotgan keng ko'lamli raqamli transformatsiya jarayonlari ham axborot xavfsizligini ta'minlash masalasiga yangicha yondashuvni talab etmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi PF-158-son Farmoni bilan tasdiqlangan "O'zbekiston – 2030" strategiyasida mamlakatni uzoq muddatli rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari belgilangan bo'lib, barqaror iqtisodiy o'sish orqali aholi farovonligini ta'minlash strategik yo'nalishlardan biri sifatida qayd etilgan [1]. 2026-yilda mazkur strategiyani global o'zgarishlar va yangi chaqiriqlarga uyg'unlashtirish bo'yicha qo'shimcha choralar ham belgilandi. Bunday sharoitda davlat va xo'jalik boshqaruvi organlari, sanoat korxonalari, tijorat tashkilotlari hamda boshqa subyektlarda raqamli texnologiyalardan foydalanish samaradorligi ko'p jihatdan axborot infratuzilmasining ishonchliligi va xavfsizligiga bog'liqdir.

Raqamlashtirish jarayonlarining jadallashuvi natijasida tashkilotlarning moddiy aktivlari qatorida axborot ham muhim iqtisodiy va strategik qiymatga ega aktiv sifatida qaralmoqda. Ma'lumotlar bazalari, dasturiy ta'minot, serverlar, kompyuter tarmoqlari, bulutli xizmatlar, mobil qurilmalar, elektron hujjatlar, intellektual mulk obyektlari, biznes jarayonlariga oid ma'lumotlar va boshqa axborot resurslari tashkilot faoliyatining uzluksizligini ta'minlashda muhim o'rin egallaydi. Mazkur aktivlarning yo'qotilishi, buzilishi, oshkor etilishi yoki ulardan ruxsatsiz foydalanilishi tashkilot faoliyatiga moliyaviy, tashkiliy, huquqiy va reputatsion zarar yetkazishi mumkin.

Axborot xavfsizligi tushunchasi axborotning faqat texnik vositalar yordamida himoyalinishini anglatmaydi. Zamonaviy yondashuvda axborot xavfsizligi tashkilotning axborot aktivlarini turli tahdid va salbiy ta'sirlardan himoya qilish, ularning maxfiyligi, yaxlitligi va mavjudligini talab etilgan darajada ta'minlashga qaratilgan tashkiliy, huquqiy, texnik va boshqa choralar majmuini qamrab oladi. Shu nuqtai nazardan axborot xavfsizligi tashkilotning umumiy boshqaruv tizimi bilan uzviy bog'liq bo'lib, uning barqarorligi, raqobatbardoshligi va faoliyatining uzluksizligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Zamonaviy axborot muhitining murakkablashib borishi axborot xavfsizligini mutlaq darajada ta'minlash amaliy jihatdan mumkin emasligini ko'rsatadi. Har qanday axborot tizimida ma'lum darajadagi noaniqlik, tahdid va zaifliklar mavjud bo'lishi mumkin. Shuning uchun axborot xavfsizligini boshqarishda barcha tahdidlarni butunlay bartaraf etishga intilishdan ko'ra, ular bilan

bog'liq risklarni aniqlash, tahlil qilish, baholash va maqbul darajagacha kamaytirishga asoslangan yondashuv muhim ahamiyat kasb etadi. Aynan shu jihat axborot xavfsizligi risklarini boshqarishni tashkilotning umumiy xavfsizlik tizimining asosiy elementlaridan biriga aylantiradi.

Axborot xavfsizligi riski tashkilotning axborot aktivlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan hodisalar va ularning ehtimoliy oqibatlari bilan bog'liq noaniqlikni ifodalaydi. Riskning yuzaga kelishi, odatda, muayyan aktiv, unga ta'sir etishi mumkin bo'lgan tahdid, mavjud zaiflik, tahdidning amalga oshirish ehtimoli va yuzaga keladigan oqibatlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik bilan tavsiflanadi. Shu sababli axborot xavfsizligi risklarini o'rganishda alohida tahdid yoki zaiflikni aniqlashning o'zi yetarli emas. Ularning tashkilot aktivlari va biznes jarayonlariga mumkin bo'lgan ta'sirini kompleks baholash talab etiladi.

Tashkilotlarning axborot tizimlari va tarmoqlari turli xususiyatga ega bo'lgan tahdidlar ta'sirida faoliyat yuritadi. Bunday tahdidlar inson omili, dasturiy va texnik nosozliklar, noto'g'ri konfiguratsiyalar, zararli dasturlar, ruxsatsiz kirish, ijtimoiy muhandislik, xizmat ko'rsatishni rad etishga qaratilgan hujumlar, ma'lumotlarning yo'qotilishi yoki oshkor bo'lishi, tabiiy va texnogen hodisalar hamda boshqa omillar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shu bilan birga, zamonaviy axborot infratuzilmasining o'zaro bog'liqligi bir tizimdagi xavfsizlik muammosining boshqa tizimlar va biznes jarayonlariga ham ta'sir ko'rsatish ehtimolini oshiradi.

Axborot xavfsizligiga tahdidlarning shakli va amalga oshirish usullari texnologik taraqqiyot bilan birga muntazam ravishda o'zgarib bormoqda. Bulutli hisoblash texnologiyalari, Internet of Things (IoT), mobil qurilmalar, masofadan ishlash vositalari, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlari hamda sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi tashkilotlarga yangi imkoniyatlar yaratish bilan birga, yangi turdagi axborot xavfsizligi risklarini ham yuzaga keltirmoqda. Shu sababli ilgari samarali hisoblangan xavfsizlik chorasi yoki risk bahosi ma'lum vaqt o'tgach o'z dolzarbligini yo'qotishi mumkin.

Bunday sharoitda axborot xavfsizligi risklarini boshqarish alohida bir texnik vazifa emas, balki tashkilotning strategik va operatsion boshqaruvi bilan bog'langan uzluksiz jarayon sifatida qaralishi lozim. Risklarni boshqarish orqali tashkilot o'z faoliyati uchun muhim bo'lgan axborot aktivlarini aniqlaydi, ularga ta'sir etuvchi tahdid va zaifliklarni o'rganadi, yuzaga kelishi mumkin bo'lgan salbiy oqibatlarni baholaydi hamda mavjud resurslardan kelib chiqqan holda tegishli xavfsizlik choralarini belgilaydi.

Axborot xavfsizligi risklarini boshqarishga tizimli yondashuv tashkilotning xavfsizlik bo'yicha qarorlarini faqat subyektiv fikr yoki alohida hodisalarga javob qaytarish asosida emas, balki aniqlangan va baholangan risklarga tayangan holda qabul qilish imkonini beradi. Bu esa xavfsizlik choralarini ustuvorlashtirish, cheklangan moliyaviy va texnik resurslarni oqilona taqsimlash hamda tashkilot uchun eng muhim bo'lgan aktivlarni birinchi navbatda himoya qilishga yordam beradi. Zamonaviy korporativ tizimlarda axborot xavflarini boshqarish nafaqat texnik, balki tashkiliy va strategik masala sifatida ham qaralmoqda. Tashkilotlar faoliyatining uzluksizligini ta'minlash, moliyaviy yo'qotishlarning oldini olish, mijozlar ishonchini saqlab qolish hamda amaldagi me'yoriy-huquqiy talablarni bajarish uchun axborot xavflarini samarali boshqarish mexanizmlarini joriy etish zarur hisoblanadi. Shu sababli ISO/IEC 27005, NIST Risk Management Framework va boshqa xalqaro standartlar asosida risklarni aniqlash, baholash, monitoring qilish hamda ularni kamaytirish bo'yicha kompleks yondashuvlar ishlab chiqilmoqda.

Bundan tashqari, an'anaviy risklarni boshqarish usullari zamonaviy raqamli muhitda yuzaga kelayotgan murakkab va dinamik tahdidlarni to'liq qamrab ololmayapti. Shu bois sun'iy intellekt, mashinaviy o'qitish, ekspert tizimlari va intellektual tahlil texnologiyalariga asoslangan yangi

risklarni boshqarish modellarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi. Zamonaviy tadqiqotlarda raqamli transformatsiya muvaffaqiyati bevosita axborot xavfsizligi risklarini boshqarish tizimining samaradorligiga bog'liq ekanligi ta'kidlanmoqda.

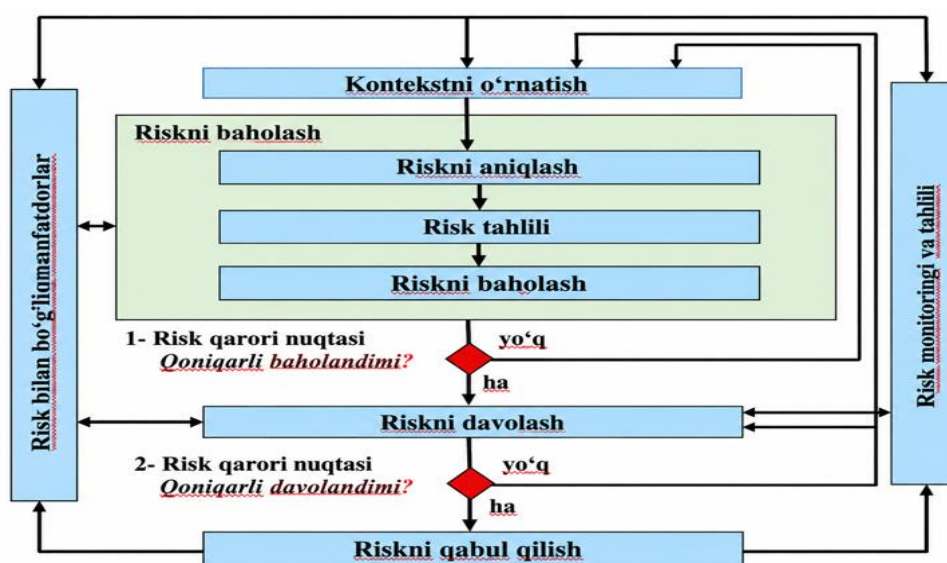
Shunday qilib, raqamli transformatsiya sharoitida axborot xavflarini boshqarish muammosi ilmiy va amaliy jihatdan alohida ahamiyat kasb etmoqda. Korporativ axborot tizimlarida yuzaga keladigan xavflarni o'z vaqtida aniqlash, baholash va ularni kamaytirishning samarali usul hamda algoritmlarini ishlab chiqish axborot xavfsizligini ta'minlashning muhim shartlaridan biri hisoblanadi. Mazkur holat ushbu tadqiqot mavzusining dolzarbligini belgilaydi va axborot xavflarini intellektual boshqarish modellarini ishlab chiqish zaruratini asoslaydi.

Zamonaviy tadqiqotlarda axborot xavflarining asosiy manbalari sifatida quyidagilar asosiy manbaa deb o'rganiladi:

- inson omili (xodimlar xatolari);
- texnik nosozliklar;
- zararli dasturlar (malware);
- tarmoq hujumlari.

Shuningdek, ilmiy tadqiqot ishlar kesimida risklarni boshqarish jarayoni:

- riskni aniqlash;
- riskni tahlil qilish;
- riskni baholash;
- riskni kamaytirish;
- riskni monitoring qilish tadqiq etiladi (1-rasm).



1-rasm. Axborot xavfsizligi risklarini boshqarish jarayoni.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, raqamli texnologiyalar rivojlanishi bilan birga axborot xavflari ham dinamik ravishda o'zgarib bormoqda. Shu sababli, an'anaviy risk boshqaruvi usullari yetarli bo'lmay, zamonaviy va moslashuvchan yondashuvlarni talab etadi [3].

Amaliyotda quyidagi muammolar ko'p uchraydi:

- kadrlar malakasining yetarli emasligi
- zamonaviy texnologiyalarni noto'g'ri joriy etish
- xavfsizlik siyosatining yo'qligi

–moliyaviy cheklovlar

Shu sababli tashkilotlar kompleks yondashuvni qo'llashi zarur.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, axborot xavflari soni va murakkabligi ortib bormoqda. Ayniqsa, raqamli texnologiyalar keng joriy etilayotgan sharoitda xavflarni boshqarish tizimi yetarli darajada rivojlanmagan bo'lsa, katta yo'qotishlarga olib kelishi mumkin [5].

Xulosa qilib aytganda, raqamli texnologiyalar davrida axborot xavflarini boshqarish muammosi nihoyatda dolzarb hisoblanadi. Tadqiqot natijalariga asoslanib quyidagi takliflar beriladi:

–zamonaviy risk boshqaruvi tizimlarini joriy etish;

–xodimlar malakasini oshirish;

–xalqaro standartlarni qo'llash;

–axborot xavfsizligi siyosatini ishlab chiqish;

–doimiy monitoring tizimini yaratish;

Har qanday korporativ tizimning tijorat maqsadlarini samarali amalga oshirishda axborot xavfsizligi muammolariga shubhasiz duch keladi. O'z xavfsizligini ta'minlamasdan tijorat faoliyatini amalga oshirish esa deyarli imkonsiz bo'lib qolmoqda. Har qanday tashkilotning yuqori rahbariyati tomonidan axborot xavfsizligini boshqarish tizimini ishlab chiqish bosqichida va axborot risklarini boshqarish jarayonida zamonaviy muammolarni e'tibor markazidan qoldirmagan xolda ishlab chiqilsa va amalda to'g'ri tatbiq qilinsa samarali natijalarga erishishi mumkin bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. 2023 yil 11 sentabrdagi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «O'zbekiston - 2030» strategiyasi to'g'risida»gi 158-son farmoni.

2. Axborot xavfsizligi risklari.-SH.Normatov, Y.Sharifov, - "Ijtimoiy sohalarni raqamlashtirishda innovatsion texnologiyalarning o'rni va ahamiyati" Respublika ilmiy-amaliy anjumani ma'ruzalar to'plami 2020 yil 29-30 aprel. 379 bet.

3. Исламова, Д. С. (2024). Управление информационными рисками и «уровень зрелости» корпоративных систем. Экономика и социум, (5-1 (120)), 1983-1988.

4. O'z Dst ISO/IEC 27005:2013 «Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Управления рисками информационной безопасности».

5. <https://www.rapid7.com/fundamentals/information-security-risk-management>.

ADAPTIV FILTR TARKIBIDA SUN'IY NEYRON TARMOQ'IGA EGA BO'LGAN ADAPTIV GIBRID FILTRLASH ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQISH

Zaripova Shahlo Olimovna- dotsenti, zaripovashahlo87@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti, tel: +998919560750, Qarshi sh.

Gulboyev Temurbek Jo'rabekovich - Qarshi davlat texnika universiteti talabasi

***Annotatsiya:** Ushbu maqolada raqamli signallarni shovqindan tozalash masalasini hal qilish uchun adaptiv filtr va sun'iy neyron tarmog'i asosida gibrid filtrlash algoritmini ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqiladi. An'anaviy adaptiv filtrlar signalning statistik xususiyatlari o'zgarishiga moslasha olsada, murakkab nochiziqli shovqinlarni qayta ishlashda ularning imkoniyatlari cheklangan. Sun'iy neyron tarmoqlari esa signal tarkibidagi murakkab va nochiziqli bog'lanishlarni aniqlash imkonini beradi. Shu sababli maqolada LMS yoki NLMS algoritmi asosidagi adaptiv filtrni*

ko'p qatlamli sun'iy neyron tarmog'i bilan birlashtirishga asoslangan gibridd yondashuv taklif etiladi. Ishlab chiqilgan algoritmnining ishlash prinsipi, matematik modeli, bosqichlari va samaradorlikni baholash mezonlari keltirilgan. Taklif etilayotgan yondashuv audio, nutq, tibbiy va telekommunikatsiya signallarini qayta ishlashda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: *adaptiv filtr, sun'iy neyron tarmog'i, gibridd filtr, LMS, NLMS, signalni qayta ishlash, shovqinni kamaytirish, raqamli signal, MSE, SNR.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается разработка алгоритма гибридной фильтрации на основе адаптивного фильтра и искусственной нейронной сети для решения задачи очистки цифровых сигналов от шумов. Хотя традиционные адаптивные фильтры могут адаптироваться к изменению статистических характеристик сигнала, их возможности при обработке сложных нелинейных шумов ограничены. Искусственные нейронные сети позволяют определять сложные и нелинейные связи в составе сигнала. Поэтому в статье предлагается гибридный подход, основанный на сочетании адаптивного фильтра на основе алгоритма LMS или NLMS с многослойной искусственной нейронной сетью. Приведены принцип работы, математическая модель, этапы и критерии оценки эффективности разработанного алгоритма. Предлагаемый подход может быть применен при обработке аудио-речевых, медицинских и телекоммуникационных сигналов.*

Ключевые слова: *адаптивный фильтр, искусственная нейронная сеть, гибридный фильтр, LMS, NLMS, обработка сигнала, шумоподавление, цифровой сигнал, MSE, SNR.*

Abstract: *This article examines the development of a hybrid filtering algorithm based on an adaptive filter and an artificial neural network to solve the problem of cleaning digital signals from noise. Although traditional adaptive filters can adapt to changes in signal statistical characteristics, their capabilities in processing complex nonlinear noises are limited. Artificial neural networks allow for the determination of complex and nonlinear connections within the signal composition. Therefore, the article proposes a hybrid approach based on combining an adaptive filter based on an LMS or NLMS algorithm with a multi-layered artificial neural network. The operating principle, mathematical model, stages, and criteria for evaluating the effectiveness of the developed algorithm are presented. The proposed approach can be applied when processing audio-speech, medical, and telecommunication signals.*

Keywords: *adaptive filter, artificial neural network, hybrid filter, LMS, NLMS, signal processing, noise suppression, digital signal, MSE, SNR.*

Raqamli signalni qayta ishlashda shovqinlarni kamaytirish va foydali signalni ajratib olish muhim masalalardan biridir. Oddiy filtrlarning asosiy kamchiligi shundaki, ular signal va shovqin xususiyatlari o'zgarib turganda yetarlicha samarali ishlamasligi mumkin. Adaptiv filtrlar esa kiruvchi signal xususiyatlariga qarab o'z parametrlarini avtomatik ravishda o'zgartiradi. Sun'iy neyron tarmoqlar esa murakkab, nohiziqli bog'lanishlarni aniqlash va o'rganish imkoniyatiga ega. Shu sababli adaptiv filtr va sun'iy neyron tarmog'ini birlashtirish orqali adaptiv gibridd filtr hosil qilish mumkin. Bunday tizim signalni real vaqt rejimida tahlil qilib, filtr parametrlarini moslashtirishi va shovqinni samaraliroq bostirishi mumkin[4].

Hozirgi vaqtda raqamli signalni qayta ishlash texnologiyalari telekommunikatsiya, tibbiyot, avtomatlashtirish, robototexnika, radar tizimlari va multimedia sohalarida keng qo'llanilmoqda. Mazkur tizimlarda asosiy muammolardan biri foydali signalga turli xil shovqinlarning ta'sir etishi

hisoblanadi. Shovqin foydali signalning sifatini pasaytirib, keyingi qayta ishlash bosqichlarida xatoliklarning ortishiga olib keladi.

Signalni shovqindan tozalash uchun past chastotali, yuqori chastotali, polosali va boshqa klassik raqamli filtrlardan foydalaniladi. Biroq real tizimlarda signal va shovqin parametrlari vaqt davomida o'zgarib turishi mumkin. Bunday holatda filtrning doimiy koeffitsiyentlardan foydalanishi yetarli samaradorlikni ta'minlamaydi[1]. Mazkur muammoni hal qilishda adaptiv filtrlardan foydalanish samarali yondashuvlardan biridir. Adaptiv filtr kiruvchi signal xususiyatlariga qarab o'z koeffitsiyentlarini avtomatik ravishda o'zgartiradi. LMS (Least Mean Squares), NLMS (Normalized Least Mean Squares) va RLS (Recursive Least Squares) kabi algoritmlar adaptiv filtrlashda keng qo'llaniladi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt va mashinaviy o'qitish texnologiyalarining rivojlanishi sun'iy neyron tarmoqlaridan signalni qayta ishlash masalalarida foydalanish imkonini kengaytirdi. Neyron tarmoqlari nohiziqli munosabatlarni modellashtirish va murakkab signal xususiyatlarini o'rganish imkoniyatiga ega[3].

Shuning uchun adaptiv filtr va sun'iy neyron tarmog'ini birlashtirish orqali ularning afzalliklaridan birgalikda foydalanadigan gibrid filtrlash tizimini yaratish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biridir.

Adaptiv filtrning asosiy vazifasi kiruvchi signal tarkibidagi shovqinni kamaytirish va kerakli signalga imkon qadar yaqin chiqish signalini hosil qilishdan iborat. Kiruvchi signal quyidagicha ifodalanadi:

$$x(n)=s(n)+v(n)$$

bu yerda $s(n)$ — foydali signal, $v(n)$ — shovqin, $x(n)$ esa kuzatilayotgan signal.

Adaptiv filtrning asosiy cheklovi uning ko'pincha chiziqli modelga asoslanishidir. Agar signal yoki shovqin tarkibida murakkab nohiziqli bog'lanishlar mavjud bo'lsa, faqat adaptiv filtdan foydalanish optimal natijani bermasligi mumkin[2]. Sun'iy neyron tarmog'i esa ma'lumotlardan foydalanib, kirish va chiqish o'rtasidagi murakkab bog'lanishlarni o'rganishi mumkin.

Gibrid filtrlash tizimida neyron tarmog'i adaptiv filtr chiqishini qo'shimcha ravishda qayta ishlashi yoki adaptiv filtr parametrlarini boshqaruvchi modul sifatida ishlatilishi mumkin. Maqolada taklif etilayotgan gibrid algoritmi ikki asosiy komponentdan tashkil topadi:

Shovqinli signal → Adaptiv filtr → Sun'iy neyron tarmog'i → Tozalangan signal

Birinchi bosqichda shovqinli signal adaptiv filtrga uzatiladi. Filtr LMS yoki NLMS algoritmi yordamida o'z koeffitsiyentlarini yangilaydi. Ikkinchi esa bosqichda adaptiv filtr chiqishi neyron tarmog'ining kirishiga uzatiladi. Neyron tarmog'i signalning nohiziqli xususiyatlarini aniqlaydi va kerakli tuzatishni amalga oshiradi[6]. Biroq gibrid tizimning hisoblash murakkabligi oddiy adaptiv filtrga nisbatan yuqori bo'lishi mumkin. Neyron tarmog'ini o'qitish uchun yetarli miqdorda ma'lumot va tegishli hisoblash resurslari talab etiladi. Masalan, tibbiy signalni qayta ishlashda foydali signalga elektr tarmog'i shovqini yoki boshqa tashqi shovqinlar qo'shilishi mumkin. Adaptiv filtr shovqin komponentlarini bostiradi, neyron tarmog'i esa signalning murakkab xususiyatlarini hisobga olib, yakuniy signalni tiklashga yordam beradi.

An'anaviy raqamli filtrlarda filtr koeffitsiyentlari oldindan belgilanadi. Shuning uchun signal xususiyatlari o'zgarganda filtr samaradorligi pasayishi mumkin. Adaptiv filtrlar bu muammoni qisman hal qilib, o'z koeffitsiyentlarini kiruvchi signalga mos ravishda o'zgartiradi[5].

Sun'iy neyron tarmog'i qo'shilganda esa tizimning nohiziqli signal komponentlarini modellashtirish imkoniyati kengayadi. Natijada gibrid filtr turli xil shovqin sharoitlariga moslasha oladigan yanada moslashuvchan tizimga aylanishi mumkin. Biroq neyron tarmog'i arxitekturasi,

o'qitish algoritmi, qatlamlar soni, neyronlar soni va o'qitish ma'lumotlari sifatini to'g'ri tanlash muhim hisoblanadi. Aks holda ortiqcha o'qitish yoki hisoblash yuklamasining ortishi kuzatilishi mumkin.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, maqolada adaptiv filtr tarkibida sun'iy neyron tarmog'idan foydalanishga asoslangan gibrid filtrlash algoritmi ko'rib chiqildi. Taklif etilgan yondashuvda adaptiv filtr signalning o'zgaruvchan xususiyatlariga moslashadi, sun'iy neyron tarmog'i esa murakkab nochiziqli bog'lanishlarni aniqlash va signalni qo'shimcha qayta ishlash vazifasini bajaradi. LMS yoki NLMS algoritmini ko'p qatlamli sun'iy neyron tarmog'i bilan birlashtirish orqali signalni shovqindan tozalash jarayonining moslashuvchanligini oshirish mumkin. Algoritm samaradorligini MSE, RMSE va SNR kabi ko'rsatkichlar orqali baholash maqsadga muvofiq. Kelgusidagi tadqiqotlarda gibrid algoritmi RLS, Kalman filtri, CNN yoki rekurrent neyron tarmoqlari bilan birlashtirish, shuningdek, real audio va tibbiy signallar ustida tajriba o'tkazish mumkin. Bunday tadqiqotlar adaptiv gibrid filtrlash tizimlarining real vaqt rejimidagi imkoniyatlarini yanada kengaytirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Sevinov J.U., Zaripova Sh.O. Identifikatsion yondashuv asosida boshqarish obyektlarining holatini adaptiv baholash algoritmlari // Innovatsion texnologiyalar ilmiy-texnik jurnal, №1(41), 2021. - 40 b.
2. Haykin S. Adaptive Filter Theory. Pearson Education.
3. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. Pearson.
4. Widrow B., Stearns S. D. Adaptive Signal Processing. Prentice-Hall.
5. Sayed A. H. Adaptive Filters. Wiley.
6. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИЗУЧЕНИИ И ПРЕПОДАВАНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА

Жалгашова Маржона Рустам кизи

Экономика ва педагогика университети, г. Карши, Узбекистан

E-mail: jalgashovamarjona3@gmail.com

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта в процессе изучения и преподавания русского языка. Актуальность исследования обусловлена стремительным развитием цифровых технологий и необходимостью поиска современных методов организации языкового образования. Анализируются потенциальные возможности искусственного интеллекта в развитии лексической, грамматической, письменной и коммуникативной компетенций обучающихся. Особое внимание уделяется персонализации обучения, оперативной обратной связи и созданию дополнительных возможностей для самостоятельной языковой практики. Наряду с преимуществами рассматриваются ограничения, связанные с достоверностью генерируемой информации, академической добросовестностью, цифровой зависимостью и необходимостью педагогического контроля. Делается вывод о том, что искусственный*

интеллект целесообразно использовать не как замену преподавателю, а как дополнительный инструмент, способствующий повышению эффективности и индивидуализации обучения русскому языку.

Ключевые слова: искусственный интеллект, русский язык, цифровые технологии, языковое образование, обучение, коммуникация, цифровая грамотность, образовательные технологии.

Abstract. *The article examines the possibilities of using artificial intelligence technologies in the process of learning and teaching the Russian language. The relevance of the study is determined by the rapid development of digital technologies and the need to identify modern approaches to organizing language education. The potential of artificial intelligence for developing learners' lexical, grammatical, writing, and communicative competencies is analyzed. Particular attention is paid to the personalization of learning, prompt feedback, and the creation of additional opportunities for independent language practice. Along with the advantages, the article discusses limitations related to the reliability of AI-generated information, academic integrity, digital dependency, and the need for pedagogical supervision. It is concluded that artificial intelligence should be used not as a replacement for the teacher, but as an additional tool that contributes to improving the effectiveness and personalization of Russian language learning.*

Keywords: *artificial intelligence, Russian language, digital technologies, language education, learning, communication, digital literacy, educational technologies.*

Annotatsiya. *Maqolada rus tilini o'rganish va o'qitish jarayonida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning dolzarbligi raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi hamda til ta'limini tashkil etishning zamonaviy usullarini izlash zarurati bilan belgilanadi. Sun'iy intellektning ta'lim oluvchilarda leksik, grammatik, yozma va kommunikativ kompetensiyalarni rivojlantirishdagi imkoniyatlari tahlil qilingan. Ta'limni individuallashtirish, tezkor qayta aloqa o'rnatish va mustaqil til amaliyoti uchun qo'shimcha imkoniyatlar yaratishga alohida e'tibor qaratilgan. Afzalliklar bilan bir qatorda, generatsiya qilingan axborotning ishonchliligi, akademik halollik, raqamli qaramlik va pedagogik nazorat zarurati bilan bog'liq cheklovlar ham ko'rib chiqilgan. Sun'iy intellektidan o'qituvchining o'rnini bosuvchi vosita sifatida emas, balki rus tilini o'qitish samaradorligini oshirish va ta'limni individuallashtirishga xizmat qiluvchi qo'shimcha vosita sifatida foydalanish maqsadga muvofiq, degan xulosaga kelingan.*

Kalit so'zlar: *sun'iy intellekt, rus tili, raqamli texnologiyalar, til ta'limi, o'qitish, kommunikatsiya, raqamli savodxonlik, ta'lim texnologiyalari.*

ВВЕДЕНИЕ.

Современный этап развития образования характеризуется активным внедрением цифровых технологий в различные формы учебной деятельности. Если ранее цифровые ресурсы преимущественно использовались для хранения, передачи и визуализации учебной информации, то сегодня развитие технологий искусственного интеллекта открывает новые возможности для организации образовательного процесса. Особенно значимым данный процесс становится в сфере языкового образования, где результат обучения во многом зависит от регулярной практики, обратной связи и индивидуального подхода.

Искусственный интеллект способен выполнять широкий спектр задач, связанных с обработкой и генерацией текста, анализом языковой информации, распознаванием речи и созданием индивидуализированных учебных заданий. UNESCO подчёркивает, что использование генеративного искусственного интеллекта в образовании должно осуществляться с учётом педагогических и этических вопросов, защиты данных и сохранения человеческой самостоятельности [1]. Актуальность рассматриваемой проблемы связана с тем, что современные обучающиеся активно используют цифровые инструменты в повседневной жизни. Следовательно, задача преподавателя заключается не только в использовании новых технологий, но и в формировании у студентов культуры их грамотного, критического и ответственного применения. Цель исследования — определить основные возможности и ограничения использования технологий искусственного интеллекта в процессе изучения и преподавания русского языка. Задачи исследования:

1. рассмотреть роль цифровых технологий в современном языковом образовании;
2. определить основные направления применения искусственного интеллекта при изучении русского языка;
3. проанализировать его возможности для развития языковых и коммуникативных компетенций;
4. выявить основные ограничения и риски использования искусственного интеллекта;
5. определить условия его эффективного педагогического применения. Методы исследования: анализ научной и методической литературы, обобщение теоретических положений, сравнительный анализ возможностей цифровых образовательных инструментов и педагогическая интерпретация их применения в языковом обучении.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

Одним из важнейших направлений использования искусственного интеллекта в изучении русского языка является развитие лексической компетенции. При столкновении с новым словом обучающемуся необходимо не только узнать его значение, но и понять особенности употребления, возможные синонимы, антонимы и сочетаемость. Интеллектуальные цифровые инструменты позволяют создавать контекстуальные примеры, объяснять значение лексических единиц и предлагать задания различной сложности. Например, при изучении многозначных слов студент может рассмотреть несколько предложений, в которых одно и то же слово реализует различные значения. Такой подход способствует развитию контекстуального мышления и помогает избежать механического запоминания отдельных слов. Не менее важной областью является изучение грамматики. Русский язык характеризуется сложной системой грамматических категорий, большим количеством форм и правил. Цифровые инструменты могут использоваться для создания дополнительных упражнений, объяснения грамматических явлений и предоставления обратной связи. Особый интерес представляет использование искусственного интеллекта для развития письменной речи. Обучающийся может подготовить собственный текст, после чего использовать цифровой инструмент для поиска возможных орфографических, пунктуационных или грамматических ошибок. Однако полученная рекомендация не должна автоматически восприниматься как абсолютно правильная. Обучающийся должен определить причину исправления и сопоставить её с правилом русского языка. Следующее направление — развитие коммуникативных навыков. Для успешного владения русским языком недостаточно знать грамматические правила и большое количество слов. Необходимо уметь

использовать язык в конкретных ситуациях общения. Современные AI-инструменты способны моделировать различные коммуникативные ситуации: диалог в образовательной среде, бытовое общение, обсуждение определённой темы, подготовку вопросов и ответов. Европейская образовательная платформа отмечает, что искусственный интеллект и связанные с ним технологии обработки естественного языка могут создавать новые возможности для языкового обучения и поддержки многоязычного образования [2].

Однако применение искусственного интеллекта не должно ограничиваться только предоставлением готовых ответов. Если студент постоянно передаёт выполнение учебного задания цифровому инструменту, это может отрицательно сказаться на самостоятельности и критическом мышлении. В таком случае технология перестаёт выполнять развивающую функцию и превращается лишь в средство получения готового результата. Именно поэтому важным условием эффективного использования AI является педагогический контроль. Преподаватель должен объяснять студентам, какие задачи можно передавать цифровым инструментам, а какие требуют самостоятельного выполнения. Кроме того, необходимо формировать навык проверки полученной информации. UNESCO рекомендует ориентироваться на человекоцентричный подход, при котором искусственный интеллект поддерживает деятельность обучающегося и преподавателя, но не заменяет человеческое мышление и педагогическое взаимодействие [1]. Совет Европы также подчёркивает необходимость учитывать вопросы защиты данных, прозрачности алгоритмов и потенциальной предвзятости AI-систем в образовательной сфере [3]. Таким образом, эффективность искусственного интеллекта в обучении русскому языку определяется не количеством используемых технологий, а правильностью их педагогического применения. Результаты и обсуждение Проведённый анализ позволяет выделить несколько основных возможностей применения искусственного интеллекта в обучении русскому языку.

Таблица 1. Возможности применения искусственного интеллекта в обучении русскому языку

Направление	Возможность применения	Педагогический результат
Лексика	Объяснение значений, подбор примеров и синонимов	Расширение словарного запаса
Грамматика	Создание упражнений и объяснение правил	Закрепление грамматических навыков
Письменная речь	Анализ текста и поиск возможных ошибок	Повышение качества письменной речи
Коммуникация	Моделирование диалогов и ситуаций	Развитие коммуникативной компетенции
Индивидуальное обучение	Задания различного уровня сложности	Персонализация учебного процесса
Самостоятельная работа	Дополнительная практика и обратная связь	Повышение учебной самостоятельности

Вместе с тем данные возможности сопровождаются определёнными рисками. К ним относятся вероятность получения недостоверной информации, недостаточное понимание обучающимися принципов работы AI, чрезмерная зависимость от готовых ответов и нарушение принципов академической добросовестности. Поэтому искусственный интеллект целесообразно включать в учебный процесс в качестве дополнительного инструмента.

Например, преподаватель может предложить студенту самостоятельно написать небольшой текст, затем сравнить собственный вариант с рекомендациями AI и самостоятельно обосновать каждое исправление. Такой формат позволяет одновременно использовать технологические возможности и сохранять активную роль обучающегося.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Таким образом, технологии искусственного интеллекта обладают значительным потенциалом для современного обучения русскому языку. Они могут применяться для расширения словарного запаса, совершенствования грамматических навыков, развития письменной и коммуникативной речи, а также для организации индивидуальной самостоятельной работы. В то же время искусственный интеллект не следует рассматривать как замену преподавателю. Его эффективное использование возможно только при сочетании цифровых технологий с традиционными методами обучения, педагогическим контролем и самостоятельной деятельностью студента. Наиболее перспективным направлением является разработка методики, при которой AI используется не для выполнения учебной работы вместо студента, а для создания дополнительных возможностей анализа, практики, самопроверки и получения обратной связи. Такой подход позволяет сохранить главную цель образования — развитие самостоятельного, критически мыслящего и компетентного специалиста.

Следовательно, грамотное внедрение искусственного интеллекта в преподавание русского языка может способствовать повышению качества языкового образования и созданию более гибкой, индивидуализированной и современной образовательной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Miao F., Holmes W. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. DOI: 10.54675/EWZM9535.
2. European School Education Platform. Artificial intelligence as an asset to language learning in Europe. 2024.
3. Council of Europe. Regulating artificial intelligence in the education domain: a general approach. 2024.
4. UNESCO. AI and Education: Guidance for Policy-makers. Paris: UNESCO, 2021.
5. Council of Europe. Artificial Intelligence and Education: Regulating the use of AI systems in education. 2024.

AXBOROT XAVFSIZLIGI RISKLARINI IDENTIFIKATSIYALASH VA TAHLIL QILISH

Islamova Dildora Sultanovna

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada axborot xavfsizligi risklarini identifikatsiyalash va tahlil qilishning nazariy hamda uslubiy asoslari yoritiladi. Axborot aktivlariga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan tahdidlar, zaifliklar, risk manbalari va risk omillarini aniqlash jarayonlari ko'rib chiqiladi. Risklarni identifikatsiyalashda axborot aktivlarini belgilash, mavjud tahdid va zaifliklarni aniqlash, yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xavfsizlik hodisalari hamda ularning ehtimoliy oqibatlarini tavsiflash masalalariga alohida e'tibor qaratiladi. Shuningdek, risklarni tahlil qilish jarayonida tahdidlarning*

amalga oshish ehtimolligi va ularning axborot aktivlariga ta'sir darajasini baholash, risk darajasini aniqlash hamda risklarni ustuvorlik bo'yicha tasniflash yondashuvlari bayon etiladi. Sifat va miqdoriy risk tahlili usullarining o'ziga xos xususiyatlari ko'rsatilib, ularning axborot xavfsizligini boshqarish tizimidagi ahamiyati ochib beriladi. Risklarni to'g'ri identifikatsiyalash va tahlil qilish tashkilotda axborot xavfsizligiga oid asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish, himoya choralari samarali tanlash hamda mavjud resurslardan oqilona foydalanish uchun muhim asos ekanligi yoritiladi.

Kalit so'zlar: *axborot xavfsizligi, risk, risklarni identifikatsiyalash, risklarni tahlil qilish, axborot aktivi, tahdid, zaiflik, risk manbai, risk omili, ehtimollik, oqibat, ta'sir darajasi, risk darajasi, risklarni baholash.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются теоретические и методологические основы идентификации и анализа рисков информационной безопасности. Рассматриваются процессы выявления угроз, уязвимостей, источников и факторов риска, способных оказывать воздействие на информационные активы. Особое внимание в процессе идентификации рисков уделяется определению информационных активов, выявлению существующих угроз и уязвимостей, а также описанию возможных событий информационной безопасности и их потенциальных последствий. Кроме того, рассматриваются подходы к оценке вероятности реализации угроз и степени их воздействия на информационные активы, определению уровня риска и классификации рисков по степени приоритетности. Раскрываются особенности качественных и количественных методов анализа рисков, а также их значение в системе управления информационной безопасностью. Обосновано, что корректная идентификация и анализ рисков являются важной основой для принятия обоснованных управленческих решений в области информационной безопасности, эффективного выбора мер защиты и рационального использования имеющихся ресурсов организации.*

Ключевые слова: *информационная безопасность, риск, идентификация рисков, анализ рисков, информационный актив, угроза, уязвимость, источник риска, фактор риска, вероятность, последствия, степень воздействия, уровень риска, оценка рисков.*

Abstract. *This article examines the theoretical and methodological foundations of information security risk identification and analysis. It considers the processes of identifying threats, vulnerabilities, risk sources, and risk factors that may affect information assets. Particular attention is paid to identifying information assets, determining existing threats and vulnerabilities, and describing potential information security events and their possible consequences. In addition, the article discusses approaches to assessing the likelihood of threat occurrence and the degree of their impact on information assets, determining risk levels, and prioritizing risks. The specific features of qualitative and quantitative risk analysis methods are examined, and their significance within the information security management system is highlighted. It is demonstrated that proper risk identification and analysis provide an essential basis for making well-founded information security management decisions, selecting effective security measures, and ensuring the rational use of an organization's available resources.*

Keywords: *information security, risk, risk identification, risk analysis, information asset, threat, vulnerability, risk source, risk factor, likelihood, consequence, impact level, risk level, risk assessment.*

Axborot xavfsizligini faqat texnik himoya vositalarini o'rnatish orqali ta'minlash yetarli emas. Himoya mexanizmlarini tanlashdan oldin tashkilot uchun qaysi aktivlar muhimligi, ularga qanday tahdidlar ta'sir qilishi, qanday zaifliklar mavjudligi, xavfsizlik hodisasi sodir bo'lish ehtimoli va uning oqibatlarini qanday bo'lishini aniqlash zarur. Shu sababli zamonaviy axborot xavfsizligini boshqarish tizimida riskka asoslangan yondashuv muhim metodologik asos hisoblanadi.

ISO/IEC 27005:2022 standarti axborot xavfsizligi risklarini boshqarishni ISO/IEC 27001 asosidagi axborot xavfsizligini boshqarish tizimini qo'llab-quvvatlovchi jarayon sifatida ko'rib chiqadi. Standart risklarni identifikatsiyalash, tahlil qilish, baholash va qayta ishlashni tizimli jarayon sifatida tashkil etishga yo'naltirilgan. NIST SP 800-30 Rev.1 esa riskni baholashni tayyorlash, baholashni amalga oshirish va natijalarni dolzarb holatda saqlash bosqichlariga ajratadi.

Axborot xavfsizligi risklarini boshqarish jarayonining dastlabki bosqichi kontekstni aniqlashdan iborat. Kontekst risklarni qanday sharoitda, qanday chegaralarda va qaysi mezonlar asosida tahlil qilish kerakligini belgilaydi. Risklarni tashkilotning maqsadlari, biznes jarayonlari va axborot infratuzilmasidan ajratilgan holda baholash tahlil natijalarining amaliy qiymatini pasaytirishi mumkin.

Kontekstni aniqlash jarayonida tashkilotning ichki va tashqi muhiti o'rganiladi. Ichki kontekstga tashkilotning tashkiliy tuzilmasi, biznes jarayonlari, axborot tizimlari, xodimlar, texnik infratuzilma, axborot xavfsizligi siyosati, mavjud nazorat vositalari va moliyaviy imkoniyatlari kiradi. Tashqi kontekst esa qonunchilik talablari, iqtisodiy sharoit, texnologik rivojlanish, kiberjinoyatchilik tendensiyalari, kontragentlar va uchinchi tomon xizmatlari kabi omillarni o'z ichiga oladi.

Risklarni boshqarish kontekstini quyidagi umumlashtirilgan model orqali ifodalash mumkin:

$$C = \{C_{int}, C_{ext}, A, P, S, R_c\} \quad (1);$$

bu yerda:

C — risklarni boshqarish konteksti;

C_{int} — ichki kontekst;

C_{ext} — tashqi kontekst;

A — axborot aktivlari;

P — tashkilot biznes jarayonlari;

S — manfaatdor tomonlar;

R_c — riskni baholash mezonlari.

Risk mezonlarini belgilashda tashkilot uchun qabul qilinadigan va qabul qilib bo'lmaydigan risk chegaralari ham aniqlanishi zarur. Masalan, moliyaviy zarar, xizmatning to'xtash muddati, maxfiy ma'lumotlarning oshkor bo'lish darajasi, obro'ga yetkazilgan zarar yoki qonunchilik talablarining buzilishi mezon sifatida qo'llanishi mumkin.

1-jadval.

Risklarni boshqarish kontekstining asosiy tarkibiy qismlari

Kontekst elementi	Mazmuni	Risk tahliliga ta'siri
Tashkilot maqsadlari	Strategik va operatsion maqsadlar	Aktivlarning muhimligini belgilaydi
Axborot aktivlari	Ma'lumotlar, dasturiy va apparat vositalari	Risk obyekti sifatida qaraladi

Ichki muhit	Xodimlar, jarayonlar, infratuzilma	Ichki tahdid va zaifliklarni belgilaydi
Tashqi muhit	Hamkorlar, qonunchilik, kiber tahdidlar	Tashqi risk manbalarini aniqlaydi
Mavjud nazoratlar	Texnik va tashkiliy himoya choralari	Qoldiq risk miqdoriga ta'sir qiladi
Risk mezonlari	Ehtimollik, ta'sir va qabul qilish chegarasi	Riskni baholash asosini yaratadi

Demak, kontekstni to'g'ri belgilash keyingi identifikatsiya va tahlil bosqichlari uchun boshlang'ich axborot bazasini shakllantiradi.

Risklarni identifikatsiyalash — tashkilot faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan risklarni topish, aniqlash va tavsiflash jarayonidir. ISO/IEC 27005 terminologiyasida identifikatsiya risk manbalari, hodisalar, ularning sabablari va potensial oqibatlarini aniqlash bilan bog'liq. Bunda tarixiy ma'lumotlar, nazariy tahlil, ekspert fikrlari va manfaatdor tomonlarning ehtiyojlaridan foydalanish mumkin.

Masalan, tashkilotning ma'lumotlar bazasi axborot aktivi sifatida qaralsa, tashqi hujumchi tahdid manbai, ruxsatsiz kirish tahdid hodisasi, zaif parol siyosati esa zaiflik bo'lishi mumkin. Mazkur zaiflikdan foydalanish ma'lumotlarning oshkor etilishi yoki o'zgartirilishiga olib kelishi mumkin (1-rasm).

Risklarni identifikatsiyalashda tahdid va zaiflik o'rtasidagi bog'lanish alohida ahamiyatga ega. Biroq NIST SP 800-30 har bir tahdidni faqat bitta zaiflik bilan mexanik bog'lash ayrim hollarda samarasiz bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi, chunki bitta tahdid hodisasi bir nechta zaifliklardan foydalanishi mumkin.

Identifikatsiya natijasida **risk reyestri** shakllantirilishi maqsadga muvofiq (2- jadval).

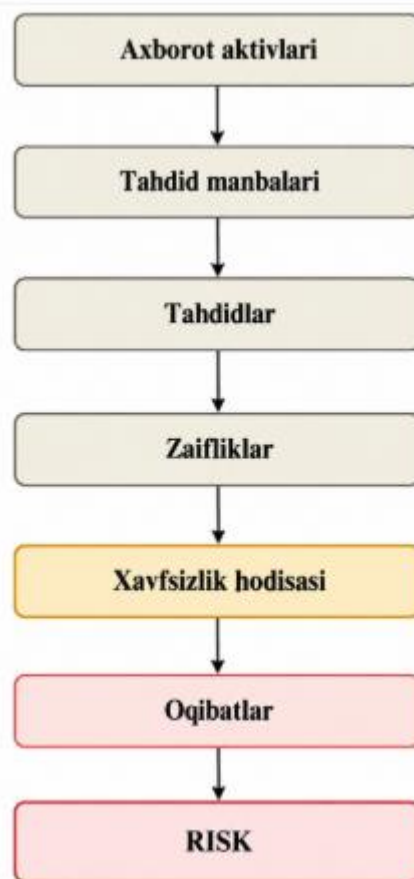
Risk reyestri keyingi tahlil natijalari bilan to'ldirilib, risklarni boshqarish bo'yicha asosiy axborot manbalaridan biriga aylantiriladi.

Risklarni identifikatsiyalashdan keyingi muhim jarayon risklarni tahlil qilish hisoblanadi. Uning asosiy vazifasi aniqlangan riskning ehtimolligi, ta'siri va yakuniy darajasini aniqlashdan iborat.

NIST yondashuvida riskni baholash jarayonida tahdid manbalari, tahdid hodisalari, zaiflik va predispozitsion sharoitlar aniqlanadi, so'ng ehtimollik, ta'sir va yakuniy risk darajasi belgilanadi.

Mazkur jarayonni quyidagi bosqichlarga ajratish mumkin:

- axborot aktivining qiymatini aniqlash;
- tahdid va zaifliklarni tahlil qilish;
- mavjud xavfsizlik nazoratlarini hisobga olish;
- tahdid hodisasining yuz berish ehtimolini aniqlash;



- potensial oqibatni baholash;
- risk darajasini hisoblash;
- risklarni ustuvorlik bo'yicha joylashtirish;
- natijalarni risk reyestrda qayd etish.

1-rasm. Axborot xavfsizligi riskini

2-jadval.

Axborot xavfsizligi risklari reyestri namunasi				
No	Aktiv	Tahdid	Zaiflik	Ehtimoliy oqibat
1	Ma'lumotlar bazasi	Ruxsatsiz kirish	Zaif autentifikatsiya	Maxfiy ma'lumotlar oshkor bo'lishi
2	Veb-server	DDoS hujumi	Resurslarning cheklanganligi	Xizmat mavjudligining buzilishi
3	Korporativ tarmoq	Zararli dastur	Yangilanmagan dasturiy ta'minot	Tizimlarning zararlanishi
4	Xodim akkaunti	Fishing	Xabardorlik darajasining pastligi	Hisob ma'lumotlarining o'g'irlanishi
5	Zaxira nusxalar	Ma'lumotlarning yo'qolishi	Noto'g'ri backup siyosati	Ma'lumotlarni tiklash imkonsizligi

Riskning eng sodda matematik ifodasi ehtimollik va ta'sirning funksiyasi sifatida ifodalanadi:

$$R=P* I \quad (2);$$

bu yerda:

R — risk darajasi;

P — risk hodisasining yuz berish ehtimolligi;

I — hodisa sodir bo'lgandagi ta'sir darajasi.

NIST ham riskni hodisaning salbiy ta'siri va uning yuz berish ehtimoli bilan bog'liq o'lchov sifatida tavsiflaydi.

Masalan, tahdid ehtimolligi 1 dan 5 gacha bo'lgan shkala bo'yicha P=4, ta'sir esa I=5 deb baholansa:

$$R=4*5=20 \quad (3):$$

Natijada risk yuqori yoki kritik toifaga kiritilishi mumkin. Bunda toifalarning aniq chegaralari tashkilotning oldindan belgilangan risk mezonlariga bog'liq bo'lishi kerak.

NIST yondashuvida ehtimollikni aniqlash faqat hodisaning boshlanish ehtimolini baholashdan iborat emas. Tahdid hodisasi boshlanishi yoki yuz berishi, undan keyin uning salbiy oqibat keltirib chiqarishi ehtimoli ham hisobga olinadi.

Risklarni tahlil qilishda sifat, miqdoriy va aralash usullardan foydalanish mumkin. Usulni tanlash tashkilotning axborot bazasi, resurslari, risk tahlilining maqsadi va talab etiladigan aniqlik darajasiga bog'liq.

Sifat usuli risklarni “past”, “o'rta”, “yuqori” yoki shunga o'xshash toifalar orqali baholashga asoslanadi. Uning afzalligi soddalik va tezkorlik bo'lsa, asosiy cheklovi subyektivlik darajasining yuqoriligidir.

Miqdoriy usul ehtimollik, moliyaviy zarar, hodisalar chastotasi va boshqa parametrlarni sonli

qiymatlar yordamida ifodalaydi. Miqdoriy yondashuv boshqaruv qarorlarini iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan asoslashda ayniqsa foydalidir.

Aralash usul esa sifat va miqdoriy yondashuvlarni birlashtiradi. Masalan, dastlab risklar matritsa yordamida guruhlariga ajratilib, eng muhim risklar keyinchalik batafsil miqdoriy tahlil qilinishi mumkin (3- jadval).

ENISA tomonidan ko'rib chiqilgan risk metodologiyalari orasida NIST SP 800-30, OCTAVE va CRAMM kabi yondashuvlar mavjud. OCTAVE aktivlarga yo'naltirilgan va kontekstga asoslangan baholashga urg'u bersa, CRAMM sifat yondashuvidan foydalanadi.

3-jadval.

Risk tahlili usullarining qiyosiy tavsifi			
Usul	Natija shakli	Afzalligi	Cheklovi
Ekspert baholash	Ball/toifa	Tez va sodda	Subyektivlik
Risk matritsasi	Risk darajasi	Ko'rgazmali	Shkalaga bog'liq
Statistik tahlil	Sonli ehtimollik	Real ma'lumotga asoslanadi	Yetarli ma'lumot talab qiladi
Ssenariy tahlili	Ehtimoliy oqibat	Murakkab vaziyatlarni tahlil qiladi	Ekspert bilimiga bog'liq
Monte-Karlo	Ehtimollik taqsimoti	Noaniqlikni modellashtiradi	Hisoblash murakkab
FAIR	Moliyaviy/miqdoriy risk	Biznes qarorlari uchun qulay	Ishonchli kirish ma'lumotlari kerak

FAIR modeli riskni fundamental omillarga ajratib, riskni o'lchash va boshqarishni miqdoriy yondashuv bilan qo'llab-quvvatlaydi; model asosan moliyaviy ifodalashda qo'llansa-da, moliyaviy bo'lmagan natijalarni ham tahlil qilishi mumkin. FAIR amaliyotida noaniq parametrlarni modellashtirish uchun taqsimotlar, Monte-Karlo usullari va sezgirlik tahlilidan foydalanish ham ko'zda tutiladi.

O'tkazilgan nazariy-uslubiy tahlil axborot xavfsizligi risklarini samarali boshqarish alohida tahdidlarni aniqlash bilan cheklanmasligini ko'rsatadi. Riskning shakllanishida axborot aktivining qiymati, tahdid manbai, tahdid hodisasi, zaiflik, mavjud nazorat vositalari, hodisaning ehtimolligi va potensial oqibatlar o'zaro bog'langan tizimni tashkil qiladi.

Birinchidan, kontekstni aniqlamasdan bajarilgan risk tahlili tashkilotning real biznes ehtiyojlarini to'liq aks ettirmasligi mumkin. Shu sababli risklarni identifikatsiyalashdan avval baholash chegaralari, aktivlar, manfaatdor tomonlar va risk mezonlarini aniqlash maqsadga muvofiq.

Ikkinchidan, risklarni identifikatsiyalashda faqat texnik zaifliklarga e'tibor qaratish yetarli emas. Inson omili, tashkiliy kamchiliklar, kontragentlar, tashqi xizmat ko'rsatuvchilar va biznes jarayonlaridagi bog'liqliklar ham risk manbai bo'lishi mumkin.

Uchinchidan, sifat usullari dastlabki saralash va risklarni ustuvorlashtirish uchun qulay bo'lsa, miqdoriy usullar riskning iqtisodiy oqibatlarini chuqurroq tahlil qilish imkonini beradi. FAIR modeli kabi yondashuvlar risk omillarini dekompozitsiya qilish va ularni miqdoriy ko'rsatkichlarda ifodalashga qaratilgan.

To'rtinchidan, matematik modellar risklar o'rtasidagi farqlarni formal ko'rinishda aniqlash, grafik modellar esa natijalarni rahbariyat va mutaxassislariga tushunarli tarzda taqdim etishga xizmat

qiladi. Shu sababli korporativ axborot xavfsizligi tizimlarida matematik va grafik modellarni birgalikda qo'llash maqsadga muvofiq.

XULOSA

Axborot xavfsizligi risklarini identifikatsiyalash va tahlil qilish tashkilotning axborot xavfsizligini boshqarish tizimining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Risklarni samarali boshqarish uchun, avvalo, tashkilotning ichki va tashqi konteksti, axborot aktivlari, biznes jarayonlari va risk mezonlari aniqlanishi lozim. Shundan so'ng tahdidlar, zaifliklar, xavfsizlik hodisalari va ularning ehtimoliy oqibatlarini tizimli ravishda identifikatsiyalash mumkin.

Tadqiqot natijasida risklarni tahlil qilishda ehtimollik va ta'sir ko'rsatkichlari asosiy parametrlar bo'lishi, biroq murakkab axborot tizimlarida zaiflik darajasi, mavjud himoya vositalarining samaradorligi va vaqt omilini ham hisobga olish maqsadga muvofiqligi asoslandi. Shu maqsadda oddiy risk modeli bilan bir qatorda ko'p omilli va dinamik matematik modellardan foydalanish taklif etildi.

Risk matritsasi, ekspert baholash va ssenariy usullari risklarni tezkor tasniflash imkonini bersa, statistik, ehtimollik va FAIR kabi miqdoriy yondashuvlar riskni yanada chuqur tahlil qilish imkoniyatini yaratadi. NIST SP 800-30 risk tahlilida tahdid, zaiflik, ehtimollik va ta'sirni izchil ko'rib chiqishga urg'u beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **ISO/IEC.** *ISO/IEC 27005:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Guidance on managing information security risks.* Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
2. **ISO/IEC.** *ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements.* Geneva: ISO, 2022.
3. **Ross, R.** *Guide for Conducting Risk Assessments. NIST Special Publication 800-30 Revision 1.* Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2012.
4. **ENISA.** *Risk Management Standards.* European Union Agency for Cybersecurity, 2022.
5. **FAIR Institute.** *Factor Analysis of Information Risk (FAIR) Standard, Version 3.0.* 2025.
6. **Freund, J., & Jones, J.** *Measuring and Managing Information Risk: A FAIR Approach.* Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014.
7. **ISO.** *ISO 31000:2018. Risk Management — Guidelines.* Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

ELEKTRON HUJJAT AYLANISH TIZIMLARINING TASHKILOTLAR FAOLIYATI SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Muqimova Bahora Baxtiyor qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektron hujjat aylanish tizimlarini (EHAT) joriy etishning tashkilotlar faoliyati samaradorligiga ta'siri tahlil qilingan. Tadqiqotda davlat boshqaruvi, moliya-bank, ta'lim va xususiy tijorat sohalariga mansub tashkilotlarda EHAT joriy etilishidan oldin va

keyingi hujjat aylanish tezligi, xarajatlar darajasi va xodimlar qoniqishi ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari elektron hujjat aylanish tizimlarini joriy etish hujjatlarni ijro etish muddatini, qog'oz xarajatlarini va muddati o'tkazilgan hujjatlar ulushini sezilarli darajada kamaytirishini, xodimlarning ish jarayonidan qoniqish darajasini esa oshirishini ko'rsatdi. Maqola so'ngida elektron hujjat aylanish tizimlarini samarali joriy etish va ulardan foydalanish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: elektron hujjat aylanish tizimi, tashkilot samaradorligi, raqamli boshqaruv, hujjat aylanish, elektron hukumat, ish jarayonlarini avtomatlashtirish, raqamli transformatsiya.

Annotation. This article analyzes the impact of implementing electronic document management systems (EDMS) on organizational performance efficiency. The study comparatively examines document turnaround speed, cost indicators, and employee satisfaction levels before and after EDMS implementation in organizations from the public administration, finance-banking, education, and private commercial sectors. The results show that implementing electronic document management systems significantly reduces document execution time, paper-related costs, and the share of overdue documents, while increasing employee satisfaction with the work process. The article concludes with practical recommendations for effectively implementing and using electronic document management systems.

Keywords: electronic document management system, organizational efficiency, digital governance, document workflow, e-government, workflow automation, digital transformation.

Аннотация. В данной статье анализируется влияние внедрения систем электронного документооборота (СЭД) на эффективность деятельности организаций. В исследовании проведён сравнительный анализ скорости документооборота, уровня затрат и степени удовлетворённости сотрудников до и после внедрения СЭД в организациях государственного управления, финансово-банковского сектора, образования и частного коммерческого сектора. Результаты исследования показали, что внедрение систем электронного документооборота значительно сокращает сроки исполнения документов, расходы на бумагу и долю просроченных документов, повышая при этом уровень удовлетворённости сотрудников рабочим процессом. В конце статьи представлены практические рекомендации по эффективному внедрению и использованию систем электронного документооборота.

Ключевые слова: система электронного документооборота, эффективность организации, цифровое управление, документооборот, электронное правительство, автоматизация рабочих процессов, цифровая трансформация.

KIRISH

Zamonaviy raqamli boshqaruv sharoitida tashkilotlarning ish faoliyati samaradorligi ko'p jihatdan hujjat aylanish jarayonlarining tezligi va shaffofligiga bog'liq. An'anaviy qog'oz asosidagi hujjat aylanish tizimi hujjatlarni tayyorlash, kelishish, imzolash va arxivlashtirish bosqichlarida sezilarli vaqt yo'qotishlarga, shuningdek hujjatlarning yo'qolishi yoki muddati o'tkazilishi kabi muammolarga olib keladi. Shu sababli elektron hujjat aylanish tizimlarini (EHAT) joriy etish zamonaviy tashkilotlar uchun raqamli transformatsiyaning muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi.

Xorijiy tadqiqotchilar (Sprague, 1995; McLeod & Schell, 2007; Asogwa, 2013) elektron hujjat boshqaruvi tizimlarining tashkiliy samaradorlikka ta'sirini, jumladan qaror qabul qilish tezligi va ma'lumotlarga kirish imkoniyatlarini yaxshilashdagi rolini tadqiq qilishgan. O'zbek olimlari

(Ergashev, 2022; Yusupova, 2023; Ne'matova, 2021) esa milliy davlat boshqaruvi va tijorat tashkilotlarida elektron hujjat aylanish tizimlarini joriy etish amaliyotini, jumladan "Elektron hukumat" dasturi doirasidagi natijalarni tadqiq qilishgan.

Tadqiqotning maqsadi — elektron hujjat aylanish tizimlarining tashkilotlar faoliyati samaradorligiga ta'sirini turli sohadagi tashkilotlar misolida baholash va ularni joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari: 1) elektron hujjat aylanish tizimlarining nazariy-uslubiy asoslarini tahlil qilish; 2) turli sohadagi tashkilotlarda EHAT joriy etilishidan oldin va keyingi ko'rsatkichlarni qiyosiy o'rganish; 3) tashkilot turlari kesimida samaradorlik darajasidagi farqlarni aniqlash; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI

Tadqiqotda O'zbekistondagi davlat boshqaruvi organlari, moliya-bank tashkilotlari, ta'lim muassasalari va xususiy tijorat korxonalariga mansub 52 ta tashkilot ishtirokida so'rovnoma va hujjatlarni tahlil qilish o'tkazildi. Tadqiqot ikki bosqichda tashkil etildi: birinchi bosqichda tashkilotlarning EHAT joriy etilishidan oldingi (an'anaviy qog'oz asosidagi) hujjat aylanish ko'rsatkichlari retrospektiv ma'lumotlar asosida aniqlandi; ikkinchi bosqichda esa EHAT joriy etilgandan keyingi (kamida 12 oylik foydalanish davridan so'ng) ko'rsatkichlar qayd etildi.

Tadqiqotda qiyosiy tahlil, so'rovnoma, hujjatlarni tahlil qilish hamda statistik tahlil metodlaridan foydalanildi. Samaradorlikni baholashda quyidagi mezonlar qo'llanildi: hujjatni kelib tushishidan ijro etilishigacha bo'lgan o'rtacha vaqt, hujjatlarni kelishish (vizalash) bosqichi uchun sarflanadigan vaqt, muddati o'tkazilgan hujjatlar ulushi, qog'oz va bosma materiallarga xarajatlar, xodimlarning hujjat qidirish uchun sarflaydigan vaqti hamda xodimlarning ish jarayonidan qoniqish darajasi (5 balli shkala bo'yicha so'rovnoma asosida).

NATIJALAR

1-jadvalda EHAT joriy etilishidan oldingi va keyingi asosiy ko'rsatkichlar taqqoslangan. Natijalarga ko'ra, hujjatni kelib tushishidan ijro etilishigacha bo'lgan o'rtacha vaqt 6,8 kundan 1,9 kungacha (72,1 foizga) qisqargan, hujjatlarni kelishish bosqichi uchun sarflanadigan vaqt esa 36,4 soatdan 8,2 soatgacha (77,5 foizga) kamaygan.

1-jadval. Elektron hujjat aylanish tizimi joriy etilishidan oldin va keyingi ko'rsatkichlarni taqqoslash

Ko'rsatkich	EHat joriy etilishidan oldin	EHat joriy etilishidan keyin	O'zgarish, %
Hujjatni kelib tushishidan ijro etilishigacha bo'lgan o'rtacha vaqt, kun	6,8	1,9	-72,1
Hujjatlarni kelishish (vizalash) bosqichi uchun sarflanadigan vaqt, soat	36,4	8,2	-77,5
Muddati o'tkazilgan hujjatlar ulushi, %	18,6	4,1	-77,9
Qog'oz va bosma materiallarga oylik xarajat, mln so'm	14,2	3,6	-74,6
Xodimlarning hujjat qidirish uchun sarflaydigan o'rtacha vaqti, daqiqa/kun	42	9	-78,6

Ko'rsatkich	EHAT joriy etilishidan oldin	EHAT joriy etilishidan keyin	O'zgarish, %
Xodimlarning ish jarayonidan qoniqish darajasi, 5 balli shkala	3,1	4,3	+38,7

Shuningdek, muddati o'tkazilgan hujjatlar ulushi 18,6 foizdan 4,1 foizgacha, qog'oz va bosma materiallarga oylik xarajat esa 14,2 mln so'mdan 3,6 mln so'mgacha kamaygan. Xodimlarning hujjat qidirish uchun sarflaydigan o'rtacha vaqti 42 daqiqadan 9 daqiqagacha qisqargan, ish jarayonidan qoniqish darajasi esa 3,1 balldan 4,3 ballgacha (38,7 foizga) oshgan.

2-jadvalda tashkilot turlari kesimida hujjat aylanish tezligi o'sishi va umumiy samaradorlik indeksi keltirilgan. Eng yuqori samaradorlik o'sishi moliya-bank tashkilotlarida (71,2%) kuzatilgan bo'lib, bu sohada hujjat aylanish jarayonlarining tezligi va aniqligi biznes natijalariga bevosita ta'sir qilishi bilan izohlanadi. Ta'lim muassasalarida esa nisbatan pastroq samaradorlik o'sishi (49,7%) qayd etildi, bu EHATdan foydalanish madaniyatining boshqa sohalarga nisbatan sekinroq shakllanayotganini ko'rsatadi.

2-jadval. Tashkilot turlari kesimida elektron hujjat aylanish tizimining samaradorlik ko'rsatkichlari

Tashkilot turi	So'rovda ishtirok etgan tashkilotlar soni	Hujjat aylanish tezligi o'sishi, %	Umumiy samaradorlik indeksi (5 balli shkala)
Davlat boshqaruvi organlari	14	58,3	3,8
Moliya-bank tashkilotlari	10	71,2	4,3
Ta'lim muassasalari	12	49,7	3,5
Xususiy tijorat korxonalari	16	63,5	4,0

MUHOKAMA

Olingan natijalar McLeod va Schell (2007) tomonidan ilgari surilgan, axborot tizimlarini joriy etish tashkiliy jarayonlarning tezligi va shaffofligini oshirish orqali umumiy boshqaruv samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi haqidagi xulosalarni tasdiqlaydi. Ayniqsa hujjatlarni qidirish va kelishish bosqichlarida qayd etilgan sezilarli vaqt tejamlorligi xodimlarning asosiy vazifalariga ko'proq vaqt ajratish imkoniyatini yaratdi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida EHATni joriy etishning bir qator cheklovlari ham aniqlandi: ba'zi xodimlarning raqamli vositalardan foydalanish ko'nikmalari yetarli emasligi, dastlabki joriy etish bosqichida xodimlarning yangi tizimga moslashish davri hamda ba'zi tashkilotlarda mavjud ish jarayonlarini elektron tizimga to'liq moslashtirishning murakkabligi. Asogwa (2013) ta'kidlaganidek, EHATning samaradorligi nafaqat texnik jihatdan to'g'ri joriy etilishiga, balki tashkilot xodimlarining raqamli madaniyatni qabul qilish darajasiga ham bog'liq.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot elektron hujjat aylanish tizimlarini joriy etish tashkilotlar faoliyati samaradorligiga sezilarli ijobiy ta'sir ko'rsatishini, xususan hujjatlarni ijro etish muddati, xarajatlar darajasi va xodimlar qoniqishi ko'rsatkichlari bo'yicha aniq yaxshilanishlarni ta'minlashini ko'rsatdi. Shu bilan birga, samaradorlik darajasi tashkilot turi va sohasiga qarab farqlanishi aniqlandi, bu EHATni joriy etishda soha xususiyatlarini hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Kelgusida quyidagilar tavsiya etiladi: 1) EHATni joriy etishdan oldin tashkilot xodimlari uchun raqamli savodxonlikni oshirish bo'yicha tayyorgarlik dasturlarini o'tkazish; 2) ta'lim va boshqa nisbatan sekin moslashuvchi sohalarida EHATdan foydalanish madaniyatini shakllantirish bo'yicha maxsus targ'ibot ishlarini kuchaytirish; 3) tashkilotlarda EHAT samaradorligini muntazam monitoring qilish va baholash tizimini joriy etish; 4) EHATni boshqa axborot tizimlari (masalan, buxgalteriya va kadrlar boshqaruvi tizimlari) bilan integratsiyalashgan holda qo'llashni kengaytirish.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Ergashev, T.M. (2022). Elektron hujjat aylanish tizimlarini davlat boshqaruvida joriy etish tajribasi. Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti.
2. Yusupova, D.R. (2023). "Elektron hukumat" dasturi doirasida hujjat aylanishini raqamlashtirish natijalari. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar jurnali, №2, 71-78.
3. Ne'matova, S.A. (2021). Tashkilotlarda elektron hujjat aylanish tizimlarining tatbiq etilishi va samaradorligi. ToshDTU ilmiy axborotnomasi, №4, 84-90.
4. Qurbonova, M.T. (2023). Moliya-bank tashkilotlarida elektron hujjat aylanishni avtomatlashtirish tajribasi. Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya jurnali, №1, 55-61.
5. Boltayev, R.S. (2022). Ta'lim muassasalarida elektron hujjat aylanish tizimlaridan foydalanish muammolari. Uzluksiz ta'lim jurnali, №5, 47-53.
6. Sprague, R.H. (1995). Electronic document management: Challenges and opportunities for information systems managers. MIS Quarterly, 19(1), 29-49.
7. McLeod, R., & Schell, G.P. (2007). Management Information Systems (10th ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
8. Asogwa, B.E. (2013). Electronic records management in the digital age: Issues and strategies. The Electronic Library, 31(3), 384-395.
9. International Organization for Standardization. (2016). ISO 15489-1:2016 — Information and Documentation — Records Management. Geneva: ISO.
10. Wilkins, L., Swatman, P.M.C., & Holt, D. (2009). Achieved and tangible benefits: Lessons learned from a landmark EDMS implementation. Records Management Journal, 19(1), 37-53.

RAQAMLI PLATFORMALAR ASOSIDA TASHKILOTLARNING BIZNES JARAYONLARINI AVTOMATLASHTIRISH USULLARINI TADQIQ ETISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Muqimova Bahora Baxtiyor qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli platformalar asosida tashkilotlarning biznes jarayonlarini avtomatlashtirish usullari tadqiq etilgan. Tadqiqotda robotlashtirilgan jarayon

avtomatlashtiruv (RPA), kam kodli/kodsiz platformalar, biznes-jarayonlarni boshqarish tizimlari (BPM suite), maxsus dasturiy ta'minot ishlab chiqish va integratsiya platformasi xizmat sifatida (iPaaS) asosidagi avtomatlashtirish yondashuvlarining amalga oshirish vaqti, talab qilinadigan texnik malaka va qo'llanish sohasi bo'yicha qiyosiy tahlili keltirilgan. Tashkilotning to'rt bo'limida (kadrlar, moliya, xaridlar, mijozlarga xizmat ko'rsatish) o'tkazilgan pilot loyiha natijalari jarayonlarni avtomatlashtirish jarayon davomiyligini va xatoliklar darajasini sezilarli darajada kamaytirishini ko'rsatdi. Maqola so'ngida tashkilotlarda biznes jarayonlarni raqamli platformalar asosida avtomatlashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: raqamli platforma, biznes jarayonlarni avtomatlashtirish, RPA, kam kodli platforma, BPM tizimi, jarayonlarni modellash, raqamli transformatsiya, ish oqimi.

Annotation. This article investigates methods for automating organizational business processes based on digital platforms. The study presents a comparative analysis of robotic process automation (RPA), low-code/no-code platforms, business process management (BPM) suites, custom software development, and integration platform as a service (iPaaS)-based automation approaches in terms of implementation time, required technical skills, and application scope. The results of a pilot project conducted in four departments of an organization (HR, finance, procurement, and customer service) show that process automation significantly reduces process duration and error rates. The article concludes with practical recommendations for automating business processes in organizations based on digital platforms.

Keywords: digital platform, business process automation, RPA, low-code platform, BPM system, process modeling, digital transformation, workflow.

Аннотация. В данной статье исследуются методы автоматизации бизнес-процессов организаций на основе цифровых платформ. В исследовании представлен сравнительный анализ подходов к автоматизации на основе роботизированной автоматизации процессов (RPA), платформ с низким кодом/без кода, систем управления бизнес-процессами (BPM), разработки заказного программного обеспечения и платформы интеграции как услуги (iPaaS) по критериям времени внедрения, требуемой технической квалификации и области применения. Результаты пилотного проекта, проведённого в четырёх подразделениях организации (кадры, финансы, закупки, обслуживание клиентов), показали, что автоматизация процессов значительно сокращает продолжительность процессов и уровень ошибок. В конце статьи представлены практические рекомендации по автоматизации бизнес-процессов организаций на основе цифровых платформ.

Ключевые слова: цифровая платформа, автоматизация бизнес-процессов, RPA, платформа с низким кодом, BPM-система, моделирование процессов, цифровая трансформация, рабочий процесс.

KIRISH

Zamonaviy raqamli iqtisodiyot sharoitida tashkilotlarning raqobatbardoshligi ko'p jihatdan ularning ichki biznes jarayonlarini qanchalik tez, aniq va kam xarajat bilan amalga oshira olishiga bog'liq. Qo'lda bajariladigan, ko'plab takrorlanuvchi operatsiyalarni o'z ichiga olgan jarayonlar vaqt yo'qotishlarga, inson omili tufayli yuzaga keladigan xatoliklarga va xodimlarning yuqori qiymatli vazifalardan chalg'ishiga olib keladi. Shu sababli raqamli platformalar asosida biznes jarayonlarini

avtomatlashtirish zamonaviy tashkilotlarning raqamli transformatsiya strategiyasidagi markaziy yo'nalishlardan biriga aylandi.

Xorijiy tadqiqotchilar (van der Aalst, 2016; Dumas et al., 2018; Willcocks et al., 2015) biznes jarayonlarini boshqarish (BPM) va jarayon-mayning (process mining) metodologiyalarini, shuningdek robotlashtirilgan jarayon avtomatlashtiruvi (RPA) texnologiyasining tashkiliy samaradorlikka ta'sirini keng tadqiq qilishgan. O'zbek olimlari (Rustamov, 2022; Tojiyeva, 2023; Aliqulov, 2021) esa milliy korxonalarda biznes jarayonlarni raqamlashtirish va avtomatlashtirish amaliyotini, jumladan kam kodli platformalarning joriy etilishi tajribasini tadqiq qilishgan.

Tadqiqotning maqsadi — raqamli platformalar asosida tashkilotlarning biznes jarayonlarini avtomatlashtirish usullarini tadqiq etish, ularning afzallik va cheklovlarini qiyosiy tahlil qilish hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari: 1) biznes jarayonlarini avtomatlashtirishning zamonaviy texnologik yondashuvlarini tizimli tahlil qilish; 2) avtomatlashtirish usullarini amalga oshirish vaqti, murakkabligi va qo'llanish sohasi bo'yicha qiyosiy baholash; 3) pilot loyiha asosida avtomatlashtirishning jarayon davomiyligi va xatoliklar darajasiga ta'sirini eksperimental tekshirish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI

Tadqiqot doirasida O'zbekistondagi savdo-xizmat ko'rsatish yo'nalishida faoliyat yurituvchi korxonaning to'rt bo'limida (kadrlar, moliya, xaridlar va mijozlarga xizmat ko'rsatish bo'limlari) tanlab olingan jarayonlarni avtomatlashtirish bo'yicha pilot loyiha amalga oshirildi. Har bir jarayon uchun eng mos avtomatlashtirish yondashuvi (RPA yoki kam kodli platforma) jarayonning takrorlanuvchanligi, qoidalarga asoslanganligi va tizimlar bilan integratsiya ehtiyoji asosida tanlandi.

Tadqiqotda jarayon tahlili (process analysis), vaqt o'lchash (time-motion study), qiyosiy tahlil hamda statistik tahlil metodlaridan foydalanildi. Har bir jarayon avtomatlashtirishdan oldin va keyin quyidagi mezonlar bo'yicha o'lchandi: jarayonning o'rtacha davomiyligi (soatlarda), jarayonda yuzaga keladigan xatoliklar darajasi (avtomatlashtirishdan oldingi ko'rsatkichga nisbatan foizli o'zgarish) va avtomatlashtirish natijasida oyiga tejalgan ish vaqti (soatlarda). Kuzatuv har ikki bosqichda 8 haftalik davr mobaynida olib borildi.

NATIJALAR

1-jadvalda biznes jarayonlarini avtomatlashtirishning besh xil zamonaviy yondashuvi qiyosiy tahlil qilingan. Tahlil shuni ko'rsatdiki, RPA va kam kodli platformalar nisbatan qisqa muddatda va past-o'rta texnik malaka bilan joriy etilishi mumkin bo'lib, bu ularni ko'pchilik tashkilotlar uchun tezkor avtomatlashtirish vositasiga aylantiradi. BPM tizimlari va maxsus dasturiy ta'minot esa murakkabroq, ko'p bosqichli jarayonlar uchun mos bo'lsa-da, yuqori texnik resurs va vaqt talab qiladi.

1-jadval. Biznes jarayonlarini avtomatlashtirish yondashuvlarining qiyosiy tahlili

Avtomatlashtirish yondashuvi	Mohiyati	Amalga oshirish vaqti	Talab qilinadigan texnik malaka	Tavsiya etiladigan qo'llanish sohasi
Robotlashtirilgan jarayon	Dasturiy "robot" orqali takrorlanuvchi, qoidaga	Qisqa (2–6 hafta)	O'rta	Ma'lumot kiritish, hisobotlarni

Avtomatlashtirish yondashuvi	Mohiyati	Amalga oshirish vaqti	Talab qilinadigan texnik malaka	Tavsiya etiladigan qo'llanish sohasi
avtomatlashtiruv (RPA)	asoslangan vazifalarni bajarish			shakllantirish kabi rutina vazifalar
Kam kodli / kodsiz platformalar (Low-code/No-code)	Vizual konstruktor orqali ish jarayonlarini dasturlashsiz yaratish	Qisqa-O'rta (1–3 oy)	Past-O'rta	Ichki ish oqimlarini tezkor avtomatlashtirish, mobil va veb-ilovalar
Biznes-jarayonlarni boshqarish tizimlari (BPM suite)	BPMN notatsiyasi asosida murakkab, ko'p bosqichli jarayonlarni modellashtirish va boshqarish	O'rta-Uzoq (3–6 oy)	Yuqori	Ko'p bo'limli, murakkab tasdiqlash zanjiriga ega jarayonlar
Maxsus dasturiy ta'minot ishlab chiqish (custom development)	Tashkilot ehtiyojiga moslab noldan dasturiy yechim yaratish	Uzoq (6–12 oy)	Juda yuqori	Noyob, standart platformalarga sig'maydigan murakkab jarayonlar
Integratsiya platformasi xizmat sifatida (iPaaS) + avtomatlashtirish	Bulutli platforma orqali turli tizimlarni bog'lab, jarayonlarni avtomatlashtirish	Qisqa-O'rta (1–4 oy)	O'rta	Turli SaaS-tizimlar o'rtasidagi ma'lumot almashish jarayonlari

2-jadvalda pilot loyiha doirasida to'rt bo'limda amalga oshirilgan avtomatlashtirish natijalari keltirilgan. Eng katta samaradorlik moliya bo'limidagi hisob-fakturalarni qayta ishlash jarayonida qayd etildi — jarayon davomiyligi 4,2 soatdan 0,9 soatgacha (81 foizga) qisqargan, oyiga esa 126 soat ish vaqti tejalgan.

2-jadval. Pilot loyiha doirasida bo'limlar kesimida avtomatlashtirish natijalari

Bo'lim / jarayon	Jarayon davomiyligi, avtomatlashtirishdan oldin (soat)	Jarayon davomiyligi, avtomatlashtirishdan keyin (soat)	Xatoliklar darajasining kamayishi, %	Oyiga tejalgan ish vaqti, soat
Kadrlar bo'limi: yangi xodimni ishga qabul qilish jarayoni	6,5	1,8	–68	94
Moliya bo'limi: hisob-	4,2	0,9	–81	126

Bo'lim / jarayon	Jarayon davomiyligi, avtomatlashtirishdan oldin (soat)	Jarayon davomiyligi, avtomatlashtirishdan keyin (soat)	Xatoliklar darajasining kamayishi, %	Oyiga tejalgan ish vaqti, soat
fakturalarni qayta ishlash				
Xaridlar bo'limi: yetkazib beruvchilarni tasdiqlash jarayoni	9,0	3,1	–57	78
Mijozlarga xizmat ko'rsatish: murojaatlarni taqsimlash	2,3	0,4	–72	112

So'rovnomalar natijalariga ko'ra, avtomatlashtirilgan jarayonlar bilan ishlagan xodimlarning 84 foizi rutina vazifalardan ozod bo'lib, ular murakkabroq va tahliliy vazifalarga ko'proq vaqt ajratish imkoniyatiga ega bo'lganini qayd etishdi. Shu bilan birga, xodimlarning 36 foizi avtomatlashtirilgan tizimlarni o'rganish uchun dastlabki bosqichda qo'shimcha vaqt sarflashga to'g'ri kelganini ta'kidladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Willcocks va boshqalar (2015) tomonidan ilgari surilgan, RPA texnologiyasi qoidaga asoslangan, takrorlanuvchi jarayonlarni avtomatlashtirishda yuqori tezlik va past xarajat bilan samarali natija berishi haqidagi xulosalarni tasdiqlaydi. Ayniqsa moliya va mijozlarga xizmat ko'rsatish bo'limlarida qayd etilgan yuqori samaradorlik ushbu jarayonlarning yuqori darajada standartlashganligi va qat'iy qoidalarga asoslanganligi bilan izohlanadi.

Dumas va boshqalar (2018) ta'kidlaganidek, avtomatlashtirishdan oldin jarayonlarni chuqur tahlil qilish va optimallashtirish zarur, aks holda “samarasiz jarayonni avtomatlashtirish” samarasizlikni yanada tezlashtirishi mumkin. Shu nuqtai nazardan, xaridlar bo'limidagi nisbatan pastroq samaradorlik (57%) ushbu jarayonning boshqa jarayonlarga nisbatan murakkabroq va ko'proq inson qarori talab qiladigan bosqichlarga ega ekanligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot raqamli platformalar asosida biznes jarayonlarini avtomatlashtirish tashkilotlarda jarayon davomiyligini, xatoliklar darajasini va operatsion xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, avtomatlashtirish yondashuvini tanlash jarayonning murakkabligi, takrorlanuvchanligi va tashkilotning texnik salohiyatiga bog'liq holda amalga oshirilishi zarurligi aniqlandi.

Kelgusida quyidagilar tavsiya etiladi: 1) avtomatlashtirishdan oldin jarayonlarni tahlil qilish va optimallashtirish (process mining) bosqichini majburiy amaliyot sifatida joriy etish; 2) qoidaga asoslangan, yuqori takrorlanuvchan jarayonlar uchun RPA va kam kodli platformalardan boshlab, bosqichma-bosqich murakkabroq yechimlarga o'tish strategiyasini qo'llash; 3) xodimlarni yangi

raqamli vositalar bilan ishlashga tayyorlash bo'yicha ichki o'quv dasturlarini tashkil etish; 4) avtomatlashtirilgan jarayonlar samaradorligini muntazam monitoring qilish va takomillashtirish tizimini joriy etish.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Rustamov, B.A. (2022). Korxonalarda biznes jarayonlarni raqamli platformalar asosida avtomatlashtirish tajribasi. Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti.
2. Tojiyeva, S.R. (2023). Kam kodli platformalarning tashkiliy jarayonlarni avtomatlashtirishdagi roli. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar jurnali, №4, 89-96.
3. Aliqulov, S.M. (2021). Robotlashtirilgan jarayon avtomatlashtiruvchi (RPA) texnologiyasini joriy etish amaliyoti. ToshDTU ilmiy axborotnomasi, №2, 68-75.
4. Sodiqov, R.B. (2023). Biznes-jarayonlarni boshqarish tizimlari asosida korxona samaradorligini oshirish. Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya jurnali, №3, 51-58.
5. Mirzayeva, D.T. (2022). Kichik va o'rta biznesda jarayonlarni raqamli avtomatlashtirish imkoniyatlari. Uzluksiz ta'lim jurnali, №4, 59-65.
6. van der Aalst, W.M.P. (2016). Process Mining: Data Science in Action (2nd ed.). Berlin: Springer.
7. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H.A. (2018). Fundamentals of Business Process Management (2nd ed.). Berlin: Springer.
8. Willcocks, L.P., Lacity, M., & Craig, A. (2015). The IT Function and Robotic Process Automation. London: LSE Outsourcing Unit Working Paper.
9. Hammer, M., & Champy, J. (1993). Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York: HarperBusiness.
10. Gartner. (2023). Magic Quadrant for Enterprise Low-Code Application Platforms. Stamford: Gartner, Inc.

QUIC XIZMATLARIDA 0 RTT SO'ROVLARI VA MANZILNI TASDIQLASHNI XAVFSIZ BOSHQARISH

O. A. Asrorov

ORCID: 0009-0005-8215-9000

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Axborot texnologiyalari, Qarshi, O'zbekiston

AsrorovOybek@gmail.com

***Annotatsiya.** QUIC transporti ulanishni tez boshlash va ma'lumotni 0-RTT bosqichida uzatish imkonini beradi. Biroq dastlabki ma'lumotni qayta yuborish ehtimoli mavjud, tasdiqlanmagan manzilga qaytariladigan trafik esa aks ettirish kuchaytirilishiga yo'l ochmasligi kerak. Maqolada HTTP/3 xizmatining transport va ilova qatlamlarida alohida qaror qabul qiladigan model taklif etiladi. Server tasdiqlanmagan mijoz manzili uchun QUICning uch baravar yuborish chegarasini saqlaydi, xizmat esa faqat takroran bajarilganda zarar keltirmaydigan so'rovlarga 0-RTT ruxsatini beradi. Xayfli so'rovlar handshake yakunlanguncha kutadi yoki HTTP 425 holati bilan qaytariladi. Qabul mezonlari qayta yuborish, token eskirishi va odatiy ulanishni qamrab oladi. Taklifda o'lchangan kechikish yoki xavfsizlik samaradorligi haqidagi sonli natijalar keltirilmaydi.*

Kalit soʻzlar: QUIC, HTTP/3, 0-RTT, replay, manzilni tasdiqlash, anti-amplification, 425 Too Early.

Annotation. The QUIC transport protocol enables rapid connection establishment and data transmission during the 0-RTT phase. However, since there is a possibility of initial data retransmission, traffic returned to an unverified address must not facilitate reflection amplification attacks. This article proposes a model for the HTTP/3 service that makes distinct decisions at both the transport and application layers. The server enforces QUIC's "three-times" sending limit for unverified client addresses, while the service permits 0-RTT processing only for requests that are safe to retry (idempotent). Potentially unsafe requests are either deferred until the handshake completes or rejected with an HTTP 425 status code. Acceptance criteria account for retransmissions, token expiration, and standard connection procedures.

Keywords: QUIC, HTTP/3, 0-RTT, replay, address validation, anti-amplification, 425 Too Early.

Аннотация. Транспортный протокол QUIC обеспечивает быстрое установление соединения и передачу данных на этапе 0-RTT. Однако, поскольку возможна повторная передача начальных данных, трафик, отправляемый на непроверенный адрес, не должен способствовать проведению атак с усилением (reflection amplification attacks). В данной статье предлагается модель сервиса HTTP/3, предусматривающая принятие отдельных решений на транспортном и прикладном уровнях. Сервер соблюдает установленное в QUIC ограничение на отправку (правило «трехкратного объема») для непроверенных адресов клиентов, в то время как сервис допускает обработку 0-RTT только для запросов, безопасных для повторного выполнения (идемпотентных). Потенциально небезопасные запросы либо откладываются до завершения процедуры рукопожатия, либо отклоняются с возвратом кода состояния HTTP 425. Критерии принятия запросов учитывают повторные передачи, истечение срока действия токена и стандартные процедуры установления соединения.

Ключевые слова: QUIC, HTTP/3, 0-RTT, повторная отправка (replay), проверка адреса, защита от усиления (anti-amplification), 425 Too Early.

KIRISH

QUIC UDP ustida ishlaydigan, TLS bilan himoyalangan transport boʻlib, ulanish va oqimlarni boshqarishni belgilaydi [1, 2]. Avvalgi ulanishdan olingan maʼlumotdan foydalangan klient 0-RTT bosqichida ilova soʻrovini yuborishi mumkin. Shu bosqichdagi maʼlumotni tarmoqdagi yoki xizmat chetidagi qayta yuborish holatlariga nisbatan alohida baholash talab etiladi [2]. HTTP/3 aynan QUIC ustida ishlaydigan HTTP semantikasini belgilaydi [3].

Maqola maqsadi 0-RTT ni ilovaning qaysi amaliga ruxsat berish va tasdiqlanmagan IP manzilga server javobi qancha boʻlishini bir xavfsizlik loyihasida ajratib koʻrsatishdir. Ular oʻzaro bogʻliq, ammo biri soʻrovning takroriy bajarilishi, ikkinchisi esa soxta manzil orqali trafikni kuchaytirish xavfiga javob beradi.

Tahdidlar va xavfsizlik invariantlari

Birinchi tahdid — 0-RTT da yuborilgan soʻrovning qayta ijro etilishi. Agar bitta soʻrov hisobdan mablagʻ yechish yoki resurs yaratishni boshlab yuborsa, takrorlash ikki marta amal bajarilishiga sabab boʻlishi mumkin. Shu bois HTTP metodi nomini koʻrishning oʻzi yetmaydi: ilovaning amaldagi yon taʼsiri va takror bajarishga chidamliligi tekshiriladi. RFC 8470 dastlabki

ma'lumotni qayta ijro xavfi bilan bog'laydi va server xavfli so'rovga 425 Too Early qaytarishini belgilaydi [4].

Ikkinchi tahdid — manba IP si qalbakilashtirilgan dastlabki paketga serverning katta hajmda javob berishi. RFC 9000 bo'yicha server klient manzilini tasdiqlaguncha shu ulanish bo'yicha olingan baytlar hajmining uch baravaridan ko'p bayt yubormasligi kerak [1]. Bu qoidani 0-RTT ruxsatiga tenglashtirib bo'lmaydi: manzil tasdiqlanishi va ilova so'rovining qayta ijroga chidamliligi mustaqil tekshiriladi.

Xavfsizlik invariantlari quyidagicha ifodalanadi: tasdiqlanmagan manzil uchun $B_{yuborilgan} \leq 3 \times B_{olingan}$; 0-RTT da yon ta'sirli amal ishga tushirilmaydi; to'liq ulanish bosqichiga o'tilganda so'rov qayta yuborilsa, uning bitta mantiqiy tranzaksiyaga tegishliligi saqlanadi. Birinchi tengsizlik QUIC transportining normativ chegarasi, qolganlari taklif etilayotgan xizmat siyosatining mezonlaridir [1, 4].

Server va ilova qatlamidagi siyosat

Transport serveri klient manzili tasdiqlangunga qadar yuborish hisoblagichini ulanish doirasida yuritadi. Zarur holatda Retry yoki oldin berilgan NEW_TOKEN mexanizmi manzilni tasdiqlashga yordam beradi [1]. Tokenni qabul qilish siyosati muddati, bog'lanish sharti va qayta foydalanish holatini hisobga oladi. Qayta ulanishdagi manzil o'zgarishi muntazam tarmoq hodisasi bo'lishi mumkin; bunday vaziyat alohida yangi tasdiqlashni talab qiladi.

Ilova barcha endpointlarni semantikasiga ko'ra tasniflaydi. Yon ta'sirsiz, takror bajarilganda holatni o'zgartirmaydigan o'qish amali siyosat bo'yicha 0-RTT ga ruxsat olishi mumkin; hisob, buyurtma yoki sessiya holatini o'zgartiradigan amal handshake tugaguncha kutadi yoki 425 bilan rad etiladi [4]. 425 olgan klient so'rovni keyinroq odatiy ulanishda qayta yuboradi, uni yana 0-RTT sifatida jo'natmaydi. Ayrim o'qish amali ham shaxsiy ma'lumotga kirish yoki audit yozuvi yaratishi mumkin; shuning uchun ruxsatni faqat HTTP metodiga emas, endpointning haqiqiy ishiga bog'lash kerak.

Qayta yuborish ehtimoli mavjud bo'lgan biznes amallarda tranzaksiya identifikatori va takroriy ijroni aniqlash mexanizmi qo'llanishi mumkin. U 0-RTT uchun umumiy ruxsatnoma bo'lib qolmaydi: saqlash muddati, bir nechta server nusxasi o'rtasidagi muvofiqlik va atomar yozuv alohida loyihalanadi. Eng sodda boshlang'ich siyosat — 0-RTT ni o'chirib qo'yib, avval oddiy QUIC/HTTP/3 ulanishini to'g'ri ishlatish, keyin faqat xavfsiz endpointlarda imkoniyatni yoqish.

Tekshiruv rejasining qurilishi

Sinov muhitida klient va server hisoblagichlari, handshake holati hamda har bir endpointning qayta ijro siyosati qayd etiladi. 1-jadval birinchi qabul sinovlari to'plamidir. U real trafik natijalari emas, tekshiruvdagi qarorni ko'rsatadi. 0-RTT so'rovi takror kelganda bir xil mantiqiy amal ikki marta bajarilmasligi, 425 olingandan keyingi qayta urinish esa dastlabki ma'lumot bosqichidan tashqarida amalga oshishi nazorat qilinadi [4].

Manzil tasdiqlanishi bo'yicha sinovda serverning bayt hisoblagichi va tasdiqlash holati birga tekshiriladi. Agar javob $3 \times$ olingan bayt chegarasiga yetib qolsa, server keyingi yuborishni kutadi yoki tasdiqlash jarayonini yakunlaydi [1]. Kechikish va resurs xarajatini baholashda alohida o'lchovlar hamda turli tarmoq sharoitlari talab etiladi; bu maqola bunday natijani taxmin bilan to'ldirmaydi.

1-jadval. QUIC xizmatida taklif etilgan qabul sinovlari

Holat	Tekshiruv obyekti	Kutiladigan qaror
Xavfsiz o'qish so'rovi	0-RTT siyosati	Faqat ruxsatli endpointda qabul qilinadi
Holatni o'zgartiruvchi so'rov	0-RTT siyosati	Kutadi yoki HTTP 425 qaytadi
425 dan keyingi urinish	Klientning javobi	So'rov odatiy bosqichda qaytariladi
Tasdiqlanmagan IP manzil	Server yuborgan baytlar	Yuborish $\leq$ olingan hajmning 3 baravari
Muddati o'tgan token	Manzil tasdiqlanishi	Yangi tasdiqlash qo'llanadi

MUHOKAMA VA XULOSA

0-RTT qulayligi har bir endpointga umumiy tarzda tatbiq etilmaydi. Xavfsiz ishlash uchun serverning manzil bo'yicha yuborish cheklovi, ilovaning takroriy so'rovlarga munosabati va klientning 425 dan keyingi xatti-harakati bir xil qoidalar to'plamida tasvirlanadi. Gateway va xizmat nusxalari 0-RTT holatini izchil tushunmasa, ulardan biri xavfli so'rovni muddatidan oldin bajarishi mumkin [4].

Taklif etilgan model QUICning transport talabi bilan HTTP/3 xizmatining biznes qoidalarini alohida tekshiradi. Ishlab chiqarish muhitidagi xulosaga kelish uchun 0-RTT yoqilgan va o'chirilgan holatlarda real kechikish, 425 javoblari, qayta yuborishlar va noto'g'ri takroriy ijro hodisalari o'lchanishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Iyengar J., Thomson M. QUIC: A UDP-Based Multiplexed and Secure Transport. RFC 9000. IETF, 2021. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9000>
2. Thomson M., Turner S. Using TLS to Secure QUIC. RFC 9001. IETF, 2021. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9001>
3. Bishop M. HTTP/3. RFC 9114. IETF, 2022. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9114>
4. Thomson M., Nottingham M., Nygren E. Using Early Data in HTTP. RFC 8470. IETF, 2018. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc8470>

KORPORATIV DNS INFRATUZILMASIDA JAVOB YAXLITLIGI VA SO'ROV MAXFIYLIGINI QATLAMLI HIMOYALASH

O. A. Asrorov

ORCID: 0009-0005-8215-9000

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Axborot texnologiyalari, Qarshi, O'zbekiston

AsrorovOybek@gmail.com

***Annotatsiya.** DNS himoyasi ko'pincha bitta texnologiyaga tenglashtiriladi, holbuki javob manbasini tasdiqlash va mijoz so'rovini yashirish alohida masalalardir. Maqolada korporativ tarmoq uchun DNSSEC tekshiruvchi rekursiv rezolver, mijoz bilan shifrlangan aloqa va nom oshkor bo'lishini qisqartiruvchi so'rov siyosatidan tashkil topgan arxitektura taklif etiladi. DNSSEC javob yaxlitligini va kelib chiqishini tekshirishi, DNS over TLS yoki DNS over HTTPS esa mijoz bilan*

rezolver o'rtasidagi kanalni himoyalashi standartlarga tayangan holda izohlanadi. Ishlab chiqilgan qabul sinovlari imzolangan va noto'g'ri imzolangan domenlar, sertifikat xatosi va ichki zona uchun alohida kutilmalarni belgilaydi. Hujjatdagi model tajriba natijasi emas; tarmoqda joriy etishdan oldingi tekshiruv va boshqaruv mezonlarini ifodalaydi.

Kalit so'zlar: DNSSEC, DNS over TLS, DNS over HTTPS, rekursiv rezolver, QNAME minimization, maxfiylik.

Annotation. DNS protection is often equated with a single technology, yet verifying the source of a response and masking client queries are distinct issues. This article proposes an architecture for corporate networks comprising a DNSSEC-validating recursive resolver, encrypted client communication, and a query policy designed to minimize name exposure. It explains—based on established standards—how DNSSEC verifies response integrity and origin, while DNS over TLS or DNS over HTTPS secures the channel between the client and the resolver. The developed acceptance tests define specific expectations for correctly signed domains, incorrectly signed domains, certificate errors, and internal zones. The model presented in the document is not an experimental result; rather, it outlines verification and management criteria for network deployment.

Keywords: DNSSEC, DNS over TLS, DNS over HTTPS, recursive resolver, QNAME minimization, privacy.

Аннотация. Защиту DNS часто сводят к какой-то одной технологии, однако проверка источника ответа и сокрытие клиентских запросов — это разные задачи. В данной статье предлагается архитектура для корпоративных сетей, включающая рекурсивный резолвер с поддержкой проверки DNSSEC, механизмы шифрования взаимодействия с клиентами и политику обработки запросов, направленную на минимизацию раскрытия имен. На основе действующих стандартов в статье разъясняется, как DNSSEC обеспечивает проверку целостности и подлинности источника ответа, а протоколы DNS over TLS или DNS over HTTPS защищают канал связи между клиентом и резолвером. Разработанные приемочные тесты определяют конкретные критерии для корректно и некорректно подписанных доменов, случаев возникновения ошибок сертификатов и обработки внутренних зон. Представленная в документе модель не является результатом эксперимента; она описывает критерии проверки и управления, необходимые для внедрения системы в сети.

Ключевые слова: DNSSEC, DNS over TLS, DNS over HTTPS, рекурсивный резолвер, минимизация QNAME, конфиденциальность.

KIRISH

DNS so'rovi ilova uchun manzilni topadi, lekin noto'g'ri javob mijozni boshqa resursga yo'naltirishi, ochiq so'rov esa tashrif buyurilgan nomlarni oshkor qilishi mumkin. Bu ikki muammo turli qatlamda yuz beradi. DNSSEC imzolangan yozuvning kelib chiqishi va yaxlitligini tekshiradi, so'rov mazmunini esa shifrlamaydi [1, 2]. DNS over TLS (DoT) va DNS over HTTPS (DoH) esa mijoz–rezolver aloqasini shifrlaydi; ular manba zonaning DNSSEC imzosini o'z-o'zidan tekshirmaydi [3, 4].

Maqolaning maqsadi ichki tarmoqda ushbu mexanizmlarni bir-birining vazifasini almashtirmasdan joylashtirish hamda nosozlik paytida to'g'ri qaror chiqarish mezonlarini berishdir. Taklif klientlar, korporativ rekursiv rezolver va tashqi vakolatli DNS serverlardan iborat namunaviy arxitektura tegishli.

Arxitektura va ishonch chegaralari

Klient korporativ rezolverta sertifikatni tekshiriladigan DoT yoki DoH orqali ulanadi. Rezolver DNSSEC tekshirishni yoqib, ildizdan boshlanadigan ishonch zanjiri mavjud zonalaridagi imzolarni tasdiqlaydi [1, 2]. Natijada transportdagi shifrlash bilan DNS javobidagi kriptografik dalil ikki alohida joyda tekshiriladi. Agar klient DNSSEC ni o'zi tekshirmasa, u rezolverning tekshiruv siyosati va rezolverta o'rnatilgan shifrlangan ulanishga ham ishonadi.

DoT va DoH bu modelda bir xil aloqa bo'lagi uchun ikki muqobil transportdir. DoT TLS ustidagi DNSni, DoH esa HTTPS ichidagi DNSni belgilaydi [3, 4]. Korporativ siyosat qaysi rezolver manzili va sertifikatiga ishonilishini e'lon qiladi. RFC 8310 dagi qat'iy maxfiylik profiliga mos ishlaganda sertifikatni tasdiqlab bo'lmasa, klient so'rovni yashirincha ochiq DNSga tushirmasligi kerak [5]. Bu qaror vaqtinchalik uzilish xavfini ham keltiradi; shuning uchun zaxira rezolver ham oldindan tasdiqlangan bo'lishi kerak.

Shifrlangan kanal faqat klient va tanlangan rezolver oralig'ini yopadi. Rezolver so'rov nomini ko'radi; u tashqi vakolatli serverlarga so'rov yuboradigan bosqich alohida ko'rib chiqiladi. RFC 9156 dagi QNAME minimization usuli rezolvingning har bosqichida zarur bo'lgan nom qismini so'rash orqali ortiqcha oshkorlikni kamaytiradi [6]. Biroq bu usul DNSSEC yoki transport shifrlash o'rnini bosmaydi.

Xatolarga ishlov berish va ichki zonalar

Rezolver imzolangan zona javobini tekshirayotganda imzo buzilgan bo'lsa, uni ishonchli deb klientga uzatmaydi. Imzolanmagan domen esa avtomatik «soxta» deb baholanmaydi: DNSSEC dagi «insecure» holat haqiqiy buzilgan ishonch zanjiri («bogus») bilan ajratiladi [1, 2]. Administrator DNS xatosini bartaraf etish uchun validatsiyani butunlay o'chirib qo'yish o'rniga xatoga sabab bo'lgan zona, vaqt, ishonch kaliti va rezolver jurnalini tekshiradi.

Korporativ ichki zonalarda mahalliy nomlash va tashqi nomlash farq qilishi mumkin. Split DNS mavjud bo'lsa, qaysi nomlar ichki javobga ega ekani va ularning imzolanish siyosati hujjatlashtiriladi. Rezolver qoidalari tashqi DNSSEC tekshiruvini chetlab o'tish uchun umumiy istisno yaratmasligi kerak. So'rov jurnallarida xatoni aniqlashga yetarli vaqt va kod saqlanadi, lekin barcha foydalanuvchi nomlarini cheksiz saqlash maxfiylik maqsadiga zid bo'ladi; RFC 9076 DNS maxfiyligi bilan kuzatuv zarurati o'rtasidagi muvozanatni ko'rib chiqadi [7].

Qabul sinovlari

1-jadval ishga tushirishdan avval bajariladigan sinovlarni ko'rsatadi. Sinov domenlari nazorat qilinadigan muhitda tayyorlanadi; haqiqiy foydalanuvchi so'rovlaridan sinov ma'lumoti sifatida foydalanilmaydi. Paket sathi kuzatuvida klient–rezolver aloqa bo'lagining shifrlangani, rezolver jurnalida esa validatsiya holati qayd etilgani tekshiriladi. Jadvalda ko'rsatilgan javoblar ushbu model uchun kutilmalar bo'lib, o'lgangan natija sifatida talqin qilinmaydi.

Tizimning ishlashi faqat «domen ochildi» bilan baholanmaydi. Sinov hisobotida qaysi transport ishlatilgani, sertifikatning yaroqliligi, DNSSEC holati, xatoda ochiq DNSga o'tish sodir bo'lmagani hamda ichki zona qoidalari alohida ko'rsatiladi.

1-jadval. DNS arxitekturasi uchun tekshiruv ssenariylari

Sinov	Rezolverdagi holat	Kutiladigan qaror
To'g'ri imzolangan zona	DNSSEC tasdiqlandi	Javob mijozga qaytariladi
Imzosi buzilgan zona	DNSSEC tekshiruvi muvaffaqiyatsiz	Ishonchli javob sifatida qaytarilmaydi

Sinov	Rezolverdagi holat	Kutiladigan qaror
Yaroqsiz TLS sertifikat	Transport tasdiqlanmadi	Qat'iy profil ulanishni to'xtatadi
Imzolanmagan zona	Ishonch zanjiri yo'q	Buzilgan imzodan alohida qayd etiladi
Ichki nom	Mahalliy zona siyosati	Faqat belgilangan ichki javob beriladi

MUHOKAMA VA XULOSA

Taklif uchta ishonch chegarasini aniq ajratadi: javobning kriptografik tasdig'i, klientdan rezolvergacha xavfsiz kanal va rezolverdan keyingi so'rov maxfiyligi. Rezolverti markazlashtirish siyosat yuritishni osonlashtirishi mumkin, ammo u xatolik va maxfiy ma'lumotlar to'planadigan nuqta bo'ladi. Shu sababli zaxiralash, jurnalni cheklash va xatoga qasddan kiritilgan sinovlar arxitekturaning o'zida ko'zda tutiladi.

DNSSEC bilan DoT yoki DoH ni birga ishlatish turli tahdidlarga javob beradi. QNAME minimization va aniq ichki zona siyosati ularni to'ldiradi. Amaliy baholash uchun keyinchalik kechikish, tekshiruv xatolari va ochiq transportga nomaqbul o'tish hollari soni haqiqiy sinovda o'lganishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Arends R. va boshq. DNS Security Introduction and Requirements. RFC 4033. IETF, 2005. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4033>
2. Arends R. va boshq. Protocol Modifications for the DNS Security Extensions. RFC 4035. IETF, 2005. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4035>
3. Hu Z. va boshq. Specification for DNS over Transport Layer Security (TLS). RFC 7858. IETF, 2016. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc7858>
4. Hoffman P., McManus P. DNS Queries over HTTPS (DoH). RFC 8484. IETF, 2018. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc8484>
5. Dickinson S. va boshq. Usage Profiles for DNS over TLS and DNS over DTLS. RFC 8310. IETF, 2018. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc8310>
6. Bortzmeyer S., Dolmans R., Hoffman P. DNS Query Name Minimisation to Improve Privacy. RFC 9156. IETF, 2021. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9156>
7. Bortzmeyer S. va boshq. DNS Privacy Considerations. RFC 9076. IETF, 2021. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9076>

IPV6 LOKAL TARMOQLARIDA SOXTA MARSHRUTIZATOR E'LONLARINI ANIQLASH VA CHEKLASH MODEL

O. A. Asrorov

ORCID: 0009-0005-8215-9000

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Axborot texnologiyalari, Qarshi, O'zbekiston

AsrorovOybek@gmail.com

Annotatsiya. IPv6 tarmog'ida Router Advertisement (RA) xabari tugunlarga standart shlyuz va manzil prefiksi kabi asosiy parametrlarni yetkazadi. Shu segmentga ulangan begona qurilma yuborgan soxta RA mijozning yo'nalishini o'zgartirishi yoki aloqani uzishi mumkin. Maqolada kommutator porti roli, ruxsat etilgan marshrutizatorlar ro'yxati va kuzatuv jurnalini birlashtirgan himoya modeli ishlab chiqiladi. Model RA-Guard siyosatini faqat belgilangan router portlarida RA o'tkazishga asoslaydi; IPv6 kengaytma sarlavhalari va fragmentatsiya bilan bog'liq cheklovlar alohida ko'rib chiqiladi. Himoyaning ishlashini baholash uchun haqiqiy RA, ruxsatsiz RA va noto'g'ri shakllangan xabarlar bo'yicha tekshiruv ssenariylari keltiriladi. Taklif loyihaviy xarakterga ega: aniq kommutatorda sinov o'tkazilgani yoki hujumlar soni kamaygani haqida empirik da'vo qilinmaydi.

Kalit so'zlar: IPv6, Router Advertisement, Neighbor Discovery, RA-Guard, kommutator, lokal tarmoq xavfsizligi.

Annotation. In an IPv6 network, Router Advertisement (RA) messages deliver key parameters—such as the default gateway and address prefix—to nodes. A rogue RA message sent by an unauthorized device connected to the same segment can alter a client's routing or disrupt connectivity. This article develops a protection model that integrates switch port roles, an authorized router list, and an audit log. The model bases its RA-Guard policy on permitting RA messages only on designated router ports; constraints related to IPv6 extension headers and fragmentation are addressed separately. To evaluate the protection mechanism, test scenarios involving legitimate RAs, unauthorized RAs, and malformed messages are presented. The proposal is conceptual in nature; no empirical claims are made regarding testing on a specific switch or a reduction in the number of attacks.

Keywords: IPv6, Router Advertisement, Neighbor Discovery, RA-Guard, switch, local network security.

Аннотация. В сетях IPv6 сообщения Router Advertisement (RA) передают узлам ключевые параметры, такие как адрес шлюза по умолчанию и префикс адреса. Несанкционированное сообщение RA, отправленное неавторизованным устройством из того же сегмента сети, может изменить настройки маршрутизации клиента или нарушить сетевое соединение. В данной статье представлена модель защиты, объединяющая использование ролей портов коммутатора, списка авторизованных маршрутизаторов и журнала аудита. Политика RA-Guard в рамках этой модели разрешает прием сообщений RA только на портах, назначенных для подключения маршрутизаторов; ограничения, касающиеся заголовков расширения IPv6 и фрагментации пакетов, рассматриваются отдельно. Для оценки эффективности механизма защиты приводятся сценарии тестирования с использованием легитимных и несанкционированных сообщений RA, а также пакетов с некорректной структурой. Предложенное решение носит концептуальный характер; в статье не приводятся эмпирические данные о результатах тестирования на конкретных моделях коммутаторов или о количественном снижении числа атак.

Ключевые слова: IPv6, Router Advertisement, Neighbor Discovery, RA-Guard, коммутатор, безопасность локальной сети.

KIRISH

IPv6 Neighbor Discovery protokolida RA xabarlar (ICMPv6 turi 134) tarmoqdagi marshrutizator va prefiks haqidagi ma'lumotlarni tugunlarga tarqatadi. Xabarlar orqali qurilma standart shlyuzni tanlashi, prefiksga ko'ra manzil hosil qilishi va ayrim boshqa parametrlarni olishi mumkin [1]. Bu imkoniyat mahalliy segmentni avtomatik sozlashni osonlashtiradi, ammo e'lon yuboradigan qurilmani nazorat qilishni ham zarur qiladi.

Ushbu maqolaning maqsadi bir korporativ VLAN ichida ruxsat etilmagan RA ta'sirini cheklaydigan tekshiriladigan siyosatni taklif etishdir. Siyosat ishlayotgan tarmoqda kirish porti, router porti va nazorat tizimi qanday hamkorlik qilishini belgilaydi. RFC 9099 tashkilot tarmoqlarida soxta RA noto'g'ri shlyuz yoki prefiks tanlanishiga olib kelishini xavfsizlik muammosi sifatida qayd etadi [5].

Tahdid modeli va tekshirish chegarasi

Tarmoqda R1 ruxsat etilgan marshrutizator, S1 esa foydalanuvchi portlarini birlashtirgan kommutator deb olinadi. Begona X qurilma oddiy kirish portiga ulanishi va o'sha VLANga RA yuborishi mumkin. Agar tugun xabarni qabul qilsa, yo'nalish R1 o'rniga X tomonga o'zgarishi yoki X ko'rsatgan yaroqsiz prefiks sababli aloqa buzilishi ehtimoli bor. Bunday holatda xabarning IPv6 Hop Limit qiymati 255 bo'lishi uni aynan R1 yuborganini isbotlamaydi; RFC 4861 dagi bu tekshiruv xabar boshqa marshrutizator orqali uzatilmaganini aniqlashga xizmat qiladi [1].

Model kommutatorga ulanadigan oddiy qurilma va xato sozlangan virtual mashinani ham tahdid manbai deb oladi. Router portining o'zi egallab olinishi, kommutator boshqaruv tizimi buzilishi va turli VLANlar orasidagi butun marshrutlash tizimiga tajovuz ushbu tor doiradagi siyosat bilan bartaraf etilmaydi. Demak, portga ishonch qurilmaning haqiqiylikini kriptografik isbotlash bilan teng emas.

Portlar bo'yicha RA nazorati

Birinchi qatlamda kommutatorning kirish portlari «RA yuborishga ruxsatsiz», R1 ulanadigan port esa «RA yuborishga ruxsatli» sifatida belgilanadi. RFC 6105 dagi RA-Guard g'oyasi shu farqqa tayanadi [2]. Agar bir VLANda ikkita qonuniy router bo'lsa, ikkalasining porti va kutilgan prefikslari ro'yxatga kiritiladi. Uplink, trunk, virtualizatsiya xosti va portlar almashinuvi oldindan xaritalanadi: ishonchli portni noto'g'ri belgilash xizmatni uzishi, keragidan ortiq belgilash himoyani susaytirishi mumkin.

Ikkinchi qatlamda kuzatuv tizimi RA xabari kelgan port, manba MAC va IPv6 manzil, e'lon qilingan prefiks, router lifetime hamda voqea vaqtini qayd etadi. Ruxsatli portdan kelgan xabar ham tasdiqlangan konfiguratsiyadan chetga chiqsa, operatorga xabar beriladi. MAC manzilni yakka o'zi ishonch belgisi qilish mumkin emas: u almashtirilishi mumkin; ro'yxatdagi qiymatlar port siyosatini tekshirish va anomaliyani topish uchun ishlatiladi.

RA-Guard har doim ham paketni to'liq tahlil qila olmaydi. RFC 7113 ayrim IPv6 kengaytma sarlavhalari va bo'laklangan paketlar sodda filtrdan o'tib ketishi mumkinligini ko'rsatadi [3]. RFC 6980 an'anaviy Neighbor Discovery xabarlarini IPv6 fragmentatsiyasi bilan yuborishni taqiqlaydi [4]. Shu sababli qurilma tanlashda ND xabarini kengaytma sarlavhalari orqali ishonchli taniy olishi va fragmentli ND ni RFC talabiga muvofiq rad etishi hujjat bilan tekshiriladi; faqat «RA-Guard bor» degan belgi yetarli dalil emas.

Tekshirish tartibi va mezonlar

Sinov alohida nazorat qilinadigan VLANda o'tkaziladi. Avval R1 dan kelgan odatiy RA qabul qilinishi, tugunda kutilgan shlyuz va prefiks paydo bo'lishi yozib olinadi. Keyin kirish portidan

yuborilgan boshqa RA kommutator tomonidan to'xtatilishi va tugun konfiguratsiyasi o'zgarmasligi tekshiriladi. Qo'shimcha sinovda kengaytma sarlavhasi mavjud paketlar hamda fragmentli ND holatlari qurilma imkoniyatiga qarab ko'riladi [3, 4]. 1-jadval kuzatiladigan natijani oldindan belgilaydi; jadval haqiqiy o'lchov natijasi emas.

Jurnalning sifat mezonlari — hodisada port, VLAN, vaqt va sababning qayd etilishi. Qonuniy RA bloklansa, noto'g'ri port roli yoki ko'rsatkichlar darhol tuzatiladi. Yolg'on ogohlantirish va o'tkazib yuborilgan xabarlar soni faqat qurilma hamda trafik namunasi bilan real sinovdan keyin hisoblanishi mumkin.

1-jadval. RA nazorati uchun rejalashtirilgan qabul mezonlari

Holat	Kiritish nuqtasi	Kutiladigan holat
R1 ning odatiy RA xabari	Ruxsatli router porti	Tugun shlyuz va prefiksni oladi
Begona qurilmaning RA xabari	Oddiy kirish porti	Xabar bloklanadi, voqea qayd etiladi
Kengaytma sarlavhali RA	Oddiy kirish porti	Filtr chetlab o'tilmaydi
Fragmentli ND xabari	Oddiy kirish porti	Standartga muvofiq rad etiladi

CHEKLOVLAR VA XULOSA

Taklif etilgan himoya soxta RA ni oddiy kirish portidan tarqalish bosqichida to'xtatishga qaratilgan. Uning amaliy kuchi kommutator apparat tahlilining imkoniyati, portlar inventarizatsiyasi va virtualizatsiya muhiti qanchalik aniq yuritilishiga bog'liq. Bog'lanish uzilmasligi uchun qonuniy RA oqimi ham doimiy sinov bilan tasdiqlanadi.

Natijada portga asoslangan RA-Guard, tasdiqlangan router parametrlarini kuzatish va protokol chekka holatlarini sinash birgalikda qo'llanadigan model hosil bo'ladi. Keyingi ishda turli kommutatorlarda bir xil sinov to'plami yordamida noto'g'ri bloklash, o'tkazib yuborish va boshqaruv xarajati o'lchanishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Narten T. va boshq. Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6). RFC 4861. IETF, 2007. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4861>
2. Levy-Abegnoli E. va boshq. IPv6 Router Advertisement Guard. RFC 6105. IETF, 2011. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc6105>
3. Gont F. Implementation Advice for IPv6 Router Advertisement Guard (RA-Guard). RFC 7113. IETF, 2014. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc7113>
4. Gont F. Security Implications of IPv6 Fragmentation with IPv6 Neighbor Discovery. RFC 6980. IETF, 2013. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc6980>
5. Vyncke E. va boshq. Operational Security Considerations for IPv6 Networks. RFC 9099. IETF, 2021. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9099>

SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA IMKONIYATI CHEKLANGAN BOLALARNI KASBIY FAOLIYATGA TAYYORLASH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

Klicheva Latofat Fayzullayevna

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi ijtimoiy himoya milliy agentligi 33-alohida ta'limga ehtiyojlari bo'lgan bolalar uchun ixtisoslashtirilgan maktab, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada imkoniyati cheklangan bolalarni kelgusidagi kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonini sun'iy intellekt texnologiyalari asosida takomillashtirishning pedagogik imkoniyatlari tadqiq etilgan. Zamonaviy ta'lim jarayonida har bir bolaning individual ehtiyojlari, psixologik-pedagogik xususiyatlari, qiziqishlari va mavjud imkoniyatlarini hisobga olish inklyuziv ta'limning muhim talablaridan biri sifatida namoyon bo'lmoqda. Shu nuqtayi nazardan, sun'iy intellekt asosidagi adaptiv ta'lim, intellektual tavsiya tizimlari, nutqni aniqlash, avtomatlashtirilgan baholash, virtual yordamchilar va ta'lim analitikasi imkoniyati cheklangan bolalarning ta'limiy hamda kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish uchun yangi imkoniyatlar yaratadi. Maqolada imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashning mavjud pedagogik yondashuvlari tahlil qilinib, sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan takomillashtirilgan metodikaning tarkibiy komponentlari ishlab chiqilgan. Shuningdek, kasbiy qiziqishni aniqlash, individual ta'lim trayektoriyasini shakllantirish, amaliy ko'nikmalarni rivojlantirish, monitoring va natijalarni baholash bosqichlarini qamrab oluvchi pedagogik model taklif etilgan. Tadqiqot natijalari sun'iy intellekt texnologiyalaridan maqsadli va pedagogik jihatdan asoslangan foydalanish imkoniyati cheklangan bolalarning mustaqilligi, kasbiy kompetensiyasi va ijtimoiy moslashuvini rivojlantirishga xizmat qilishi mumkinligini ko'rsatadi.*

***Kalit so'zlar:** imkoniyati cheklangan bolalar, inklyuziv ta'lim, kasbiy tayyorgarlik, kasbiy kompetensiya, sun'iy intellekt, adaptiv ta'lim, individual ta'lim trayektoriyasi, raqamli ta'lim, intellektual tizim, kasbga yo'naltirish.*

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются педагогические возможности совершенствования процесса подготовки детей с инвалидностью к будущей профессиональной деятельности с использованием технологий искусственного интеллекта. В современном образовательном процессе учет индивидуальных потребностей, психолого-педагогических характеристик, интересов и имеющихся способностей каждого ребенка является одним из важных требований инклюзивного образования. С этой точки зрения, адаптивное образование на основе искусственного интеллекта, интеллектуальные рекомендательные системы, распознавание речи, автоматизированная оценка, виртуальные помощники и образовательная аналитика создают новые возможности для развития образовательных и профессиональных компетенций детей с инвалидностью. В статье анализируются существующие педагогические подходы к подготовке детей с инвалидностью к профессиональной деятельности и разрабатываются структурные компоненты усовершенствованной методики на основе технологий искусственного интеллекта. Также предлагается педагогическая модель, включающая этапы определения профессиональных интересов, формирования индивидуальной образовательной траектории, развития практических навыков, мониторинга и оценки результатов. Результаты исследования показывают, что целенаправленное и педагогически обоснованное использование технологий*

искусственного интеллекта может способствовать развитию самостоятельности, профессиональной компетентности и социальной адаптации детей с инвалидностью. Ключевые слова: дети с ограниченными возможностями, инклюзивное образование, профессиональная подготовка, профессиональная компетентность, искусственный интеллект, адаптивное образование, индивидуальная образовательная траектория, цифровое образование, интеллектуальная система, профориентация.

Abstract. *The article examines the pedagogical possibilities of improving the process of preparing children with disabilities for future professional activities through artificial intelligence technologies. In modern education, consideration of individual needs, psychological and pedagogical characteristics, interests and abilities of each learner is becoming one of the important requirements of inclusive education. In this regard, adaptive learning systems, intelligent recommendation systems, speech recognition technologies, automated assessment, virtual assistants and learning analytics based on artificial intelligence create new opportunities for developing educational and professional competencies of children with disabilities. The article analyzes existing pedagogical approaches to professional preparation of children with disabilities and develops the structural components of an improved methodology based on artificial intelligence technologies. A pedagogical model is also proposed, covering the stages of identifying professional interests, developing an individual educational trajectory, developing practical skills, monitoring and evaluating learning outcomes. The results indicate that purposeful and pedagogically justified use of artificial intelligence technologies can contribute to the development of independence, professional competence and social adaptation of children with disabilities.*

Keywords: *children with disabilities, inclusive education, professional training, professional competence, artificial intelligence, adaptive learning, individual learning trajectory, digital education, intelligent system, career guidance.*

KIRISH.

Bugungi kunda ta'lim tizimining asosiy vazifalaridan biri barcha ta'lim oluvchilar uchun teng ta'lim imkoniyatlarini yaratish, ularning individual qobiliyat va ehtiyojlarini hisobga olish hamda mustaqil hayot va kelgusidagi kasbiy faoliyatga tayyorlashdan iborat. Ayniqsa, imkoniyati cheklangan bolalarni ta'lim jarayoniga samarali jalb etish, ularning ijtimoiy va kasbiy moslashuvini ta'minlash inklyuziv ta'limning ustuvor yo'nalishlaridan biridir.

An'anaviy ta'lim amaliyotida imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonida ta'lim mazmunining bir xilligi, individual yondashuvning yetarli darajada ta'minlanmasligi, kasbiy qiziqish va qobiliyatlarni aniqlash vositalarining cheklanganligi, amaliy mashg'ulotlarning barcha o'quvchilar uchun bir xil tashkil etilishi kabi muammolar uchrashi mumkin.

Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi ushbu muammolarni hal etishning yangi imkoniyatlarini yuzaga keltirmoqda. Xususan, sun'iy intellekt texnologiyalari ta'lim oluvchining faoliyatini tahlil qilish, uning individual ehtiyojlarini aniqlash, o'quv materiallarini moslashtirish, ta'lim natijalarini baholash va keyingi ta'lim faoliyati bo'yicha tavsiyalar berish imkoniyatiga ega.

Sun'iy intellektning mazkur imkoniyatlari imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonida ayniqsa muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki ushbu guruhdagi ta'lim oluvchilar uchun ta'lim mazmuni, metodlari, topshiriqlarning murakkablik darajasi, taqdim etish shakli va kommunikativ vositalarni individual ehtiyojlarga moslashtirish zarur.

Shu nuqtayi nazardan, imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan metodikani ishlab chiqish va takomillashtirish dolzarb ilmiy-pedagogik muammolardan biri hisoblanadi.

MUAMMONING DOLZARBLIGI.

Imkoniyati cheklangan bolalarning kelgusida mustaqil hayot kechirishi va jamiyatda munosib o'rin egallashi ko'p jihatdan ularning kasbiy tayyorgarligi va mehnat faoliyatiga moslashuviga bog'liq. Kasbiy tayyorgarlik faqat ma'lum bir kasb bo'yicha bilim va ko'nikmalarni egallash bilan chegaralanmaydi. U shaxsning o'z imkoniyatlarini anglash, kasbiy qiziqishlarini aniqlash, mustaqil qaror qabul qilish, kommunikativ kompetensiyalarni rivojlantirish, raqamli vositalardan foydalanish va mehnat muhitiga moslashish qobiliyatlarini ham o'z ichiga oladi.

Shu sababli imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashni kompleks va individual yondashuv asosida tashkil etish talab etiladi.

Sun'iy intellekt texnologiyalari esa bunday individual yondashuvni texnologik jihatdan qo'llab-quvvatlash imkonini beradi. Masalan, adaptiv tizimlar o'quvchining natijalariga qarab topshiriqlar murakkabligini o'zgartirishi, virtual yordamchilar o'quv jarayonida maslahat berishi, nutqni tanib olish texnologiyalari kommunikativ imkoniyatlarni kengaytirishi, intellektual diagnostika vositalari esa o'quvchining qiziqish va qobiliyatlarini aniqlashga yordam berishi mumkin.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI.

Imkoniyati cheklangan bolalarni ta'lim va kasbiy faoliyatga tayyorlash masalasi pedagogika, psixologiya, maxsus pedagogika va inklyuziv ta'lim tadqiqotlarida muhim yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Inklyuziv ta'lim konsepsiyasining asosiy mazmuni ta'lim jarayonida barcha bolalar uchun teng imkoniyatlar yaratish, ularning individual farqlarini hisobga olish va ta'lim muhitini bolaning ehtiyojlariga moslashtirishdan iborat.

Jahon tajribasida raqamli texnologiyalar imkoniyati cheklangan shaxslarning ta'lim olish imkoniyatlarini kengaytiruvchi muhim vosita sifatida qaralmoqda. Xususan, assistiv texnologiyalar, elektron ta'lim resurslari, masofaviy ta'lim, nutq texnologiyalari va adaptiv ta'lim tizimlaridan foydalanish ta'lim jarayonining individual xususiyatlarini kuchaytirishga xizmat qilmoqda.

Sun'iy intellektning ta'limdagi imkoniyatlari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda uning ta'lim mazmunini individuallashtirish, avtomatlashtirilgan baholash, ta'lim analitikasi, intellektual repetitorlik tizimlari va ta'lim oluvchiga individual tavsiyalar berishdagi imkoniyatlari qayd etilgan.

Biroq imkoniyati cheklangan bolalarni aynan kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonida sun'iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanishning metodik asoslari yetarlicha tizimlashtirilmagan. Shu jihatdan mazkur tadqiqotning asosiy yo'nalishi sun'iy intellekt texnologiyalarini inklyuziv kasbiy tayyorgarlik jarayoniga pedagogik jihatdan integratsiya qilishdan iborat.

Tadqiqotda tizimli, kompetensiyaviy, shaxsga yo'naltirilgan, individual-differensial va texnologik yondashuvlardan foydalanildi.

Tizimli yondashuv imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonini maqsad, mazmun, metod, vosita, subyekt va natijalar o'zaro bog'langan pedagogik tizim sifatida ko'rib chiqishni nazarda tutadi.

Shaxsga yo'naltirilgan yondashuv har bir bolaning individual qobiliyati, ehtiyoji, qiziqishi va rivojlanish sur'atini hisobga olishga asoslanadi.

Kompetensiyaviy yondashuv kasbiy bilimlardan tashqari amaliy ko'nikma, kommunikativ, raqamli, ijtimoiy va mustaqil faoliyat kompetensiyalarini rivojlantirishga qaratiladi.

Individual-differensial yondashuv o'quv materiallari va topshiriqlarni bolaning imkoniyatlariga moslashtirishni nazarda tutadi.

Texnologik yondashuv esa sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarni pedagogik maqsadga muvofiq ravishda ta'lim jarayoniga integratsiya qilishni ta'minlaydi.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining kasbiy tayyorgarlikdagi imkoniyatlari

Imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonida sun'iy intellektdan foydalanish bir necha asosiy yo'nalishlarda amalga oshirilishi mumkin.

Kasbiy qiziqish va qobiliyatlarni aniqlash. Sun'iy intellekt asosidagi diagnostik tizimlar bolaning topshiriqlarni bajarish jarayonidagi faoliyati, qiziqishi, natijalari va xatti-harakatlarini tahlil qilib, unga mos bo'lishi mumkin bo'lgan kasbiy yo'nalishlarni aniqlashga yordam beradi.

Bunda yakuniy qaror sun'iy intellekt tomonidan emas, balki pedagog, psixolog, defektolog va ota-ona hamkorligida qabul qilinishi lozim

Individual ta'lim trayektoriyasini yaratish. Sun'iy intellekt o'quvchining boshlang'ich bilim darajasi va o'zlashtirish dinamikasini tahlil qilib, individual topshiriqlar ketma-ketligini shakllantirish imkonini beradi.

Masalan, bir o'quvchi uchun vizual materiallar samaraliroq bo'lsa, boshqasiga audio tushuntirishlar, uchinchisiga esa amaliy mashqlar ustuvor bo'lishi mumkin.

Kasbiy ko'nikmalarni rivojlantirish. Virtual simulyatorlar va intellektual ta'lim dasturlari orqali o'quvchi kelgusidagi kasbiy faoliyatning ayrim elementlarini xavfsiz virtual muhitda bajarib ko'rish mumkin.

Masalan, kompyuter operatori, dizayner, ma'lumotlar bilan ishlash, elektron hujjatlar tayyorlash, raqamli xizmatlardan foydalanish kabi faoliyatlar virtual topshiriqlar orqali shakllantirilishi mumkin.

Kommunikativ kompetensiyalarni rivojlantirish. Nutqni aniqlash va tabiiy tilni qayta ishlash texnologiyalari o'quvchilarning kommunikativ ko'nikmalarini rivojlantirishda yordamchi vosita sifatida qo'llanishi mumkin.

Natijalarni monitoring qilish. Sun'iy intellekt asosidagi Learning Analytics vositalari o'quvchining o'zlashtirish dinamikasi, topshiriqlarni bajarish tezligi, xatolar turi va individual rivojlanish tendensiyalarini tahlil qilish imkonini beradi.

Takomillashtirilgan metodika. Tadqiqot doirasida imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashning sun'iy intellektga asoslangan takomillashtirilgan metodikasi quyidagi bosqichlardan tashkil topadi:

1-bosqich - diagnostik bosqich. O'quvchining qiziqishi, qobiliyati, boshlang'ich bilimlari, raqamli kompetensiyasi va individual ta'lim ehtiyojlari aniqlanadi.

2-bosqich - kasbiy yo'naltirish bosqichi. O'quvchining individual imkoniyatlari asosida kasbiy yo'nalishlar aniqlanadi.

3-bosqich - individual ta'lim trayektoriyasini ishlab chiqish. Sun'iy intellekt yordamida o'quvchining imkoniyatlariga mos ta'lim mazmuni, topshiriqlar va resurslar tavsiya etiladi.

4-bosqich - kasbiy-amaliy tayyorgarlik. Virtual laboratoriyalar, simulyatorlar, interaktiv topshiriqlar va amaliy mashg'ulotlardan foydalaniladi.

5-bosqich – monitoring va korreksiya. O'quvchining natijalari muntazam tahlil qilinadi va individual ta'lim trayektoriyasiga zarur o'zgartirishlar kiritiladi.

6-bosqich - yakuniy baholash. Kasbiy kompetensiyalar, mustaqillik, kommunikativ ko'nikmalar va raqamli kompetensiya darajasi aniqlanadi.

Bosqich	Pedagogik maqsad	Sun'iy intellekt vositasi	Kutiladigan natija
Diagnostika	Qobiliyat va ehtiyojlarni aniqlash	Intellektual diagnostika	Individual profil
Kasbiy yo'naltirish	Mos kasbiy yo'nalishni aniqlash	Tavsiya tizimi	Kasbiy yo'nalish
Individual lashtirish	Ta'lim mazmunini moslashtirish	Adaptiv AI tizimi	Individual trayektoriya
Amaliy tayyorgarlik	Kasbiy ko'nikmalarni shakllantirish	Virtual simulyator	Amaliy kompetensiya
Monitoring	Rivojlanishni kuzatish	Learning Analytics	Rivojlanish dinamikasi
Baholash	Natijani aniqlash	AI yordamidagi baholash	Kasbiy kompetensiya darajasi

Sun'iy intellekt asosida kasbiy tayyorgarlik samaradorligini ta'minlovchi o'ziga xos pedagogik shartlar mavjud bo'lib Imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashda sun'iy intellektidan foydalanishning o'zi yetarli emas. Uning samaradorligi muayyan pedagogik shartlarning mavjudligiga bog'liq.

Birinchi shart - individual ta'lim ehtiyojlarini aniqlash. Har bir o'quvchining imkoniyati, qiziqishi va rivojlanish darajasi diagnostika qilinishi lozim.

Ikkinchi shart - moslashtirilgan raqamli ta'lim muhitini yaratish. Raqamli resurslar foydalanish imkoniyati jihatidan barcha o'quvchilar uchun qulay bo'lishi kerak.

Uchinchi shart - pedagoglarning raqamli va AI kompetensiyasini rivojlantirish. Pedagog sun'iy intellekt vositalaridan foydalanish bilan birga, uning natijalarini pedagogik jihatdan tahlil qila olishi zarur.

To'rtinchi shart - inson markazidagi yondashuv. Sun'iy intellekt pedagogni almashtirmasligi, balki pedagogik faoliyatni qo'llab-quvvatlashi lozim.

Beshinchi shart - etik va xavfsiz foydalanish. O'quvchilarning shaxsiy ma'lumotlarini himoya qilish, algoritmik xatolarni nazorat qilish va sun'iy intellekt tavsiyalarini pedagogik ekspertizadan o'tkazish muhim hisoblanadi.

MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonining individuallashtirish kuchaytirish imkonini beradi.

An'anaviy yondashuvda o'quvchilar ko'pincha bir xil ta'lim mazmuni va topshiriqlar asosida o'qitilsa, sun'iy intellektga asoslangan adaptiv yondashuvda o'quvchining individual rivojlanish sur'ati hisobga olinishi mumkin.

Bundan tashqari, AI vositalari o'quvchining faoliyati haqida katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash va pedagogga tavsiyalar berish imkoniyatiga ega. Natijada pedagog o'quvchining qaysi mavzuda qiyinchilikka duch kelayotganini, qanday topshiriqlarni yaxshi bajarayotganini va qaysi kompetensiyalarni rivojlantirish zarurligini tezroq aniqlashi mumkin.

Shu bilan birga, sun'iy intellektdan foydalanishda bir qator muammolar mavjud. Jumladan, texnologik infratuzilmaning yetarli emasligi, pedagoglarning AI kompetensiyasi, raqamli tengsizlik, ma'lumotlar xavfsizligi, algoritmik xatolar va texnologiyaga haddan tashqari bog'lanib qolish xavfi mavjud.

Shuning uchun imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashda sun'iy intellekt mustaqil pedagogik subyekt sifatida emas, balki pedagog, psixolog, defektolog, ota-ona va o'quvchining hamkorligini qo'llab-quvvatlovchi intellektual vosita sifatida qaralishi maqsadga muvofiq.

Taklif etilayotgan metodikaning afzalliklari. Sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan metodikaning asosiy afzalliklarini quyidagicha tizimlashtirish mumkin:

An'anaviy yondashuv	AI asosidagi yondashuv
Bir xil topshiriqlar	Individual topshiriqlar
Umumiy o'quv sur'ati	Individual o'zlashtirish sur'ati
Cheklangan monitoring	Doimiy raqamli monitoring
Umumiy kasbiy yo'naltirish	Individual kasbiy tavsiyalar
Asosan yakuniy baholash	Jarayon davomida baholash
Cheklangan amaliy simulyatsiya	Virtual amaliy muhit
Pedagogning yuqori yuklamasi	Pedagog faoliyatini AI yordamida qo'llab-quvvatlash

Mazkur farqlar sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish kasbiy tayyorgarlik jarayonini individuallashtirish, monitoring qilish va korrektsiyalash imkoniyatlarini kengaytirishini ko'rsatadi.

XULOSA.

Imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash zamonaviy inklyuziv ta'limning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonda asosiy e'tibor nafaqat kasbiy bilimlarni egallashga, balki o'quvchining mustaqilligi, raqamli, kommunikativ, ijtimoiy va amaliy kompetensiyalarini rivojlantirishga qaratilishi lozim.

Tadqiqot natijasida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashning individual va adaptiv xususiyatlarini kuchaytirishi aniqlandi. Xususan, intellektual diagnostika, adaptiv ta'lim, virtual simulyatorlar, nutq texnologiyalari, tavsiya tizimlari va Learning Analytics vositalari ta'lim jarayonini o'quvchining individual ehtiyojlariga moslashtirish imkonini beradi.

Taklif etilgan metodika diagnostika, kasbiy yo'naltirish, individual ta'lim trayektoriyasini shakllantirish, kasbiy-amaliy tayyorgarlik, monitoring, korrektsiya va yakuniy baholash bosqichlarini o'z ichiga oladi.

Shuningdek, sun'iy intellekt texnologiyalaridan samarali foydalanish uchun pedagoglarning raqamli va AI kompetensiyasini rivojlantirish, inklyuziv raqamli muhitni yaratish, ta'lim resurslarining foydalanish imkoniyatini ta'minlash, shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish va inson markazidagi pedagogik yondashuvni saqlab qolish zarur.

Umuman olganda, sun'iy intellekt texnologiyalari asosida imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash metodikasini takomillashtirish ularning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish, mustaqil faoliyatga tayyorlash va jamiyatdagi ijtimoiy-kasbiy integratsiyasini kuchaytirishning istiqbolli yo'nalishi sifatida baholanishi mumkin.

Kelgusidagi tadqiqotlarda mazkur metodikaning tajriba-sinovdan o'tkazilishi, uning samaradorlik mezonlari va diagnostik ko'rsatkichlarini ishlab chiqish, shuningdek, turli toifadagi imkoniyati cheklangan bolalar uchun individual AI-ta'lim modellarini yaratish muhim ilmiy vazifalardan biri bo'lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNESCO. Artificial Intelligence and Education: Guidance for Policy-makers. Paris: UNESCO, 2021.
2. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris: UNESCO, 2021.
3. UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023.
4. United Nations. Convention on the Rights of Persons with Disabilities. New York: United Nations, 2006.
5. World Health Organization. World Report on Disability. Geneva: WHO, 2011.
6. CAST. Universal Design for Learning Guidelines. Wakefield, MA: CAST, 2018.
7. Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. London: Pearson, 2016.
8. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.
9. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021.
10. Floridi L., Cowls J. A Unified Framework of Five Principles for AI in Society // Harvard Data Science Review. 2019. Vol. 1, No. 1.
11. O'zbekiston Respublikasi. Ta'lim to'g'risidagi Qonun. O'RQ-637-son, 23.09.2020.
12. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ta'lim, raqamlashtirish va inklyuziv ta'limni rivojlantirishga oid normativ-huquqiy hujjatlari.
13. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining inklyuziv ta'limni rivojlantirish va alohida ta'lim ehtiyojlari bo'lgan bolalarni qo'llab-quvvatlashga oid qarorlari.

MATEMATIKA TA'LIMIDA SUN'IY INTELEKT VA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR INTEGRATSIYASI ASOSIDA KASBIY TAYYORGARLIKNI TAKOMILLASHTIRISH

Ergasheva Muhayyo Norovna

Ilg'or kasbiy mahorat texnikumi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada ilg'or kasbiy ta'lim sharoitida matematika fanini o'qitish jarayoniga sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarni integratsiyalash asosida ta'lim oluvchilarning kasbiy tayyorgarligini takomillashtirish masalalari yoritilgan. Zamonaviy mehnat bozori talablarining o'zgarishi, raqamlashtirish jarayonlarining jadallashuvi va kasbiy faoliyatda matematik modelashtirish, hisoblash, ma'lumotlarni tahlil qilish hamda algoritmik fikrlashga bo'lgan ehtiyoj matematika ta'limining mazmuni va metodikasini qayta ko'rib chiqishni talab etmoqda. Tadqiqotda sun'iy intellekt vositalaridan foydalanishning didaktik imkoniyatlari, raqamli*

ta'lim muhitining afzalliklari, kasbiy yo'naltirilgan matematik topshiriqlarni ishlab chiqish tamoyillari va ta'lim oluvchilarning matematik-kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish mexanizmlari tahlil qilingan. Shuningdek, matematika ta'limini intellektuallashtirishga asoslangan pedagogik model taklif etilib, uning maqsadli, mazmuniy, texnologik va natijaviy komponentlari tavsiflangan. Sun'iy intellektdan foydalanishda akademik halollik, inson omili, ma'lumotlar xavfsizligi va tanqidiy fikrlashni saqlab qolish masalalariga ham alohida e'tibor qaratilgan.

Kalit so'zlar: ilg'or kasbiy ta'lim, matematika ta'limi, sun'iy intellekt, raqamli texnologiyalar, kasbiy tayyorgarlik, matematik kompetensiya, raqamli kompetensiya, adaptiv ta'lim, intellektual ta'lim, kasbiy kompetensiya.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы совершенствования профессиональной подготовки обучающихся в условиях передового профессионального образования посредством интеграции искусственного интеллекта и цифровых технологий в процесс обучения математике. Анализируются дидактические возможности технологий искусственного интеллекта, преимущества цифровой образовательной среды, принципы разработки профессионально ориентированных математических заданий и механизмы развития математических и профессиональных компетенций обучающихся. Предлагается педагогическая модель интеллектуализации математического образования, включающая целевой, содержательный, технологический и результативный компоненты. Особое внимание уделяется вопросам академической добросовестности, критического мышления, человеческого фактора и безопасности данных при использовании искусственного интеллекта.

Ключевые слова: передовое профессиональное образование, математическое образование, искусственный интеллект, цифровые технологии, профессиональная подготовка, математическая компетентность, цифровая компетентность, адаптивное обучение, интеллектуальное образование, профессиональная компетентность.

Abstract. This article examines the improvement of learners' vocational training through the integration of artificial intelligence and digital technologies into mathematics education in the context of advanced vocational education. The study analyzes the didactic potential of artificial intelligence, the advantages of digital learning environments, principles for developing professionally oriented mathematical tasks, and mechanisms for developing learners' mathematical and professional competencies. A pedagogical model for the intellectualization of mathematics education is proposed, consisting of target, content, technological and outcome components. Particular attention is paid to academic integrity, critical thinking, the human factor and data security in the use of artificial intelligence in education.

Keywords: advanced vocational education, mathematics education, artificial intelligence, digital technologies, vocational training, mathematical competence, digital competence, adaptive learning, intelligent education, professional competence.

KIRISH.

Bugungi kunda jamiyatning raqamli transformatsiyasi, ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi va sun'iy intellekt texnologiyalarining turli kasbiy sohalarga kirib borishi ta'lim tizimi oldiga yangi vazifalarni qo'yimoqda. Ayniqsa, ilg'or kasbiy ta'limda ta'lim oluvchilarni nafaqat

nazariy bilimlar bilan qurollantirish, balki ularni real kasbiy vaziyatlarda bilimlardan mustaqil va samarali foydalanishga tayyorlash muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Kasbiy faoliyatning aksariyat yo‘nalishlarida matematik bilim va ko‘nikmalar alohida o‘rin tutadi. Texnik hisob-kitoblar, iqtisodiy tahlil, ishlab chiqarish samaradorligini baholash, statistik ma’lumotlarni qayta ishlash, grafik va diagrammalar bilan ishlash, modellashtirish, prognozlash hamda algoritmik jarayonlarni tashkil etish matematik tayyorgarlik bilan chambarchas bog‘liq.

Shu sababli matematika fanini ilg‘or kasbiy ta’limning boshqa tarkibiy qismlaridan ajratilgan holda o‘qitish emas, balki uni kasbiy faoliyat bilan integratsiyalashgan holda tashkil etish zarur. Bunda raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellekt vositalari muhim pedagogik imkoniyatlarni taqdim etadi.

UNESCO sun‘iy intellektni ta’limga joriy etishda inson markazidagi yondashuv, pedagogik maqsadga muvofiqlik, xavfsizlik, tenglik va inson agentligini saqlash zarurligini ta’kidlaydi. OECDning 2026-yilgi tadqiqotlari esa sun‘iy intellekt kasbiy ta’limda o‘quv dasturlarini mehnat bozori talablariga tezroq moslashtirish, kompetensiyalarni aniqlash va ta’lim mazmunining dolzarbligini oshirishga xizmat qilishi mumkinligini ko‘rsatmoqda.

Demak, matematika ta’limida sun‘iy intellekt va raqamli texnologiyalardan foydalanishning asosiy maqsadi ta’lim oluvchi o‘rniga masalani yechish emas, balki uning matematik fikrlashini, muammoni tahlil qilishini, yechim variantlarini taqqoslashini va olingan natijani kasbiy vaziyatga tatbiq etishini qo‘llab-quvvatlashdan iborat bo‘lishi lozim.

Tadqiqotning maqsadi. Ilg‘or kasbiy ta’lim sharoitida matematika fanini o‘qitishda sun‘iy intellekt va raqamli texnologiyalarni integratsiyalash asosida ta’lim oluvchilarning matematik hamda kasbiy tayyorgarligini takomillashtirishning pedagogik-metodik asoslarini ishlab chiqish.

Tadqiqot vazifalari. Ushbu maqsaddan kelib chiqib quyidagi vazifalar belgilandi:

1. matematika ta’limida sun‘iy intellekt va raqamli texnologiyalardan foydalanishning nazariy asoslarini tahlil qilish;
2. kasbiy ta’limda matematik kompetensiyaning mazmunini aniqlashtirish;
3. matematika fanining kasbiy tayyorgarlikdagi o‘rnini asoslash;
4. kasbiy yo‘naltirilgan matematik topshiriqlar tizimini ishlab chiqish tamoyillarini aniqlash;
5. sun‘iy intellekt va raqamli vositalar asosida matematika ta’limining pedagogik modelini ishlab chiqish;
6. taklif etilayotgan metodikaning kutilayotgan pedagogik samaradorligini aniqlash mezonlarini belgilash.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Raqamli texnologiyalarning ta’lim jarayoniga integratsiyasi zamonaviy pedagogik tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylanmoqda. Ayniqsa, sun‘iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ta’lim mazmuni, metodlari, baholash mexanizmlari va o‘qituvchi faoliyatiga yangi talablarni yuzaga keltirmoqda. UNESCOning “Guidance for Generative AI in Education and Research” hujjatida generativ sun‘iy intellektidan ta’limda foydalanishning pedagogik va axloqiy jihatlari yoritilib, texnologiyadan inson manfaatlariga yo‘naltirilgan, xavfsiz, adolatli va mazmunli foydalanish zarurligi ta’kidlangan.

OECDning “Digital Education Outlook 2026” hisobotida generativ sun‘iy intellekt ta’lim jarayonida tutor, hamkor va yordamchi sifatida qo‘llanishi mumkinligi, biroq undan pedagogik maqsadsiz foydalanish faqat topshiriq natijasini yaxshilashi, real o‘rganish natijasini esa kafolatlamasligi qayd etilgan. Bu holat matematika ta’limi uchun ayniqsa muhimdir. Chunki

matematik masalani tayyor yechim ko‘rinishida olish bilan uni mustaqil tahlil qilish, matematik model yaratish va yechimning mantiqiyligini asoslash bir xil pedagogik natija emas.

OECDning 2026-yilda chop etilgan kasbiy ta‘lim va sun‘iy intellektga bag‘ishlangan tadqiqotida AI kasbiy ta‘lim dasturlarini mehnat bozori talablariga moslashtirish, kompetensiyalarni aniqlash va ta‘lim mazmunini yangilash imkoniyatlarini kengaytirayotgani ko‘rsatilgan. Shu bilan birga, ma‘lumotlar sifati, xavfsizlik, javobgarlik va inson ekspertizasini saqlash zarurligi qayd etiladi.

Mazkur nazariy qarashlar matematika ta‘limida ham sun‘iy intellektni “tayyor javob beruvchi vosita” sifatida emas, balki o‘quv faoliyatini tashkil etuvchi, tahlilni qo‘llab-quvvatlovchi va individual ta‘lim trayektoriyasini shakllantiruvchi pedagogik vosita sifatida ko‘rish zarurligini ko‘rsatadi.

ASOSIY QISM.

Tadqiqotning metodologik asosini kompetensiyaviy, tizimli, faoliyatga yo‘naltirilgan, shaxsga yo‘naltirilgan va raqamli-didaktik yondashuvlar tashkil etadi.

Kompetensiyaviy yondashuv matematika fanidan olingan bilimlarni kasbiy vaziyatlarda qo‘llash qobiliyatini shakllantirishga yo‘naltiriladi.

Faoliyatga yo‘naltirilgan yondashuv ta‘lim oluvchining matematik bilimlarni amaliy masalalarni yechish jarayonida egallashini nazarda tutadi.

Shaxsga yo‘naltirilgan yondashuv ta‘lim oluvchilarning tayyorgarlik darajasi, individual ehtiyojlari va o‘zlashtirish sur‘atini hisobga olish imkonini beradi.

Raqamli-didaktik yondashuv esa matematik bilimlarni raqamli platformalar, interaktiv topshiriqlar, simulyatsiyalar, vizualizatsiyalar va sun‘iy intellekt vositalari orqali o‘zlashtirishni nazarda tutadi.

Tadqiqotda nazariy tahlil, pedagogik kuzatish, taqqoslash, modellashtirish, diagnostik baholash, matematik-statistik tahlil kabi metodlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Matematika ta‘limini kasbiy tayyorgarlik bilan integratsiyalash. Ilg‘or kasbiy ta‘limda matematika fanining asosiy vazifasi faqat formulalarni yod oldirish yoki standart masalalarni yechishga o‘rgatishdan iborat bo‘lmasligi kerak. Matematika ta‘limi quyidagi kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishga xizmat qilishi lozim: hisoblash kompetensiyasi, mantiqiy fikrlash, algoritmik fikrlash, muammoni aniqlash va tahlil qilish, matematik modellashtirish, statistik ma‘lumotlarni tahlil qilish, grafik va jadval ma‘lumotlarini talqin qilish, raqamli vositalardan foydalanish, qaror qabul qilish, kasbiy vaziyatlarda matematik bilimlardan foydalanish. Masalan, iqtisodiy yo‘nalishlarda foiz, kredit, daromad, xarajat, rentabellik va statistik tahlilga oid masalalardan foydalanish mumkin. Texnik yo‘nalishlarda esa o‘lchash, proporsiya, geometriya, funksiyalar, grafiklar, mexanik jarayonlar va ishlab chiqarish parametrlarini hisoblashga oid topshiriqlar samarali hisoblanadi.

Axborot texnologiyalari yo‘nalishida algoritmlar, mantiq, funksiyalar, ehtimollar nazariyasi, statistik ma‘lumotlarni qayta ishlash va matematik modellashtirishga oid topshiriqlarni qo‘llash mumkin. Shunday qilib, matematik topshiriqning mazmuni kasbiy faoliyatga yaqinlashgan sari uning amaliy qiymati ortadi.

Sun‘iy intellekt va raqamli texnologiyalarning didaktik imkoniyatlari. Matematika ta‘limida sun‘iy intellektidan foydalanish bir nechta muhim pedagogik imkoniyatlarni yaratadi.

Birinchidan, individual ta‘lim. Sun‘iy intellekt yordamida ta‘lim oluvchining bilim darajasiga mos topshiriqlarni shakllantirish mumkin. Masalan, bir guruhdagi o‘quvchilarga bir xil mavzu bo‘yicha murakkablik darajasi turlicha bo‘lgan masalalar taqdim etiladi.

Ikkinchidan, tezkor teskari aloqa. Raqamli platformalar ta'lim oluvchining javoblarini tahlil qilib, xatolarni aniqlash va qo'shimcha tushuntirishlar berish imkonini yaratadi.

Uchinchidan, matematik modellashtirish. Raqamli vositalar yordamida real kasbiy jarayonning matematik modeli yaratilishi mumkin. Bu esa abstrakt matematik tushunchalarni amaliy vaziyat bilan bog'lash imkonini beradi.

To'rtinchidan, vizualizatsiya. Funktsiyalar, geometrik shakllar, statistik ma'lumotlar va matematik bog'lanishlarni interaktiv grafiklar yordamida tasvirlash ta'lim oluvchilarning mavzuni chuqurroq anglashiga yordam beradi.

Beshinchidan, mustaqil ta'lim. Sun'iy intellekt asosidagi vositalar ta'lim oluvchiga qo'shimcha savollar berish, yechimning boshqa usullarini izlash va o'z bilimlarini mustaqil tekshirish imkonini beradi. Biroq sun'iy intellektning ushbu imkoniyatlari faqat aniq pedagogik maqsad asosida tashkil etilgan taqdirdagina samarali bo'ladi. OECD ma'lumotlarida ham generativ AI topshiriqni bajarish sifatini oshirishi mumkinligi, ammo pedagogik yo'naltirishsiz bu har doim ham real o'rganish natijasiga olib kelmasligi ta'kidlangan.

Matematika ta'limini intellektuallashtirish modeli zamon talabi desak to'g'ri bo'ladi. Tadqiqot doirasida matematika ta'limini sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalar asosida tashkil etishning quyidagi modelini taklif etamiz.

Maqsadli komponent. Asosiy maqsad - ta'lim oluvchilarning matematik bilimlarini kasbiy faoliyatda qo'llay olish kompetensiyasini rivojlantirish.

Mazmuniy component. Mazmun quyidagilarni qamrab oladi: matematik tushunchalar, kasbiy yo'naltirilgan masalalar, matematik modellashtirish, statistik tahlil, algoritmik topshiriqlar, raqamli vositalar bilan ishlash, sun'iy intellektdan mas'uliyatli foydalanish.

Texnologik component. Ushbu bosqichda: muammoli vaziyat → matematik model → raqamli vosita → sun'iy intellekt yordamida tahlil → mustaqil tekshirish → kasbiy xulosa ketma-ketligi asosida ta'lim tashkil etiladi.

Baholash komponenti. Ta'lim oluvchining natijasi quyidagi mezonlar orqali baholanadi: matematik bilim, masalani tahlil qilish, yechim strategiyasini tanlash, raqamli vositalardan foydalanish, AI natijasini tanqidiy baholash, kasbiy vaziyatga tatbiq etish.

Natijaviy component. Kutilayotgan yakuniy natija - matematik, raqamli va kasbiy kompetensiyalar integratsiyasiga erishish.

Kasbiy yo'naltirilgan matematik topshiriqlar tizimi. Ilg'or kasbiy ta'limda matematik topshiriqlarni uch darajada tashkil etish maqsadga muvofiq.

Daraja	Topshiriq mazmuni	Rivojlantiriladigan kompetensiya
I daraja	Standart matematik masalalar	Matematik bilim
II daraja	Amaliy-kasbiy masalalar	Amaliy kompetensiya
III daraja	Muammoli va modellashtiruvchi masalalar	Kasbiy-analitik kompetensiya

Masalan, iqtisodiy yo'nalishda quyidagi topshiriq berilishi mumkin: "Korxonaning ishlab chiqarish xarajatlari funksiyasi berilgan. Mahsulot hajmi oshirilganda xarajatlarning o'zgarishini aniqlang va korxona uchun eng maqbul ishlab chiqarish hajmini asoslang."

Bu topshiriq oddiy matematik hisoblash bilan chegaralanmaydi. Ta'lim oluvchi:

1. masalani tahlil qiladi;
2. matematik model tuzadi;

3. formulani aniqlaydi;
4. hisob-kitoblarni bajaradi;
5. grafik tuzadi;
6. natijani talqin qiladi;
7. kasbiy qaror chiqaradi.

Aynan shu ketma-ketlik matematika fanining kasbiy tayyorgarlikdagi amaliy qiymatini oshiradi.

Sun'iy intellekt bilan ishlashda "pedagogik filtr" tamoyili. Matematika ta'limida sun'iy intellektdan foydalanishning muhim sharti - ta'lim oluvchi AI tomonidan berilgan har qanday javobni avtomatik ravishda to'g'ri deb qabul qilmasligidir. Shu sababli quyidagi "pedagogik filtr" mexanizmini taklif etamiz:

- 1-bosqich. Ta'lim oluvchi masalani mustaqil tahlil qiladi.
- 2-bosqich. Dastlabki yechim strategiyasini ishlab chiqadi.
- 3-bosqich. Sun'iy intellektdan maslahat yoki alternativ yechim so'raydi.
- 4-bosqich. O'z yechimi bilan AI yechimini taqqoslaydi.
- 5-bosqich. Xatolar va farqlarni aniqlaydi.
- 6-bosqich. Yakuniy yechimni mustaqil asoslaydi.

Bu yondashuv sun'iy intellektga haddan tashqari bog'lanib qolishning oldini olishga yordam beradi. UNESCO ham generativ AI vositalarini ta'limda inson agentligi, xavfsizlik, tenglik va pedagogik maqsad bilan uyg'unlashtirish zarurligini ta'kidlaydi.

Matematik va kasbiy kompetensiyalarni baholash mezonlari. Taklif etilayotgan metodikaning samaradorligini aniqlash uchun quyidagi mezonlardan foydalanish mumkin.

Mezoni	Yuqori daraja	O'rta daraja	Past daraja
Matematik bilim	Tushunchalarni mustaqil qo'llaydi	Qisman qo'llaydi	Qiyinchilik bilan qo'llaydi
Matematik tafakkur	Muammoni mustaqil modellashtiradi	Tayanch yordamida model tuzadi	Tayyor modelga ehtiyoj sezadi
Raqamli kompetensiya	Vositalarni mustaqil tanlaydi	Tavsiya asosida foydalanadi	Foydalanishda qiynaladi
AI savodxonligi	AI natijasini tanqidiy baholaydi	Qisman tekshiradi	Natijani tekshirmasdan qabul qiladi
Kasbiy qo'llash	Matematik bilimni real vaziyatga tatbiq etadi	Oddiy vaziyatlarda qo'llaydi	Tatbiq etishda qiynaladi

Ushbu mezonlar asosida tajriba-sinov jarayonida ta'lim oluvchilarning boshlang'ich va yakuniy ko'rsatkichlarini taqqoslash mumkin.

Natijalar va muhokama. Matematika ta'limiga sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarni integratsiyalash natijasida bir qator pedagogik samaralarga erishish mumkin.

Birinchidan, matematika fanining kasbiy yo'nalganligi kuchayadi. Ta'lim oluvchi matematik formulani faqat nazariy obyekt sifatida emas, balki kelajakdagi kasbiy faoliyat vositasi sifatida qabul qiladi.

Ikkinchidan, ta'limning individuallashuvi ta'minlanadi. Turli darajadagi o'quvchilar uchun turlicha topshiriqlar ishlab chiqish imkoniyati kengayadi.

Uchinchidan, matematik tafakkurning muhim tarkibiy qismlari – tahlil qilish, taqqoslash, modellashtirish, xulosa chiqarish va muammoni hal qilish ko‘nikmalari rivojlanadi.

To‘rtinchidan, raqamli kompetensiya shakllanadi. Ta’lim oluvchi nafaqat matematik vositalardan, balki raqamli ma’lumotlar, grafiklar, elektron platformalar va sun’iy intellekt vositalaridan ham ongli foydalanishni o‘rganadi.

Beshinchidan, kasbiy tayyorgarlikning amaliy yo‘nalganligi ortadi.

Shu bilan birga, sun’iy intellektdan foydalanishning ayrim xavflari ham mavjud. Jumladan, tayyor javoblarga haddan tashqari tayanish, mustaqil fikrlashning pasayishi, noto‘g‘ri matematik javoblarni qabul qilish, akademik halollikning buzilishi va ma’lumotlar xavfsizligi muammolari shular jumlasidandir. OECD 2026-yilgi materiallarida ham AI’dan foydalanishda inson ekspertizasi, javobgarlik, ma’lumotlar sifati va xavfsizlik masalalariga alohida e’tibor qaratilgan.

Shuning uchun matematika ta’limida AI texnologiyalaridan foydalanish “AI yordamida masalani yechish” emas, balki “AI yordamida matematik muammoni chuqurroq tahlil qilish” tamoyiliga asoslanishi maqsadga muvofiq.

XULOSA.

Ilg‘or kasbiy ta’lim sharoitida matematika fanini o‘qitishni takomillashtirish zamonaviy raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt imkoniyatlaridan pedagogik maqsadga muvofiq foydalanishni talab etadi.

Tadqiqot natijasida matematika ta’limida sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalar integratsiyasi ta’lim oluvchilarning matematik bilimlarini chuqurlashtirish bilan birga ularning raqamli, analitik va kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qilishi asoslandi.

Matematika ta’limining kasbiy tayyorgarlik bilan integratsiyasi ta’lim mazmunini real kasbiy vaziyatlarga yaqinlashtirish, matematik bilimlarning amaliy ahamiyatini ochib berish va ta’lim oluvchilarning kasbiy muammolarni matematik usullar yordamida hal qilish qobiliyatini rivojlantirish imkonini beradi.

Sun’iy intellektdan foydalanishda uning pedagogik vosita ekanligini, o‘qituvchi va ta’lim oluvchining faoliyatini to‘liq almashtirmasligi kerakligini hisobga olish zarur. Ayniqsa, matematik masalalarni yechishda AI tomonidan taqdim etilgan natijalarni tekshirish, asoslash va tanqidiy baholash ta’lim jarayonining majburiy komponentiga aylanishi lozim.

Shu asosda quyidagi takliflarni ilgari surish mumkin:

1. ilg‘or kasbiy ta’lim matematika dasturlarini kasbiy yo‘naltirilgan matematik topshiriqlar bilan boyitish;
2. matematika darslarida sun’iy intellekt va raqamli vositalardan foydalanishning metodik mezonlarini ishlab chiqish;
3. matematik kompetensiya bilan bir qatorda AI savodxonligi va raqamli kompetensiyani baholash;
4. ta’lim oluvchilarga AI natijalarini tanqidiy tekshirish va baholashni o‘rgatish;
5. matematika fanidan individual ta’lim trayektoriyalarini shakllantirishda adaptiv raqamli vositalardan foydalanish;
6. matematik modellashtirish va real kasbiy vaziyatlarga asoslangan topshiriqlar ulushini oshirish;
7. o‘qituvchilarning sun’iy intellekt va raqamli pedagogika bo‘yicha metodik kompetensiyalarini rivojlantirish.

Umuman olganda, matematika ta'limi + raqamli texnologiyalar + sun'iy intellekt + kasbiy faoliyat integratsiyasi ilg'or kasbiy ta'limning amaliy samaradorligini oshirish, ta'lim oluvchilarni zamonaviy mehnat bozori talablariga mos tayyorlash va ularning kelajakdagi kasbiy faoliyatida matematik bilimlardan samarali foydalanish imkoniyatlarini kengaytiruvchi istiqbolli metodik yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023.
2. OECD. OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education. OECD Publishing, Paris, 2026. DOI: 10.1787/062a7394-en.
3. OECD. Developing Vocational Education and Training with Artificial Intelligence. OECD Reviews of Vocational Education and Training. OECD Publishing, Paris, 2026. DOI: 10.1787/e9f76b4e-en.
4. OECD. Five principles for the effective use of AI in vocational education and training development. OECD Publishing, 2026. DOI: 10.1787/ee8c8e8e-en.
5. OECD/European Commission. Empowering Learners for the Age of AI: An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education. OECD Publishing, Paris, 2026. DOI: 10.1787/65cd27d4-en.
6. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021.
7. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.
8. Mishra P., Koehler M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge // Teachers College Record. 2006. Vol. 108. No. 6. P. 1017–1054.
9. Selwyn N. Education and Technology: Key Issues and Debates. 2nd ed. London: Bloomsbury Academic, 2017.
10. O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi. Ilmiy nashrlarni OAKning dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritish talablari.
11. O'zbekiston Respublikasi. Ta'lim to'g'risidagi Qonun. O'RQ-637-son, 23.09.2020.
12. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. Raqamli O'zbekiston – 2030 strategiyasi. Tegishli normativ-huquqiy hujjatlar.

GENERATIV SUN'IY INTELLEKT BILAN MUNTAZAM INGLIZCHA MULOQOTNING TALABALAR SPONTAN NUTQI, KOMMUNIKATIV ISHONCHI VA O'Z-O'ZINI TUZATISH STRATEGIYALARIGA TA'SIRI: O'ZBEKISTON OLIY TA'LIM MUASSASALARI MISOLIDA

Yuldosheva Zuxra

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti 1-bosqich talabasi

E-mail: mmuslimbek381@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada generativ sun'iy intellekt (GenAI) bilan muntazam inglizcha muloqot qilishning EFL (English as a Foreign Language - xorijiy til sifatida ingliz tili) talabalarining spontan nutqi, kommunikativ ishonchi va o'z-o'zini tuzatish strategiyalariga ehtimoliy ta'siri tahlil

qilinadi. Tadqiqotning dolzarbligi oliy ta'lim sharoitida ingliz tilida erkin va real vaqt rejimida muloqot qilish imkoniyatlarining cheklanganligi, speaking anxiety va xato qilishdan qo'rqish kabi omillar bilan belgilanadi. Ishning maqsadi GenAI'ni oddiy tarjimon yoki grammatik tekshiruvchi emas, balki muntazam dialogik suhbatdosh sifatida qo'llashning og'zaki nutq rivojiga ta'sir mexanizmlarini aniqlashdan iborat. Taklif etilayotgan tadqiqot mixed-method quasi-experimental dizayn asosida tashkil etilib, eksperimental va nazorat guruhlarini 6–8 hafta davomida taqqoslashni nazarda tutadi. Asosiy ko'rsatkichlar spontan nutq ravonligi, nutq tezligi, pauzalar, navbat almashish, kommunikativ ishonch, willingness to communicate va self-correction strategiyalarini qamrab oladi. Mavjud xalqaro tadqiqotlar GenAI asosidagi ovozli muloqot og'zaki nutq, ayrim holatlarda kommunikativ ishonch va o'zaro ta'sir kompetensiyasini qo'llab-quvvatlashi mumkinligini ko'rsatmoqda. Biroq ta'sir topshiriq turi, feedback sifati va pedagogik dizaynga bog'liq. O'zbekiston oliy ta'limi uchun "o'qituvchi + AI" modeli istiqbolli yo'nalish sifatida taklif etiladi.

Kalit so'zlar: generativ sun'iy intellekt, EFL, ingliz tili, spontan nutq, kommunikativ ishonch, o'z-o'zini tuzatish, speaking practice, conversational AI, og'zaki nutq, oliy ta'lim, willingness to communicate, speaking anxiety, O'zbekiston.

Аннотация. В статье рассматривается потенциальное влияние регулярного общения студентов на английском языке с генеративным искусственным интеллектом на спонтанную речь, коммуникативную уверенность и стратегии самокоррекции учащихся EFL. Актуальность исследования обусловлена ограниченным количеством возможностей для регулярной устной практики на английском языке в условиях высшего образования, а также влиянием страха ошибки и тревожности при говорении на готовность студентов участвовать в коммуникации. Цель работы заключается в теоретическом и методическом обосновании использования генеративного ИИ не только как инструмента перевода или проверки грамматики, но и как постоянного диалогического собеседника. Предлагаемый дизайн исследования основан на смешанном квазиэкспериментальном подходе с экспериментальной и контрольной группами и регулярной практикой в течение 6–8 недель. В качестве основных переменных рассматриваются беглость спонтанной речи, скорость говорения, частота пауз, способность поддерживать очередность реплик, коммуникативная уверенность, готовность к коммуникации и стратегии самокоррекции. Современные исследования показывают, что голосовые и разговорные AI-системы могут расширять возможности устной практики и создавать менее угрожающую среду для языкового взаимодействия. Вместе с тем эффект зависит от типа задания, качества обратной связи, продолжительности практики и педагогического сопровождения. Для узбекского высшего образования предлагается модель интеграции AI-практики с деятельностью преподавателя.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, EFL, английский язык, спонтанная речь, коммуникативная уверенность, самокоррекция, устная практика, разговорный ИИ, высшее образование, готовность к коммуникации, речевая тревожность, Узбекистан.

Abstract. This article examines the potential effects of regular English interaction with generative artificial intelligence (GenAI) on EFL learners' spontaneous speech, communicative confidence, and self-correction strategies. The topic is particularly relevant to higher education contexts where opportunities for sustained oral English practice may be limited and where speaking anxiety, fear of making mistakes, and insufficient confidence can restrict students' willingness to

communicate. The purpose of the study is to conceptualize GenAI not merely as a translation or grammar-checking tool but as a dialogic conversational partner that can provide repeated opportunities for oral production, feedback, repair, and reattempts. A mixed-method quasi-experimental design is proposed, involving experimental and control groups over a 6–8-week intervention. The principal variables include spontaneous speech fluency, speech rate, pause frequency, turn-taking, communicative confidence, willingness to communicate, speaking anxiety, and self-correction strategies. Recent empirical studies indicate that conversational and voice-based AI can facilitate oral performance and provide low-pressure opportunities for repeated speaking practice, although the effects are not uniform across tasks and learners. The proposed framework therefore emphasizes frequency of interaction, quality of feedback, task design, and teacher mediation. For Uzbek higher education, a teacher-plus-AI model is suggested as a potentially productive framework for integrating conversational AI into EFL speaking instruction.

Keywords: *generative AI, EFL, English language, spontaneous speech, communicative confidence, self-correction, speaking practice, conversational AI, higher education, willingness to communicate, speaking anxiety, oral proficiency, Uzbekistan.*

KIRISH

Ingliz tilida ogʻzaki muloqot zamonaviy oliy taʼlimda faqat til kompetensiyasining bir komponenti emas, balki akademik, kasbiy va xalqaro kommunikatsiyada faol ishtirok etishning muhim shartlaridan biridir. Biroq ingliz tilini xorijiy til sifatida oʻrganuvchi talabada grammatik va leksik bilimlarning mavjudligi har doim ham ushbu bilimlarni real vaqt rejimida qoʻllashga tayyorlikni anglatmaydi. Willingness to Communicate (WTC - muloqotga kirishish tayyorligi) modeli ham til bilimi bilan bir qatorda kommunikativ ishonch va vaziyat omillari muloqotga kirishish ehtimolini belgilashini taʼkidlaydi.

Spontan nutqning murakkabligi shundaki, talaba bir vaqtning oʻzida fikrni shakllantirishi, mos leksik birlikni tanlashi, grammatik tuzilmani nazorat qilishi, talaffuzni boshqarishi va suhbatdoshning javobiga munosabat bildirishi kerak. Shu sababli speaking mashgʻulotlari faqat oldindan tayyorlangan dialoglarni takrorlash bilan cheklanib qolsa, real kommunikativ vaziyatlarda zarur boʻlgan spontanlik yetarli darajada rivojlanmasligi mumkin.

Ikkinchi muhim omil - kommunikativ ishonch. Ingliz tilida gapirishdagi xavotir, xato qilishdan qoʻrqish yoki boshqa talabalar tomonidan baholanish hissi ogʻzaki faollikni kamaytirishi mumkin. Soʻnggi tadqiqotlarda AI suhbat agentlari ayrim vaziyatlarda talabalar uchun kamroq tahdidli muloqot muhiti yaratishi va oral proficiency bilan bogʻliq ijobiy oʻzgarishlarni qoʻllab-quvvatlashi mumkinligi aniqlangan. Masalan, Huang va Kakhamning 2026-yildagi quasi-experimental tadqiqotida AI bilan ishlagan guruh oral proficiency boʻyicha nazorat guruhidan yuqori natija koʻrsatgan, biroq umumiy speaking anxiety boʻyicha guruhlar oʻrtasida sezilarli farq kuzatilmagan. Bu natija AI taʼsirini bir yoqlama emas, balki topshiriq va vaziyatga bogʻliq hodisa sifatida koʻrish zarurligini koʻrsatadi.

Generativ AIʼning taʼlimdagi yangi imkoniyati shundaki, u matnni tuzatish yoki tarjima qilish bilan chegaralanmay, foydalanuvchi bilan davomli dialog olib borishi mumkin. Ovozli conversational AI orqali talaba savol berishi, javob berishi, notoʻgʻri ifodani qayta tuzishi va suhbatni davom ettirishi mumkin. 2026-yilda chop etilgan tadqiqotda Microsoft 365 Copilot voice chat bilan sakkiz haftalik mashgʻulot EFL talabalarining speech rate, mean length of run, pauza, turn-taking va repair strategiyalarida oʻsish bilan bogʻlangan.

Shu bilan birga, GenAI'dan foydalanish natijalari barcha sharoitlarda bir xil emas. Ma, Wang va Pang conversational agent bilan ishlashda AI'dan yakka foydalanish va tengdosh bilan birgalikdagi foydalanish sharoitlari o'rtasidagi farqlarni o'rgangan va AI bilan peer collaboration kombinatsiyasi oral proficiency hamda affective engagement uchun muhim ekanini ko'rsatgan.

O'zbekiston oliy ta'limida mazkur masala ayniqsa dolzarb, chunki ingliz tilida og'zaki muloqot uchun qo'shimcha, individual va muntazam mashq muhiti barcha talabalar uchun bir xil darajada mavjud bo'lmashligi mumkin. Biroq O'zbekiston talabalari bo'yicha aynan GenAI bilan muntazam ovozli muloqotning spontan nutq, kommunikativ ishonch va self-correction ko'rsatkichlariga ta'sirini o'lchagan real empirik ma'lumotlar ushbu maqola doirasida mavjud emas. Shu sababli quyidagi maqola empirik natijalar haqida da'vo qilmaydi, balki mavjud xalqaro tadqiqotlar asosida O'zbekiston sharoitida tekshirilishi mumkin bo'lgan tadqiqot modelini taklif qiladi.

Tadqiqotning maqsadi GenAI bilan muntazam inglizcha dialogik muloqotning EFL talabalarining spontan nutqi, kommunikativ ishonchi va o'z-o'zini tuzatish strategiyalariga ta'sirini nazariy va metodik jihatdan asoslashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari. Spontan nutq, kommunikativ ishonch va self-correction tushunchalarini operatsionallashtirish. Conversational AI bo'yicha mavjud empirik tadqiqotlarni tanqidiy tahlil qilish. GenAI muloqotining speaking fluency va WTC bilan bog'liq mexanizmlarini aniqlash. O'zbekiston oliy ta'limi uchun takrorlanadigan mixed-method tadqiqot dizaynini ishlab chiqish. GenAI bilan muntazam mashqning ehtimoliy afzalliklari va cheklovlarini belgilash.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Willingness to Communicate va kommunikativ ishonch. WTC tushunchasi L2 kommunikatsiyani faqat lingvistik bilim darajasi bilan tushuntirib bo'lmashligini ko'rsatadi. MacIntyre va hammualliflarining situatsion modeli kommunikativ xatti-harakatga lingvistik, kognitiv, affektiv va ijtimoiy omillar ta'sir qilishini taklif qiladi. Muhimi, yuqori til kompetensiyasi mavjud bo'lsa ham, talaba real vaziyatda gapirishni istamasligi mumkin.

AI-mediated communication ushbu modelga qo'shimcha nuqtai nazar beradi. Talaba AI bilan muloqot qilganda real auditoriya oldida baholanish bosimi nisbatan kamayishi mumkin. Tai va Chen tadqiqotida Google Assistant bilan ikki haftalik faoliyatdan so'ng o'smir EFL o'quvchilarining WTC ko'rsatkichi, kommunikativ ishonchi va speaking anxiety bo'yicha ijobiy o'zgarishlar qayd etilgan.

Biroq ushbu natijalarni universitet talabalariga yoki O'zbekiston sharoitiga to'g'ridan-to'g'ri ko'chirish metodologik jihatdan to'g'ri bo'lmaydi. Ishtirokchilar yoshi, ta'lim muhiti, AI turi va intervensiya davomiyligi farq qiladi. Demak, WTC bo'yicha xalqaro natijalar O'zbekiston kontekstida alohida tekshirilishi kerak.

2026-yildagi Tang va hammualliflar tadqiqoti esa GenAI bilan WTCni self-efficacy, speaking enjoyment, anxiety va boshqa psixologik omillar bilan birgalikda ko'rib chiqadi. Tadqiqot 350 ishtirokchini qamrab olgan va GenAI bilan muloqotga tayyorlikni alohida o'rganish zarurligini ko'rsatadi.

Conversational AI'ning asosiy pedagogik imkoniyati - takroriy oral production uchun qo'shimcha muhit yaratishdir. Talaba inson suhbatdoshiga bog'liq bo'lmagan holda mavzuni qayta boshlashi, savolga qayta javob berishi va xatoni tuzatib yana urinib ko'rishi mumkin.

Wang va hammualliflarning 2024-yilgi System jurnalidagi tadqiqotida turli conversational GenAI chatbotlarining WTC, speaking anxiety, self-perceived communicative competence va speaking performance bilan bog'liq ta'siri o'rganilgan. Tadqiqot uch guruhli dizayn asosida amalga oshirilgan va AI vositalarining nafaqat texnik, balki affective natijalarini ham tahlil qilgan.

Huang va Kakham tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda esa 83 nafar Xitoy universiteti talabasi qatnashgan. AI-supported intervention oral proficiency bo'yicha eksperimental guruh foydasiga natija bergan, lekin anxiety bo'yicha umumiy guruh farqi statistik jihatdan sezilarli bo'lmagan. Shu bilan birga, pair work va presentation kabi ayrim topshiriqlarda situatsion anxiety pasaygani kuzatilgan.

Bu qarama-qarshi ko'rinadigan natijalar muhim metodologik xulosaga olib keladi: GenAI ta'sirini faqat "AI ishlatildi/ishlatilmadi" shaklida o'lchash yetarli emas. Muloqot turi, topshiriq, feedback va interaksiya davomiyligi ham qayd etilishi kerak. Spontan nutqda ravonlik faqat tez gapirishdan iborat emas. Speech rate, pauzalar, mean length of run, lexical retrieval, turn-taking va repair kabi ko'rsatkichlar birgalikda ko'rib chiqilishi lozim. 2026-yilgi Copilot voice-chat tadqiqotida sakkiz haftalik AI muloqotidan keyin eksperimental guruhda speech rate, mean length of run va pause reduction ko'rsatkichlarida nazorat guruhiga nisbatan kattaroq o'sish qayd etilgan. Bundan tashqari, turn-taking va repair strategiyalarida ham yaxshilanishlar kuzatilgan.

Mazkur natija self-correction tushunchasi uchun ham muhim. O'z-o'zini tuzatish - talabanning xatoni sezishi, nutqni to'xtatishi yoki qayta qurishi va yaxshilangan shaklda davom ettirish jarayonidir. AI bilan muloqotda feedback darhol berilishi mumkinligi sababli, learner noticing va repair uchun qo'shimcha imkoniyat paydo bo'ladi. Biroq AI feedback har doim to'g'ri bo'lmasligi mumkin. AI noto'g'ri talaffuzni aniqlashi, kontekstni noto'g'ri tushunishi yoki grammatik jihatdan maqbul bo'lgan variantni keraksiz ravishda "xato" deb belgilashi ehtimoli mavjud. Shu sababli self-correctionni faqat AI bergan tuzatishlar soni bilan emas, balki talabanning mustaqil ravishda xatoni sezishi va tuzatishi bilan o'lchash maqsadga muvofiq.

GenAI'dan bir martalik foydalanish bilan muntazam muloqot o'rtasidagi farq alohida tadqiq qilinishi lozim. 2026-yildagi GenAI-mediated informal digital learning tadqiqotida speaking taskni GenAI bilan bajarish aynan o'sha turdagi speaking performance'ni yaxshilagan, ammo intrinsic motivation va speaking self-efficacy bo'yicha statistik farq kuzatilmagan. Bu natija transfer masalasini ochib beradi. Talaba AI bilan muayyan topshiriqni yaxshi bajarishni o'rganishi mumkin, ammo bu boshqa kommunikativ vaziyatlarda avtomatik ravishda bir xil darajadagi kompetensiyaga olib keladi, deb aytish uchun yetarli dalil yo'q.

Shuning uchun O'zbekiston sharoitidagi tadqiqotda kamida ikki xil speaking task - masalan, dialogik role-play va mustaqil monolog - qo'llanishi, shuningdek AI bilan bajarilmagan yangi transfer topshirig'i ham berilishi kerak. Ma, Wang va Pang AI bilan ishlashning turli sharoitlarini taqqoslab, conversational agent bilan peer collaboration birgalikda qo'llanganda oral proficiency va affective engagement uchun qo'shimcha foyda berishi mumkinligini ko'rsatgan. Demak, AI'ni inson muloqotining to'liq o'rmini bosuvchi vosita sifatida emas, balki kommunikativ amaliyotni kengaytiruvchi vosita sifatida ko'rish maqsadga muvofiq. Inson suhbatida pragmatik noziklik, emotsional javob, madaniy kontekst va haqiqiy ijtimoiy oqibatlar mavjud. AI esa nazorat qilinadigan va takroriy mashq muhiti yaratishda kuchliroq bo'lishi mumkin.

Shu asosda maqolaning konseptual modeli quyidagicha ifodalanadi: Muntazam GenAI muloqoti → ko'proq oral production → feedback/noticing → qayta urinish → self-repair → spontan nutq va kommunikativ ishonchning rivojlanishi. Ushbu zanjirga muloqot chastotasi, feedback sifati, topshiriq turi va o'qituvchi moderatsiyasi moderator omillar sifatida ta'sir qilishi mumkin.

Metodika: taklif etilayotgan tadqiqot dizayni. Mazkur maqolada O'zbekiston oliy ta'lim muassasalarida real eksperiment o'tkazilgani haqida empirik ma'lumot mavjud emas. Shu sababli quyidagi metodika taklif etilayotgan tadqiqot dizayni sifatida beriladi. Tadqiqot uchun mixed-method quasi-experimental design taklif etiladi. Miqdoriy bosqichda eksperimental va nazorat guruhlariga pre-

test/post-test asosida taqqoslanadi. Sifat bosqichida esa yarim tuzilgan intervyu va reflektiv kundaliklar orqali talabalar tajribasi tahlil qilinadi. Tadqiqotda O‘zbekistonning bir yoki bir nechta oliy ta’lim muassasasida ingliz tilini EFL sifatida o‘rganayotgan bakalavr talabalari qatnashishi mumkin. Ishtirokchilar taxminan bir xil til darajasiga ega guruhlardan tanlanadi.

Eksperimental va nazorat guruhlarini mavjud akademik guruhlar asosida shakllantirish mumkin. Ishtirokchilarning jinsi, yoshi, ingliz tilini o‘rganish davomiyligi, boshlang‘ich speaking darajasi va oldingi AI tajribasi qayd etilishi kerak.

Tavsiya etilayotgan intervensiya 8 hafta davom etadi. Eksperimental guruh:

haftasiga 3–4 marta; har bir mashg‘ulotda 15–20 daqiqa; asosan voice-based conversational AI bilan; role-play, interview, problem-solving, discussion va storytelling topshiriqlari orqali ingliz tilida muloqot qiladi. AI foydalanuvchiga javob berishdan tashqari, follow-up questions berishi, suhbatni davom ettirishi, kerak bo‘lganda qisqa feedback berishi va qayta urinishni rag‘batlantirishi kerak. Nazorat guruhi esa shu mavzularda o‘qituvchi yoki tengdoshlar bilan an’anaviy speaking mashg‘ulotlarini bajaradi.

Spontan nutq: speech rate, pause frequency, mean length of run, lexical retrieval va turn-taking.

Kommunikativ ishonch: self-perceived communicative competence, WTC va speaking confidence ko‘rsatkichlari.

Speaking anxiety: qisqa validatsiyadan o‘tgan foreign language speaking anxiety shkalasi.

Self-correction: audio yozuvlarda repair episodes, reformulation, repetition, lexical replacement va grammatical repair holatlari kodlanadi.

Sifat ma’lumotlari: intervyu, reflektiv kundalik va AI interaction loglari.

Miqdoriy ma’lumotlar uchun pre-test va post-test o‘zgarishlari, guruhlararo farqlar va zarur hollarda effect size hisoblanishi mumkin. Statistik testlar ma’lumotlarning taqsimoti va tadqiqot dizayniga muvofiq tanlanadi. Sifat ma’lumotlari thematic analysis orqali kodlanadi. Dastlab “confidence”, “anxiety”, “feedback”, “repair”, “repetition”, “dependence” kabi boshlang‘ich kodlar ajratilib, keyinchalik ular umumiy tematik kategoriyalarga birlashtiriladi. Muhimi, haqiqiy ma’lumot yig‘ilmaguncha p-value, o‘rtacha ball yoki effect size kabi ko‘rsatkichlar keltirilmaydi.

Ishtirokchilardan informed consent olinishi, audio yozuvlar anonimlashtirilishi va ma’lumotlardan faqat ilmiy maqsadda foydalanilishi kerak. AI platformasiga shaxsiy yoki maxfiy ma’lumotlarni kiritmaslik bo‘yicha ishtirokchilarga oldindan ko‘rsatma beriladi.

KUTILAYOTGAN NATIJALAR.

Mazkur bosqichda quyidagi natijalar empirik fakt emas, balki mavjud tadqiqotlar asosida shakllantirilgan tekshiriladigan ilmiy kutilmalardir. Birinchidan, muntazam voice-based GenAI practice spontan nutq ravonligining ayrim ko‘rsatkichlarini yaxshilashi mumkin. Xususan, speech rate oshishi, uzunroq uninterrupted runs va pauzalar kamayishi ehtimoli mavjud. Copilot voice-chat tadqiqotida aynan shu yo‘nalishlarda ijobiy o‘zgarishlar kuzatilgani ushbu gipotezani qo‘llab-quvvatlaydi.

Ikkinchidan, muntazam AI muloqoti kommunikativ ishonch va WTCni kuchaytirishi mumkin. Bunga hukmsiz va takroriy mashq muhiti sabab bo‘lishi mumkin. Google Assistant bilan o‘tkazilgan tadqiqotda WTC, confidence va speaking anxiety bo‘yicha ijobiy o‘zgarishlar kuzatilgan. Uchinchidan, self-correction strategiyalarida o‘shish kutilishi mumkin. Talaba o‘z javobini qayta eshitishi, AI feedbackini qabul qilishi yoki savolga javob berishda o‘z ifodasini qayta tuzishi orqali repair jarayonlarini ko‘proq qo‘llashi mumkin. To‘rtinchidan, natijalar barcha speaking topshiriqlarida bir xil bo‘lmasligi mumkin. Huang va Kakham tadqiqoti anxiety ta’siri task turiga

qarab o'zgarishini ko'rsatgani sababli, O'zbekiston tadqiqotida ham dialog, presentation, debate va storytelling alohida tahlil qilinishi lozim. Beshinchidan, AI bilan mashq qilingan vazifada yuqori natija avtomatik ravishda umumiy kommunikativ kompetensiya oshganini anglatmaydi. Shu sababli post-testda AI ishlatilmaydigan yangi kommunikativ topshiriq kiritilishi muhim.

MUHOKAMA.

GenAI bilan muntazam muloqotning spontan nutqqa ijobiy ta'siri, avvalo, qo'shimcha oral production opportunities bilan izohlanishi mumkin. An'anaviy auditoriyada har bir talabaning 15–20 daqiqa uzluksiz inglizcha gapirish imkoniyati cheklangan bo'lishi mumkin. AI esa parallel ravishda individual suhbatdosh vazifasini bajarishi mumkin. Bunda talaba qisqa vaqt ichida ko'proq nutq ishlab chiqaradi. Ikkinchi mexanizm - qayta urinish. Inson bilan muloqotda xatoni tuzatish ba'zan kommunikativ bosimni kuchaytiradi. AI bilan individual mashqda esa talaba javobni qayta shakllantirishga ko'proq tayyor bo'lishi mumkin. Shu nuqtai nazardan feedback self-correction uchun vositachi mexanizmga aylanishi ehtimol. Biroq "immediate feedback har doim foydali" degan xulosani ehtiyotkorlik bilan qabul qilish kerak. Haddan tashqari ko'p tuzatish nutqning tabiiyligini buzishi va kognitiv yuklamani oshirishi mumkin. Shuning uchun AI protokolida har bir xatoni bir zumda tuzatish o'rniga, pedagogik jihatdan muhim xatolarni tanlash maqsadga muvofiq.

Kommunikativ ishonch masalasida ham ehtiyotkorlik zarur. AI bilan gapirishning nisbatan xavfsizligi real insoniy kommunikatsiyadagi ijtimoiy va emotsional murakkabliklarni to'liq takrorlamaydi. Huang va Kakham (2026) natijalari ham AI anxiety'ni barcha topshiriqlarda bir xil darajada kamaytirmasligini ko'rsatadi. Shuningdek, AI bilan mashqning real insoniy muloqotga transferi alohida muammo hisoblanadi. Ma, Wang va Pang (2025) AI va peer collaborationni birgalikda ko'rish zarurligini ko'rsatadi. Demak, AI mashg'ulotlari yakka tartibdagi amaliyot sifatida foydali bo'lishi mumkin, ammo ular real guruh muloqoti, juftlikdagi suhbat, seminar va taqdimotlarni to'liq almashtirmasligi kerak. O'zbekiston oliy ta'limi uchun shu sababli "o'qituvchi + AI + talaba + peer" modeli taklif etilishi mumkin. Bunda AI individual speaking practice uchun, o'qituvchi feedback va pedagogik nazorat uchun, tengdoshlar esa real kommunikativ interaction uchun xizmat qiladi.

AI'dan foydalanishda texnik va etik xavflar ham mavjud. Internetga bog'liqlik, qurilma sifati, speech recognition xatolari, noto'g'ri feedback, maxfiylik, akademik halollik va AI'ga ortiqcha bog'lanish ta'lim natijalarini cheklashi mumkin. Bundan tashqari, AI inson suhbatdoshining pragmatik, emotsional va madaniy murakkabligini to'liq takrorlay olmaydi. Shu sababli AI o'qituvchining o'rnini egallovchi emas, balki pedagogik jihatdan boshqariladigan vosita sifatida qoralishi lozim.

XULOSA.

Generativ sun'iy intellekt bilan muntazam inglizcha muloqot EFL talabalarining og'zaki kommunikativ rivojini qo'llab-quvvatlash uchun istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida ko'rilishi mumkin. Mavjud empirik tadqiqotlar AI-mediated speaking practice oral proficiency, fluency, interactional competence, WTC yoki learner autonomy kabi ayrim ko'rsatkichlarda ijobiy o'zgarishlar bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini ko'rsatmoqda. Biroq natijalar bir xil emas va topshiriq turi, interaksiya formati hamda pedagogik dizayn muhim rol o'ynaydi.

Mazkur maqolada uchta asosiy o'zgaruvchi - spontan nutq, kommunikativ ishonch va self-correction - o'zaro bog'liq, ammo alohida o'lchanadigan konstruktlar sifatida konseptuallashtirildi. Muntazam muloqot ko'proq oral production va qayta urinish imkoniyatini yaratishi; feedback esa

noticing va self-repair jarayonlarini qo'llab-quvvatlashi mumkin. O'zbekiston oliy ta'limida ushbu modelni sinash uchun 6–8 haftalik mixed-method quasi-experimental tadqiqot maqsadga muvofiq. Bunda AI bilan mashq qilingan topshiriqlargina emas, balki AI ishtirokisiz yangi kommunikativ topshiriqlar ham qo'llanishi kerak. Bu transfer masalasini aniqroq baholash imkonini beradi.

Amaliy nuqtai nazardan, o'qituvchilar AI'ni individual speaking practice, role-play, pronunciation rehearsal, vocabulary retrieval va reflection uchun ishlatishlari mumkin. Biroq AI feedbacki nazorat qilinishi, talabalar maxfiyligi himoyalaniishi va real insoniy kommunikatsiya saqlab qolinishi zarur. Tadqiqotning asosiy cheklovi shundaki, ushbu maqola O'zbekiston oliy ta'lim muassasalaridan olingan original empirik datasetga ega emas. Shuning uchun keltirilgan natijalar kutilayotgan natijalar sifatida talqin qilinishi kerak. Kelgusida O'zbekiston universitetlarida turli hududlar, til darajalari, AI platformalari va speaking tasklar asosida longitudinal tadqiqotlar o'tkazish mazkur modelning haqiqiy samaradorligini aniqlashga imkon beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdelrady, A. H., Khalil, A. A., Ali El Deen, A. A. M. M., Alnofal, A. I. S., and Mohamed, A. M. (2026). Speaking with AI: The impact of Microsoft 365 Copilot voice chat on EFL learners' fluency, interactional competence, and autonomy. *Frontiers in Education*, 11, 1851080. <https://doi.org/10.3389/educ.2026.1851080>.
2. Huang, Y., and Kakham, P. (2026). The impacts of AI conversational agents on EFL learners' oral proficiency and foreign language speaking anxiety. *Frontiers in Education*, 11, 1799269. <https://doi.org/10.3389/educ.2026.1799269>.
3. Ma, Y., Wang, Z., and Pang, H. (2025). The more the merrier? Examining the effects of a conversational agent on EFL learners' speaking in three conditions. *Computers and Education*, 239, 105442. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105442>.
4. Tai, T.-Y., and Chen, H. H.-J. (2023). The impact of Google Assistant on adolescent EFL learners' willingness to communicate. *Interactive Learning Environments*, 31(3), 1485–1502. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1841801>.
5. Tang, J., Zhang, A., Sun, M., Leng, X., and Luo, L. (2026). Drivers of willingness to communicate with generative AI: The roles of self-efficacy, grit, speaking enjoyment, and anxiety from a self-determination theory perspective. *Frontiers in Psychology*, 17, 1754495. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1754495>.
6. Wang, C., Zou, B., Du, Y., and Wang, Z. (2024). The impact of different conversational generative AI chatbots on EFL learners: An analysis of willingness to communicate, foreign language speaking anxiety, and self-perceived communicative competence. *System*, 127, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.system.2024.103533>.
7. How does generative AI-mediated informal digital learning of English speaking practice influence intrinsic motivation, self-efficacy and performance of vocational college students? (2026). *System*, 138, 103979. <https://doi.org/10.1016/j.system.2026.103979>.
8. MacIntyre, P. D., Clément, R., Dörnyei, Z., and Noels, K. A. (1998). Conceptualizing willingness to communicate in a L2: A situational model of L2 confidence and affiliation. *The Modern Language Journal*, 82(4), 545–562. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.1998.tb05543.x>.

SUN'IIY INTELLEKT POYGASIDAN KEYINGI DAVR YOXUD KVANT TEKNOLOGIYALARI INQILOBI

Xaqberdiyev Asliddin Imomnazar o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika Universiteti NTM, Karshi, Uzbekistan

e-mail: haqberdiyevasliddin@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada so'nggi yillardagi sun'iy intellekt (SI) sohasidagi «poyga»ning tabiiy chegaralari hamda undan keyingi texnologik bosqichda kvant texnologiyalarining o'rni tahlil qilinadi. Tadqiqotning maqsadi — hisoblash quvvati, ma'lumotlar va energiya resurslariga tayangan SI rivojlanishining cheklovlarini aniqlash hamda kvant hisoblashlari, kvant kriptografiyasi va kvant sensorikasi yo'nalishlarining strategik ahamiyatini baholashdir. Ishda ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish, qiyosiy tahlil va masshtablash qonuniyatlarini nazariy baholash usullaridan foydalanildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, SI kelgusida alohida raqobat sohasidan ko'ra umumiy infratuzilma sifatida qaraladi, kvant texnologiyalari esa xatoliklarni tuzatish sohasidagi yutuqlar tufayli amaliy bosqichga yaqinlashmoqda. Kvant va SI gibrid tizimlari hamda kvantdan keyingi kriptografiyaga o'tish eng yaqin istiqboldagi ustuvor vazifalar sifatida aniqlandi. Xulosada O'zbekiston uchun kadrlar tayyorlash va axborot xavfsizligi bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: kvant texnologiyalari, sun'iy intellekt, kvant hisoblashlar, kvantdan keyingi kriptografiya, masshtablash qonuniyatlari.

Аннотация. В статье анализируются естественные пределы гонки в области искусственного интеллекта (ИИ) и роль квантовых технологий на следующем этапе технологического развития. Цель исследования — выявить ограничения развития ИИ, опирающегося на вычислительные мощности, данные и энергетические ресурсы, а также оценить стратегическое значение квантовых вычислений, квантовой криптографии и квантовой сенсорики. В работе использованы систематический анализ научной литературы, сравнительный анализ и теоретическая оценка закономерностей масштабирования. Показано, что ИИ будет рассматриваться скорее как общая инфраструктура, чем как отдельная сфера конкуренции, тогда как квантовые технологии приближаются к практическому этапу благодаря успехам в области коррекции ошибок. Гибридные квантово-классические системы и переход к постквантовой криптографии определены как ближайшие приоритеты. В заключении сформулированы рекомендации для Узбекистана по подготовке кадров и информационной безопасности.

Ключевые слова: квантовые технологии, искусственный интеллект, квантовые вычисления, постквантовая криптография, законы масштабирования.

Abstract. The paper analyzes the natural limits of the artificial intelligence (AI) race and the role of quantum technologies in the subsequent stage of technological development. The purpose of the study is to identify the constraints of AI progress that relies on computing power, data and energy, and to assess the strategic importance of quantum computing, quantum cryptography and quantum sensing. The research uses a systematic review of the scientific literature, comparative analysis and a theoretical assessment of scaling laws. The results show that AI is likely to be treated as general-purpose infrastructure rather than a separate arena of competition, while quantum technologies are approaching practical use owing to progress in error correction. Hybrid quantum-classical systems

and the transition to post-quantum cryptography are identified as the nearest priorities. The conclusion offers recommendations for Uzbekistan on workforce training and information security.

Keywords: quantum technologies, artificial intelligence, quantum computing, post-quantum cryptography, scaling laws.

KIRISH

2022–2026-yillarda katta til modellari va generativ tizimlar sun'iy intellektni ilmiy laboratoriyalardan kundalik hayotga olib chiqdi. Natijada davlatlar va yirik korporatsiyalar o'rtasida haqiqiy «poyga» boshlandi: modellar hajmi, o'qitish ma'lumotlari va hisoblash klasterlarining quvvati muntazam oshirilmoqda [8, 9]. Biroq bunday ekstensiv rivojlanish yo'li o'z chegaralariga yaqinlashmoqda: sifatli ma'lumotlar tanqisligi, ilg'or chiqlar va elektr energiyasiga ehtiyojning o'sishi hamda har bir qo'shimcha resursdan olinadigan foydaning kamayishi shular jumlasidandir.

Shu bois «SI poygasidan keyingi davr» iborasi sun'iy intellektning yo'qolishini emas, aksincha, uning keng tarqalgan, tovarlashgan infratuzilmaga aylanishini va texnologik ustunlik uchun kurashning yangi hisoblash paradigmalariga ko'chishini anglatadi. Bunday paradigmalar orasida kvant texnologiyalari eng ilg'ori hisoblanadi. Kvant hisoblashlar g'oyasi R. Feynman tomonidan tabiatni modellashtirish vositasi sifatida ilgari surilgan [2], P. Shor [3] va L. Grover [4] algoritmlari esa kvant mashinalarining ayrim masalalarda klassik kompyuterlardan ustunligini nazariy asoslab berdi. 2019-yilda Google tadqiqotchilari 53 kubitli supero'tkazgich protsessorda tanlangan masala bo'yicha «kvant ustunligi»ni namoyish etganini e'lon qildilar [6], 2024–2025-yillarda esa kvant xatoliklarini tuzatishda muhim yutuqlarga erishildi [7].

Maqolaning maqsadi — SI rivojlanishining resurs cheklovlarini miqdoriy jihatdan baholash va kvant texnologiyalarining bu cheklovlardan keyingi bosqichdagi o'rnini aniqlashdir. Buning uchun quyidagi vazifalar qo'yildi: SI masshtablash qonuniyatlarini tahlil qilish; kvant hisoblashlarning nazariy ustunliklari va amaliy to'siqlarini ko'rsatish; kvant va SI o'rtasidagi o'zaro ta'sir hamda kriptografik xavflarni baholash.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot tahliliy-sharh xarakteriga ega. Manba sifatida hakamlik qilinadigan xalqaro jurnallar (Nature, Quantum, Nature Reviews Physics), arXiv preprintlari, NIST standartlari hamda milliy me'yoriy hujjatlar tanlandi. Ma'lumotlarni qayta ishlashda qiyosiy tahlil, hisoblash murakkabligi nazariyasi vositalari va empirik masshtablash qonuniyatlarini nazariy baholash usullaridan foydalanildi.

SI modellarining sifati resurslar o'sishi bilan darajali qonun bo'yicha yaxshilanishi aniqlangan [8]. Parametrlar soni N bo'lgan model uchun sinov tanlanmasidagi yo'qotish quyidagicha ifodalanadi:

$$L(N) = \left(\frac{N_c}{N}\right)^{\alpha_N}, \quad \alpha_N \approx 0,076 \quad (1)$$

bu yerda L — yo'qotish, N_c va α_N — empirik doimiylar; [8] ga ko'ra $\alpha_N \approx 0,076$. (1) ifodadan yo'qotishni ikki baravar kamaytirish uchun parametrlar sonini taxminan $2^{1/\alpha_N} \approx 9 \cdot 10^3$ marta oshirish zarurligi kelib chiqadi. Bu baho faqat parametrlar soni cheklovchi omil bo'lgan sharoit uchun o'rinli, biroq resurslarga bo'lgan talab sifat o'sishidan ancha tez ortishini yaqqol ko'rsatadi.

Kvant hisoblashlarda axborot birligi — kubit bo'lib, uning holati ikki bazis holatining superpozitsiyasi bilan tavsiflanadi [1]:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \quad |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1 \quad (2)$$

bu yerda α va β — kompleks amplitudalar. n kubitli tizim holati 2^n ta amplituda bilan aniqlanadi, ya'ni $n = 50$ uchun taxminan 10^{15} ta amplituda; klassik xotirada bunday holatni to'liq saqlash mumkin emas. Shor algoritmi butun sonlarni ko'paytuvchilarga ajratish masalasini polinomial vaqtda hal qiladi [3], Grover algoritmi esa tartibsiz bazada qidirishni N ta elementdan iborat to'plam uchun quyidagi murakkablik bilan bajaradi [4]:

$$T_{kl}(N) = O(N), T_G(N) = O(\sqrt{N}) \quad (3)$$

bu yerda T_{kl} va T_G — mos ravishda klassik va Grover algoritmlarining so'rovlar soni. Shuni ta'kidlash lozimki, kvant kompyuterlar barcha masalalarni tezlashtirmaydi; ustunlik faqat muayyan masalalar sinfida kutiladi [1, 5].

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Birinchi natija — SI rivojlanishining resurs jihatidan cheklanganligi. (1) qonuniyat darajali bo'lgani uchun har bir yangi sifat darajasi resurslarning ko'p karra ortishini talab qiladi. Katta modellarni o'qitish energiya sarfi va uglerod izi bilan bog'liq muammolarni ham keltirib chiqaradi [9]. Shu sababli tadqiqotlar samaradorlikni oshirish va yangi hisoblash paradigmalarini izlashga yo'nalmoqda; bu SI'ning boshqa texnologiyalar bilan integratsiyalashuvi bosqichiga o'tilayotganini bildiradi.

Ikkinchi natija — kvant texnologiyalarining yetilishi. 2019-yildagi tajriba tanlangan masalada kvant qurilmasining ustunligini ko'rsatgan bo'lsa-da [6], bu ustunlik amaliy foydali masalalar uchun emas edi va bahslarga sabab bo'ldi. Preskill tomonidan «shovqinli oraliq miqyosli kvant» (NISQ) deb nomlangan bosqich shovqin tufayli cheklangan edi [5]. Google Quantum AI jamoasining natijalari esa kod masofasi oshirilganda mantiqiy kubit xatoliklari sezilarli kamayishini, ya'ni xatoliklarni tuzatish «chegaradan pastga» o'tganini ko'rsatdi [7]. Bu — xatolikka bardoshli kvant hisoblashga yo'ldagi hal qiluvchi qadamdir. Shunga qaramay, Gidney va Ekerå baholashicha, RSA-2048 ni sakkiz soatda buzish uchun taxminan 20 million shovqinli kubit talab etiladi [13], hozirgi qurilmalarda esa yuzlab—minglab jismoniy kubitlar mavjud; demak, oraliq hali katta, ammo qisqarib bormoqda. Ikki texnologiyaning asosiy xususiyatlari 1-jadvalda umumlashtirildi.

1-jadval. Sun'iy intellekt va kvant texnologiyalarining qiyosiy tavsifi

Ko'rsatkich	Sun'iy intellekt (chuqur o'rganish)	Kvant texnologiyalari
Asosiy resurs	Ma'lumotlar, GPU/TPU klasterlari, elektr energiyasi	Kubitlar, kogerentlik vaqti, kriogen va boshqaruv tizimlari
Hisoblash birligi	Klassik bit, suzuvchi nuqtali amallar	Kubit, kvant mantiqiy eshiklar
Asosiy cheklov	Masshtablashda samaradorlikning pasayishi, energiya sarfi	Dekogerensiya, xatoliklarni tuzatish uchun katta qo'shimcha resurs
Yetuklik darajasi	Keng ommaviy joriy etilgan	NISQ bosqichidan xatolikka bardoshli tizimlar sari o'tish
Yaqin ta'sir sohasi	Avtomatlashtirish, mahsuldorlikni oshirish	Materiallar va kimyoviy jarayonlarni modellashtirish, kriptografiya
Strategik xavf	Ma'lumotlar va hisoblash quvvatining markazlashuvi	«Hozir yig', keyin shifrini och» xavfi

Uchinchi natija — SI va kvant texnologiyalarining bir-birini to'ldirishi. Kvant mashinaviy o'qitish sohasida umidli g'oyalar mavjud [10, 11], biroq klassik ma'lumotlarni kvant holatiga yuklash

muammosi kutilgan ustunlikni sezilarli cheklashi mumkin [12]. Shu sababli yaqin istiqbolda kvant tezatgichlar SI'ning alohida qismlarini (masalan, materiallar va molekullarni modellashtirish, optimallashtirish) tezatgichlari, SI esa o'z navbatida kvant qurilmalarini sozlash va xatoliklarni dekodlashda qo'llanilishi ehtimoli yuqori; masalan, nerv tarmoqlariga asoslangan dekoderlar kvant protsessorlarida yuqori aniqlikka erishgan [14].

To'rtinchi natija — axborot xavfsizligi bilan bog'liq. Kelajakdagi yetarlicha quvvatli kvant kompyuter hozirda keng qo'llanilayotgan ochiq kalitli kriptotizimlarni buzishi mumkin [3, 13], shu sababli hozirdan shifrlangan ma'lumotlarni yig'ib, keyinroq ochish xavfi mavjud. NIST tomonidan kvantdan keyingi kriptografiya bo'yicha standartlarning e'lon qilinishi [15] tashkilotlarga bosqichma-bosqich o'tish rejasini tuzish imkonini beradi. Muhim va uzoq muddat maxfiy saqlanishi kerak bo'lgan ma'lumotlar uchun bu o'tishni kechiktirmaslik maqsadga muvofiq.

O'zbekiston uchun «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasi [16] doirasida quyidagi yo'nalishlar ustuvor bo'lishi mumkin: universitet dasturlariga kvant hisoblash va kvantdan keyingi kriptografiya kurslarini kiritish; davlat va moliya tizimlarida kriptografik inventarizatsiya o'tkazish va kriptografik moslashuvchanlikni ta'minlash; xalqaro ilmiy hamkorlikni kengaytirish; kimyo, materialshunoslik va logistika kabi tor sohalarda kvant algoritmalarini sinovdan o'tkazish.

XULOSA

Tahlil shuni ko'rsatadiki, SI poygasi resurslarini ko'paytirish orqali rivojlanishning tabiiy chegaralariga yaqinlashmoqda, bu esa SI'ni umumiy infratuzilmaga aylantirib, texnologik raqobatni yangi hisoblash paradigmatlari sari yo'naltirmoqda. Kvant texnologiyalari, ayniqsa xatoliklarni tuzatish sohasidagi yutuqlar tufayli, amaliy ahamiyat kasb eta boshladi, ammo keng ko'lamli foydali qo'llanish hali kelajakning ishi. Eng yaqin ustuvor vazifalar — kvant va SI gibridd yondashuvlarini rivojlantirish, kvantdan keyingi kriptografiyaga tayyorgarlik ko'rish va malakali kadrlar tayyorlashdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Nielsen M.A., Chuang I.L. Quantum Computation and Quantum Information. — Cambridge: Cambridge University Press, 2010. — 676 p.
2. Feynman R.P. Simulating physics with computers // International Journal of Theoretical Physics. — 1982. — Vol. 21, № 6–7. — P. 467–488.
3. Shor P.W. Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer // SIAM Journal on Computing. — 1997. — Vol. 26, № 5. — P. 1484–1509.
4. Grover L.K. A fast quantum mechanical algorithm for database search // Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Theory of Computing. — 1996. — P. 212–219.
5. Preskill J. Quantum Computing in the NISQ era and beyond // Quantum. — 2018. — Vol. 2. — P. 79.
6. Arute F. et al. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor // Nature. — 2019. — Vol. 574, № 7779. — P. 505–510.
7. Google Quantum AI. Quantum error correction below the surface code threshold // Nature. — 2025. — Vol. 638. — P. 920–926.
8. Kaplan J. et al. Scaling laws for neural language models // arXiv:2001.08361. — 2020. — 30 p.
9. Strubell E., Ganesh A., McCallum A. Energy and policy considerations for deep learning in NLP // Proceedings of the 57th Annual Meeting of the ACL. — 2019. — P. 3645–3650.

10. Biamonte J. et al. Quantum machine learning // Nature. — 2017. — Vol. 549, № 7671. — P. 195–202.
11. Cerezo M. et al. Variational quantum algorithms // Nature Reviews Physics. — 2021. — Vol. 3, № 9. — P. 625–644.
12. Aaronson S. Read the fine print // Nature Physics. — 2015. — Vol. 11, № 4. — P. 291–293.
13. Gidney C., Ekerå M. How to factor 2048 bit RSA integers in 8 hours using 20 million noisy qubits // Quantum. — 2021. — Vol. 5. — P. 433.
14. Bausch J. et al. Learning high-accuracy error decoding for quantum processors // Nature. — 2024. — Vol. 635. — P. 834–840.
15. NIST. Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard: FIPS 203. — Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2024.
16. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020-yil 5-oktabr.

SUN'IY INTELLEKTNING "QORA QUTI" MUAMMOSI: TUSHUNTIRIB BO'LMAYDIGAN QARORLAR DAVRI

G'aniyeva Inobat Xolboy qizi
Qarshi davlat texnika universiteti
Email: Inobatganiyeva3@gmail.com
Telefon: +998 (95) 125 03 77

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy chuqur o'rganish (deep learning) modellarining qaror qabul qilish jarayonini tushuntirib bo'lmasligi bilan bog'liq "qora quti" (black box) muammosi tahlil qilinadi. Neyron tarmoqlarning millionlab, hatto milliardlab parametrlaridan iborat murakkab tuzilishi ularning nima uchun aynan shu natijaga kelganini hatto ishlab chiquvchilarning o'ziga ham to'liq tushuntirib berish imkonini bermaydi. Bu holat tibbiyot, sud tizimi, moliya va boshqa yuqori mas'uliyatli sohalarda AI qarorlariga ishonish, ularni tekshirish va javobgarlikni belgilash borasida jiddiy muammolar keltirib chiqaradi. Maqolada tushuntiriladigan sun'iy intellekt (Explainable AI, XAI) sohasidagi mavjud yondashuvlar, ularning cheklovlari hamda muammoning nima uchun hozirgacha to'liq hal etilmaganligi ilmiy nuqtai nazardan yoritiladi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, qora quti muammosi, tushuntiriladigan sun'iy intellekt (XAI), neyron tarmoqlar, shaffoflik, algoritmik javobgarlik, ishonch

Abstract. This article examines the "black box" problem of modern deep learning models — the inability to fully explain how and why these systems arrive at particular decisions. The complex structure of neural networks, consisting of millions or even billions of parameters, makes it difficult even for their own developers to trace the exact reasoning behind an output. This creates serious challenges for trust, verification, and accountability when AI systems are used in high-stakes domains such as healthcare, the justice system, and finance. The article reviews existing approaches within the field of Explainable AI (XAI), discusses their limitations, and analyzes why this problem remains unresolved to this day.

Keywords: artificial intelligence, black box problem, Explainable AI (XAI), neural networks, transparency, algorithmic accountability, trust

***Аннотация.** В данной статье анализируется проблема «чёрного ящика» современных моделей глубокого обучения — невозможность полностью объяснить, как и почему эти системы приходят к тем или иным решениям. Сложная структура нейронных сетей, состоящих из миллионов и даже миллиардов параметров, затрудняет для самих разработчиков точное прослеживание логики, лежащей в основе результата. Это создаёт серьёзные проблемы доверия, проверки и ответственности при использовании ИИ в таких критически важных областях, как здравоохранение, судебная система и финансы. В статье рассматриваются существующие подходы в области объяснимого искусственного интеллекта (XAI), их ограничения, а также причины, по которым данная проблема остаётся нерешённой до сих пор.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, проблема чёрного ящика, объяснимый ИИ (XAI), нейронные сети, прозрачность, алгоритмическая подотчётность, доверие*

KIRISH

Sun'iy intellekt tizimlari, xususan chuqur o'rganish modellari, so'nggi yillarda rasm tanish, tabiiy tilni qayta ishlash va qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash kabi vazifalarda inson darajasidagi yoki undan yuqori natijalarni ko'rsatmoqda. Biroq ushbu yuqori aniqlik o'ziga xos narx bilan keladi: model qanchalik murakkab bo'lsa, uning ichki mantiqini tushunish shunchalik qiyinlashadi. Neyron tarmoqning bir necha qatlamli tuzilishi va millionlab og'irlik parametrlari orqali aylanib o'tuvchi hisob-kitoblar insonning oddiy tilda tushuntirib bera oladigan mantiqiy zanjirga to'g'ri kelmaydi. Natijada tizim to'g'ri javob bersa ham, "nega aynan shunday" degan savolga aniq javob berish imkonsiz bo'lib qolmoqda.

"Qora quti" atamasi aynan shu holatni tasvirlaydi: kirish ma'lumotlari va chiqish natijasi ko'rinadi, biroq ular orasidagi jarayon kuzatuvchi uchun yopiq va tushunarsiz qoladi. Bu muammo oddiy qiziqishdan ko'ra ancha jiddiyroq oqibatlarga olib keladi. Masalan, tibbiyotda AI tizimi bemorda saraton belgisini aniqlasa-yu, nega aynan shunday xulosaga kelganini tushuntira olmasa, shifokor bu tashxisga qanchalik ishonishi kerakligini bilmay qoladi. Sud tizimida jinoyatchining qayta jinoyat sodir etish ehtimolini baholovchi algoritm biror shaxsga nisbatan noxolis xulosa chiqarsa, bu qarorning asosini isbotlash imkoniyati bo'lmasa, adolat tamoyili buziladi.

Ushbu tadqiqotning dolzarbligi shundaki, sun'iy intellekt tizimlari tobora ko'proq mas'uliyatli sohalarga kirib bormoqda, biroq ularning shaffofligini ta'minlash bo'yicha ilmiy va texnik yechim hali to'liq shakllanmagan. "Tushuntiriladigan sun'iy intellekt" (Explainable AI, XAI) yo'nalishi so'nggi o'n yillikda faol rivojlanayotgan bo'lsa-da, mavjud usullar ko'pincha taxminiy tushuntirishlar berish bilan cheklanadi va ular modelning haqiqiy ichki mantiqini to'liq aks ettirmasligi mumkin. Shu sababli mazkur maqola muammoning tabiatini, mavjud yondashuvlarni va ularning cheklovlarini har tomonlama tahlil qilishga qaratilgan.

Tadqiqot doirasida yuqori mas'uliyatli uchta soha — tibbiyot, sud-huquq tizimi va moliya sohasi — misolida qora quti muammosining amaliy ko'rinishlari ko'rib chiqiladi. Bundan tashqari, mavjud XAI usullarining ilmiy adabiyotlardagi tasnifi, ularning afzalliklari va zaif tomonlari tahlil qilinadi hamda muammoning kelajakdagi yechimlari bo'yicha yo'nalishlar taklif etiladi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI

Ilmiy adabiyotlarda qora quti muammosi ko'pincha modelning "aniqlik-tushunarlik" (accuracy-interpretability) muvozanati nuqtai nazaridan o'rganiladi. Oddiy, chiziqli modellar (masalan, chiziqli regressiya yoki qaror daraxtlari) inson uchun tushunarli bo'lsa-da, ularning aniqligi murakkab masalalarda chuqur neyron tarmoqlarga nisbatan ancha past. Aksincha, chuqur neyron tarmoqlar yuqori aniqlikka erishadi, biroq ularning ichki tuzilishi shunchalik murakkabki, hatto model muallifining o'zi ham aniq qaysi parametr qanday ta'sir ko'rsatganini kuzata olmaydi. Tadqiqotchilar bu ikki xususiyat o'rtasida tabiiy ziddiyat mavjudligini va hozirgacha ikkalasini bir vaqtda to'liq ta'minlaydigan universal yechim topilmaganini ta'kidlaydi.

Tushuntiriladigan sun'iy intellekt (XAI) yo'nalishida ikki asosiy yondashuv mavjud: model ichidan tushunarli qilish (intrinsic interpretability) va tayyor modelni tashqi vositalar orqali tushuntirish (post-hoc explanation). Birinchi yondashuvda soddaroq, tabiatan tushunarli modellardan foydalaniladi, biroq bu ko'pincha aniqlikni pasaytiradi. Ikkinchi yondashuvda esa LIME va SHAP kabi mashhur usullar qo'llaniladi — ular modelning muayyan bitta qarorini taxminiy ravishda tushuntirishga harakat qiladi. Biroq tanqidchilar ta'kidlashicha, bunday tushuntirishlarning o'zi ham taxminiy model asosida quriladi va ular haqiqiy neyron tarmoq mantiqini to'liq va ishonchli aks ettirmasligi, ba'zan esa turli usullar bir xil qaror uchun bir-biriga zid tushuntirish berishi mumkin.

Sud-huquq va moliya sohalarida o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, qora quti muammosi nafaqat texnik, balki huquqiy va axloqiy jihatlariga ham ega. Ba'zi mamlakatlarning qonunchiligida (masalan, Yevropa Ittifoqining Umumiy Ma'lumotlarni Muhofaza qilish Reglamenti — GDPR) fuqarolarning avtomatlashtirilgan qaror haqida tushuntirish olish huquqi mustahkamlangan, biroq amaliyotda ushbu huquqni to'liq ta'minlaydigan texnik vositalar hali yetarlicha rivojlanmagan. Bu, o'z navbatida, "tushuntirish huquqi" bilan "texnik imkoniyat" o'rtasidagi bo'shliqni yuzaga keltiradi.

Shuningdek, adabiyotlarda "ishonchli sun'iy intellekt" (Trustworthy AI) tushunchasi doirasida shaffoflik, adolatlilik va javobgarlik bir-biri bilan chambarchas bog'liq tamoyillar sifatida ko'rib chiqiladi. Tadqiqotchilarning fikricha, modelning shaffof emasligi uning noxolisligini (bias) aniqlash va tuzatishni ham qiyinlashtiradi, chunki xatoning aynan qaysi bosqichda va nima sababdan yuzaga kelganini aniqlash imkonsiz bo'lib qoladi. Shu tariqa, qora quti muammosi boshqa ko'plab AI bilan bog'liq muammolarning (masalan, algoritmik tarafdashlik) yechimini ham murakkablashtiruvchi tub sabab sifatida baholanadi.

Qora quti muammosi (Black box problem): sun'iy intellekt modelining kirish va chiqish ma'lumotlari ko'rinsa-da, ular orasidagi ichki qaror qabul qilish jarayoni kuzatuvchi uchun tushunarsiz va yopiq bo'lib qolishi.

Tushuntiriladigan sun'iy intellekt (Explainable AI, XAI): sun'iy intellekt tizimlarining qarorlarini inson tushuna oladigan tarzda izohlashga qaratilgan ilmiy-texnik yo'nalish.

Post-hoc tushuntirish: tayyor, murakkab modelning muayyan bitta qarorini keyinchalik, tashqi vosita yordamida taxminiy izohlash usuli (masalan, LIME, SHAP).

Algoritmik javobgarlik (Algorithmic accountability): sun'iy intellekt tizimi qabul qilgan qaror uchun kim va qanday tartibda javobgar bo'lishini belgilash tamoyili.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda sifatli tahlil metodologiyasi qo'llanildi, unga ilmiy adabiyotlarni tizimli ko'rib chiqish (systematic literature review) va amaliy holatlarni tahlil qilish (case study) usullari asos qilib

olindi. Tadqiqot uchun 2018-2025-yillar oralig'ida nashr etilgan, tushuntiriladigan sun'iy intellekt (XAI) mavzusidagi ilmiy maqolalar, shuningdek tibbiyot, sud-huquq va moliya sohalarida AI tizimlarining amaliy qo'llanilishi bo'yicha hisobotlar tanlab olindi.

Adabiyotlar tahlili uch bosqichda amalga oshirildi: birinchi bosqichda qora quti muammosining nazariy asoslari va uning kelib chiqish sabablari o'rganildi; ikkinchi bosqichda mavjud XAI usullarining tasnifi va ularning texnik cheklovlari tahlil qilindi; uchinchi bosqichda esa uchta amaliy soha (tibbiyot, sud-huquq, moliya) misolida muammoning real hayotdagi oqibatlari ko'rib chiqildi. Har bir holat tahlilida quyidagi savollarga javob izlandi: qaror qanday qabul qilingan, uni kim va qay tarzda tekshirishi mumkin, va xato yuz berganda javobgarlik kimga yuklanadi.

Olingan ma'lumotlarni tizimlashtirish uchun mavzuiy guruhlash (thematic analysis) metodidan foydalanildi, bunda har bir manbadan ajratib olingan asosiy g'oyalar umumiy mavzular bo'yicha (texnik cheklovlar, huquqiy jihatlar, ijtimoiy oqibatlar) guruhlandi. Bu yondashuv muammoning turli qirralarini bir-biri bilan bog'liq holda, yaxlit tarzda tushunish imkonini berdi.

XULOSA

O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellektning "qora quti" muammosi shunchaki texnik noqulaylik emas, balki AI tizimlarining jamiyatga ishonchli tarzda integratsiyalashuvi yo'lidagi tub muammolardan biridir. Mavjud tushuntiriladigan sun'iy intellekt usullari muammoni qisman yumshatishga xizmat qilsa-da, ular taxminiy xarakterga ega bo'lib, murakkab modellarning haqiqiy ichki mantiqini to'liq va ishonchli tarzda aks ettira olmaydi. Aynan shu sababli, aniqlik va tushunarlik o'rtasidagi tabiiy ziddiyat hozirgacha to'liq bartaraf etilmagan.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, tibbiyot, sud-huquq va moliya kabi yuqori mas'uliyatli sohalarida AI tizimlaridan foydalanishda ehtiyotkorlik choralarini kuchaytirish zarur: qaror qabul qilishda AI natijasi yakuniy hukm sifatida emas, balki inson mutaxassisining qo'shimcha vositasi sifatida qaralishi, muhim qarorlar uchun har doim inson nazorati (human-in-the-loop) saqlanib qolishi lozim. Shuningdek, qonunchilik darajasida shaffoflikka oid talablarni texnik jihatdan amalga oshirish mumkin bo'lgan aniq standartlar ishlab chiqish zarurati mavjud.

Kelajakda ushbu yo'nalishda tadqiqotlarni davom ettirish uchun tabiatan tushunarli (interpretable by design) yangi model arxitekturalarini ishlab chiqish, XAI usullarining ishonchliligini baholovchi standart mezonlarni shakllantirish hamda turli sohalar (tibbiyot, huquq, moliya) uchun maxsuslashtirilgan shaffoflik talablarini ishlab chiqish istiqbolli yo'nalishlar hisoblanadi. Umuman olganda, qora quti muammosining to'liq yechimi nafaqat texnik, balki huquqiy va ijtimoiy hamjihatlikni ham talab qiladigan kompleks vazifa bo'lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Yusupov, R. (2022). Sun'iy intellekt tizimlarida shaffoflik muammolari. Toshkent: Fan va Texnologiya nashriyoti.
2. Karimova, N. & Rashidov, B. (2023). Tushuntiriladigan sun'iy intellekt: nazariy asoslar va amaliy usullar. "Axborot Texnologiyalari" jurnali, 7(2), 45-54.
3. Nazarov, T. (2021). Neyron tarmoqlarning ichki mantiqini talqin qilish muammolari. Toshkent: Ilm-fan nashriyoti.
4. Sodiqova, M. & Xolmatov, J. (2023). Tibbiy diagnostikada sun'iy intellekt: ishonch va javobgarlik masalalari. "Tibbiyot va Texnologiya" ilmiy jurnali, 9(1), 22-31.

5. O'zbekiston Respublikasi Raqamli Texnologiyalar Vazirligi. (2023). Sun'iy intellektni tartibga solish bo'yicha xalqaro tajriba tahlili. Toshkent: Ta'lim nashriyoti.
6. Ergashev, B. (2022). Algoritmik qarorlar va huquqiy javobgarlik. Toshkent: Yurist-Media.
7. Tursunov, H. & Sattorova, L. (2024). LIME va SHAP usullarining qiyosiy tahlili. "Kompyuter Ilmlari va Sun'iy Intellekt" konferensiyasi materiallari, 88-97.
8. Mamatqulov, A. (2023). Moliyaviy sohada AI qarorlarining shaffofligi muammosi. "Iqtisodiyot va Innovatsiya" jurnali, 5(3), 66-74.
9. Jalolov, M. (2021). Ishonchli sun'iy intellekt: shaffoflik, adolatlilik va javobgarlik. Toshkent: Oliy Ta'lim Nashriyoti.
10. Nurmatov, S. (2024). Sud-huquq tizimida algoritmik baholash vositalari: imkoniyat va xavflar. "Huquq va Raqamli Texnologiyalar" ilmiy jurnali, 6(2), 40-49.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ: ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ДАННЫХ

Фаилова Лутфиниса

Ташкентский государственный медицинский университет,
кафедра «Биомедицинская инженерия, информатика и биофизика»,
Ташкент, Узбекистан

***Аннотация.** В настоящее время цифровые технологии активно используются для мониторинга, управления и повышения эффективности различных инженерных систем. Одним из наиболее перспективных направлений является применение искусственного интеллекта для обработки данных, получаемых от оборудования и информационных систем. Целью данной статьи является анализ современных возможностей применения искусственного интеллекта и цифровых технологий для мониторинга состояния инженерных систем, выявления неисправностей и повышения эффективности их эксплуатации. В работе рассмотрены основные направления использования искусственного интеллекта, включая анализ данных, обнаружение отклонений, прогнозирование возможных неисправностей и поддержку принятия решений. Особое внимание уделено взаимодействию искусственного интеллекта с Интернетом вещей, облачными технологиями и цифровыми системами мониторинга. Показано, что использование интеллектуального анализа данных позволяет своевременно выявлять изменения в работе оборудования, снижать вероятность незапланированных остановок и более рационально использовать ресурсы. Рассмотрены основные преимущества и ограничения применения искусственного интеллекта в инженерных системах. Сделан вывод о том, что доступность современных программных инструментов делает технологии искусственного интеллекта перспективным направлением для дальнейшего развития информационно-коммуникационных технологий в инженерной сфере.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, информационные технологии, цифровые технологии, Интернет вещей, анализ данных, мониторинг, инженерные системы, автоматизация, машинное обучение.*

Abstract. Currently, digital technologies are actively used for monitoring, managing, and improving the efficiency of various engineering systems. One of the most promising areas is the application of artificial intelligence to process data obtained from equipment and information systems. The aim of this article is to analyze the current capabilities of artificial intelligence and digital technologies for monitoring the condition of engineering systems, detecting faults, and improving the efficiency of their operation. The paper examines the main areas of artificial intelligence application, including data analysis, anomaly detection, prediction of potential failures, and decision support. Particular attention is paid to the integration of artificial intelligence with the Internet of Things, cloud technologies, and digital monitoring systems. It is shown that the use of intelligent data analysis makes it possible to detect changes in equipment operation in a timely manner, reduce the likelihood of unplanned downtime, and use resources more efficiently. The main advantages and limitations of applying artificial intelligence in engineering systems are also considered. It is concluded that the availability of modern software tools makes artificial intelligence technologies a promising area for the further development of information and communication technologies in the engineering sector.

Keywords: artificial intelligence, information technology, digital technologies, Internet of Things, data analysis, monitoring, engineering systems, automation, machine learning.

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda turli muhandislik tizimlarini monitoring qilish, boshqarish va ularning samaradorligini oshirishda raqamli texnologiyalardan faol foydalanilmoqda. Eng istiqbolli yo'nalishlardan biri — uskunalar va axborot tizimlaridan olingan ma'lumotlarni qayta ishlashda sun'iy intellektni qo'llashdir. Ushbu maqola muhandislik tizimlarining holatini monitoring qilish, nosozliklarni aniqlash hamda ekspluatatsiya samaradorligini oshirishda sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalardan foydalanishning hozirgi imkoniyatlarini tahlil qilishga qaratilgan. Maqolada sun'iy intellektni qo'llashning asosiy yo'nalishlari, jumladan, ma'lumotlarni tahlil qilish, anomalialarni aniqlash, nosozliklarni oldindan bashorat qilish va qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash masalalari ko'rib chiqiladi. Sun'iy intellektning narsalar interneti (IoT), bulutli texnologiyalar va raqamli monitoring tizimlari bilan integratsiyasiga alohida e'tibor qaratiladi. Ma'lumotlarni aqlli tahlil qilish usullaridan foydalanish uskunalar ish faoliyatidagi o'zgarishlarni o'z vaqtida aniqlash, rejadan tashqari ish to'xtashlari ehtimolini kamaytirish hamda resurslardan yanada samarali foydalanishga imkon berishi ko'rsatib o'tilgan. Muhandislik tizimlarida sun'iy intellektni qo'llashning asosiy afzalliklari va cheklovlari ko'rib chiqiladi. Zamonaviy dasturiy vositalarning mavjudligi sun'iy intellekt texnologiyalarini muhandislik sohasida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini yanada rivojlantirish uchun istiqbolli yo'nalishga aylantirishi xulosa qilinadi.

Kalit so'zlar. sun'iy intellekt, axborot texnologiyalari, raqamli texnologiyalar, narsalar interneti, ma'lumotlar tahlili, monitoring, muhandislik tizimlari, avtomatlashtirish, mashinali o'qitish.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие информационно-коммуникационных технологий приводит к активному внедрению цифровых решений практически во все сферы деятельности. Особое значение цифровизация приобретает в промышленности, энергетике, строительстве, транспорте и других областях, где необходимо постоянно контролировать состояние оборудования и производственных процессов.

Традиционный контроль инженерных систем часто осуществляется человеком на основе периодических измерений и анализа отдельных показателей. Такой подход не всегда позволяет своевременно обнаружить изменения в работе оборудования.

Развитие искусственного интеллекта открывает новые возможности для решения этой задачи.

Современные компьютерные системы способны обрабатывать большие объемы информации, поступающей от различных датчиков, находить закономерности и выявлять отклонения от нормального состояния.

Например, если оборудование работает при определенной температуре, уровне вибрации или потреблении электроэнергии, изменение этих показателей может свидетельствовать о возникновении проблемы.

Человек может обнаружить такое изменение только после анализа данных, тогда как компьютерная система способна автоматически отслеживать показатели и сообщать об отклонении.

Именно поэтому использование искусственного интеллекта для мониторинга инженерных систем является актуальным направлением современных исследований.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования — рассмотреть современные возможности применения искусственного интеллекта и цифровых технологий для мониторинга и повышения эффективности инженерных систем.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: рассмотреть роль цифровых технологий в современном инженерном мониторинге, определить возможности искусственного интеллекта для обработки данных, рассмотреть применение Интернета вещей для получения информации об объектах, проанализировать возможности автоматического выявления отклонений, определить основные преимущества и ограничения интеллектуального мониторинга.

Цифровые технологии в мониторинге инженерных систем

Мониторинг представляет собой постоянное или периодическое наблюдение за состоянием объекта и его основными параметрами.

В инженерных системах могут контролироваться температура, давление, уровень вибрации, электрическое напряжение, сила тока, расход воды или газа, скорость работы оборудования, энергопотребление, влажность и другие параметры.

Раньше полученные значения преимущественно записывались и анализировались специалистом. Сегодня этот процесс можно автоматизировать.

Датчики передают информацию в компьютерную систему, где она сохраняется и анализируется. Упрощенно процесс можно представить следующим образом:

Датчик, компьютерная система, обработка данных, анализ, результат и решение специалиста.

При использовании искусственного интеллекта схема становится более интеллектуальной. Это схема будет выглядеть так датчик, сбор данных, искусственный интеллект, обнаружение проблемы, предупреждение и решение специалиста.

Такой подход позволяет сократить время обработки информации и повысить оперативность реагирования.

Интернет вещей в инженерных системах

Одной из технологий, обеспечивающих автоматизированный сбор информации, является Интернет вещей (Internet of Things, IoT³). IoT объединяет физические устройства, датчики и программные системы в единую информационную среду.

В промышленности используется специальное направление — промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT).

Например, несколько датчиков могут одновременно контролировать работу оборудования. Каждый датчик передает информацию в информационную систему.

Полученные данные могут отображаться в виде таблиц, графиков, диаграмм, информационных панелей и предупреждений.

Для преподавателя информационных технологий этот процесс удобно представить, как обычную информационную систему: ввод данных, обработка, хранение, визуализация, анализ и результат.

Отличие заключается в том, что данные поступают автоматически от физических объектов.

Искусственный интеллект для анализа данных

Большое количество данных невозможно эффективно анализировать только вручную. Искусственный интеллект позволяет автоматизировать часть аналитической работы. В инженерных системах AI может использоваться для решения нескольких основных задач.

Одним из основных компонентов современной информационной системы является база данных, обеспечивающая структурированное хранение и последующее использование информации. Создание цифровых баз данных для хранения клинической информации является одним из направлений практического применения информационных технологий [7].

Обнаружение отклонений

Система сравнивает текущие значения с нормальными значениями.

Например:

Показатель	Нормальное значение	Текущее значение
Температура	60–70 °C	72 °C
Вибрация	2–4 мм/с	5,8 мм/с
Энергопотребление	10 кВт	13 кВт

Одновременное изменение нескольких параметров может свидетельствовать о необходимости дополнительной проверки оборудования.

Классификация состояния

AI может разделять объекты на категории: нормальное состояние, предупреждение, возможная неисправность и критическое состояние.

Прогнозирование

Если система располагает историческими данными, она может использовать их для прогнозирования будущих изменений. Например, по изменению температуры и вибрации можно попытаться определить вероятность возникновения неисправности в будущем.

Формирование предупреждений

³ использование подключённых медицинских устройств и датчиков для автоматического сбора, передачи и мониторинга данных о состоянии пациента.

Если обнаружено значительное отклонение, система может автоматически сформировать сообщение «Обнаружено отклонение параметров. Требуется дополнительная проверка оборудования». Таким образом, AI становится дополнительным инструментом специалиста.

Машинное обучение в мониторинге

Одним из основных направлений искусственного интеллекта является машинное обучение. Суть машинного обучения заключается в том, что компьютерная система изучает данные и на их основе формирует определенную модель. Для инженерного мониторинга можно использовать следующую последовательность: исторические данные, обучение модели, получение новой информации, анализ и прогноз.

Например, имеется информация за несколько месяцев температура оборудования, вибрация, энергопотребление, количество часов работы, наличие или отсутствие неисправности. На основе этих данных можно обучить модель машинного обучения. После обучения система получает новые значения и определяет, соответствуют ли они обычному состоянию оборудования. При этом важно понимать, что искусственный интеллект не заменяет специалиста полностью. AI предоставляет результат анализа, а окончательное инженерное решение должно приниматься квалифицированным специалистом.

Искусственный интеллект становится одним из наиболее перспективных инструментов обработки и анализа больших объемов информации. Его применение позволяет автоматизировать выявление закономерностей, классификацию данных и поддержку принятия решений. Вопросы использования искусственного интеллекта в современной медицине и научных исследованиях рассматривались также в предыдущих работах автора [5].

Визуализация данных

Для информационных технологий важную роль играет визуальное представление результатов. Даже сложные массивы данных становятся более понятными, если представить их в виде графиков и диаграмм. Например, изменение температуры оборудования во времени можно представить следующим образом: время и температура.

Если линия графика постепенно повышается, специалист может обратить внимание на изменение состояния оборудования.

Аналогичным образом можно представить энергопотребление, давление, вибрацию, производительность и количество ошибок.

Для создания таких систем могут использоваться программы, как Microsoft Excel, Power BI, Python, MATLAB и специализированные системы мониторинга.

Это делает тему особенно близкой к информационным технологиям, поскольку значительная часть работы связана со сбором, обработкой и визуализацией данных.

Облачные технологии

Еще одним важным компонентом современной цифровой инфраструктуры являются облачные технологии. Облачная система позволяет хранить и обрабатывать информацию удаленно. Упрощенная схема выглядит следующим образом: оборудование, датчики, Интернет, облачная система, анализ и пользователь. Преимуществом такого подхода является возможность доступа к информации с различных устройств.

Например, специалист может получать информацию о состоянии оборудования через компьютер или мобильное устройство. При использовании AI облачная платформа может также выполнять автоматический анализ данных. Однако применение облачных технологий

требует внимания к вопросам защиты информации, надежности соединения и разграничения доступа пользователей.

Преимущества интеллектуального мониторинга

На основании анализа современных подходов можно выделить несколько основных преимуществ:

Традиционный мониторинг

Периодический контроль

Значительная роль человека

Ограниченный объем данных

Реакция после обнаружения проблемы

Ручная обработка

Отчеты формируются вручную

Интеллектуальный мониторинг

Постоянный контроль

Автоматизированный анализ

Большие объемы данных

Возможность раннего предупреждения

Автоматическая обработка

Автоматическая визуализация

Интеллектуальный мониторинг не должен рассматриваться как полная замена специалиста. Его основная задача – предоставить специалисту своевременную и обработанную информацию.

Основные проблемы

Несмотря на преимущества, использование AI в инженерном мониторинге имеет определенные ограничения.

Например, качество данных. Если датчики передают неправильные или неполные данные, результат анализа также может быть неправильным.

Недостаток данных. Для обучения некоторых моделей необходимо большое количество исторических данных.

Кибербезопасность. Подключение оборудования к информационной сети требует защиты от несанкционированного доступа.

Расширение использования цифровых информационных систем одновременно повышает требования к защите данных. Особое значение приобретают вопросы разграничения доступа, защиты персональных данных, резервного копирования и предотвращения несанкционированного доступа [8].

Стоимость внедрения. Создание полноценной системы мониторинга требует оборудования, программного обеспечения и специалистов.

Подготовка кадров. Для эффективного использования AI специалисты должны обладать не только инженерными знаниями, но и цифровыми компетенциями.

Последний фактор особенно важен в условиях цифровой трансформации.

Перспективы применения

В ближайшие годы можно ожидать дальнейшего развития систем интеллектуального мониторинга. Перспективными направлениями являются автоматическое обнаружение неисправностей, прогнозирование технического состояния оборудования, автоматизированный анализ энергопотребления, интеллектуальная визуализация данных, использование мобильных приложений, интеграция AI с IoT, использование облачных платформ и создание цифровых моделей инженерных объектов.

Особый интерес представляет интеграция нескольких технологий.

Например, IoT + AI + Cloud + Data Visualization.

Такое объединение позволяет создать относительно понятную архитектуру интеллектуальной информационной системы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный обзор показывает, что искусственный интеллект постепенно становится частью современных информационных систем инженерного назначения. При этом практическое использование AI не обязательно требует создания сложных автономных систем. Даже относительно простая система, которая автоматически собирает данные, строит графики, обнаруживает отклонения и формирует предупреждения, может существенно облегчить работу специалиста.

С точки зрения информационных технологий особенно важным является объединение нескольких этапов работы с данными: сбор, хранение, обработка, анализ, визуализация и принятие решения. Именно такой подход позволяет рассматривать искусственный интеллект не как отдельную технологию, а как часть общей информационной системы.

Для образовательных организаций данное направление также имеет практическое значение. Студенты, изучающие информационные технологии, могут получать навыки работы с реальными данными, электронными таблицами, базами данных, визуализацией и простыми моделями машинного обучения.

Таким образом, современные технологии AI могут одновременно использоваться в инженерных системах и образовательном процессе для формирования цифровых компетенций будущих специалистов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Искусственный интеллект и современные цифровые технологии создают новые возможности для мониторинга и повышения эффективности инженерных систем. Использование IoT позволяет автоматически получать информацию от оборудования, облачные технологии обеспечивают хранение и обработку данных, а AI помогает выявлять закономерности, обнаруживать отклонения и выполнять прогнозирование.

Современные цифровые технологии позволяют перейти от периодического контроля к постоянному мониторингу различных показателей. Практическое применение цифровых технологий для мониторинга эффективности медицинских процессов было рассмотрено автором в предыдущем исследовании [6].

Одним из наиболее важных преимуществ такого подхода является возможность перехода от простого хранения информации к ее интеллектуальному анализу. Для эффективного внедрения таких систем необходимо обеспечить высокое качество данных, надежную информационную инфраструктуру и защиту информации. Кроме того, важное значение имеет подготовка специалистов, способных работать одновременно с информационными технологиями, анализом данных и современными AI-инструментами.

В перспективе объединение искусственного интеллекта, Интернета вещей, облачных технологий и визуализации данных может стать основой для создания доступных и эффективных систем интеллектуального мониторинга инженерных объектов.

Таким образом, развитие подобных технологий является перспективным направлением исследований в области информационно-коммуникационных технологий и может

использоваться для решения практических задач промышленности, энергетики и других инженерных областей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Chen S., Turanoglu Bekar E., Bokrantz J., Skoogh A. AI-enhanced digital twins in maintenance: Systematic review, industrial challenges, and bridging research–practice gaps // Journal of Manufacturing Systems. — 2025. — Vol. 82. — P. 678–699. — DOI: 10.1016/j.jmsy.2025.07.006.
2. Meng W., Li S., Gao R., Yue Z., Tu Z., Chu D. Industrial digital twin for intelligent manufacturing: Key technologies, core challenges, applications, and forward-looking trends // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. — 2026. — Vol. 101. — Article 103321. — DOI: 10.1016/j.rcim.2026.103321.
3. Abdessadak A., Ghennioui H., Thirion-Moreau N., Elbhiri B., Abraim M., Merzouk S. Digital twin technology and artificial intelligence in energy transition: A comprehensive systematic review of applications // Energy Reports. — 2025. — Vol. 13. — P. 5196–5218. — DOI: 10.1016/j.egyr.2025.04.060.
4. Ba L., Tangour F., El Abbassi I., Absi R. Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review // Sustainability. — 2025. — Vol. 17, No. 8. — Article 3560. — DOI: 10.3390/su17083560.
5. Fazilova L. A., Ekibzhanov K. The role of artificial intelligence in advancing medical science // Academic research in educational sciences. – 2025. – №. Conference 1. – С. 52-55.
6. Fazilova L.A., M Z Dusmuxamedov M.Z., Adxamjonova G.A. The role of digital technologies in monitoring the effectiveness of antiseptics during the rehabilitation period after jaw fractures in children // Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing. – 2026. – С. 125-127.
7. Фазилова Л.А., Душамов М.А. Создание цифровой базы данных для клинической информации пациентов в госпитальной терапевтической стоматологии. // ТГМУ, – 2026.
8. Фазилова Л.А. Вопросы кибербезопасности и защиты данных в медицинских информационных системах // Сборник статей Международного научно-практического конкурса «Верный Родине человек». – 2026. №2. – С. 893-896.

FEYK XABARLARNI ANIQLASH VA ULARNING TARQALISHINI CHEKLASHDA RAQAMLI DIPLOMATIYA USULLARI

Xursanmurodov To‘rabek Xursanmurod o‘g‘li
Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada zamonaviy xalqaro munosabatlar va axborot xavfsizligining eng dolzarb muammolaridan biri bo‘lgan dezinformatsiya va soxta (feyk) xabarlarining oldini olishda raqamli diplomatiya usullarining o‘rni hamda samaradorligi tahlil qilingan. Raqamli platformalar, sun‘iy intellekt va ijtimoiy tarmoqlar orqali tarqatilayotgan gibrid axborot xurujlarining davlat obro‘si va milliy xavfsizlikka salbiy ta‘siri ochib berilgan. Tadqiqotda proaktiv axborot monitoringi (OSINT), sun‘iy intellekt yordamida fakt-cheking qilish, strategik kontr-narrativlarni shakllantirish, transmilliy texnologik korporatsiyalar bilan institutsional hamkorlik hamda jamoatchilikning media savodxonligini oshirish kabi raqamli diplomatiya vositalari tizimlashtirilgan. Olingan xulosalar*

davlat tashqi siyosiy faoliyatida axborot maydonini himoyalash va ijobiy xalqaro imijni barqaror saqlash bo'yicha amaliy tavsiyalarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *raqamli diplomatiya, feyk xabarlar, dezinformatsiya, axborot xavfsizligi, faktcheking, sun'iy intellekt, strategik kommunikatsiya, xalqaro imij.*

Аннотация. В данной статье анализируются роль и эффективность методов цифровой дипломатии в выявлении и ограничении распространения дезинформации и фейковых новостей в международных отношениях. Рассматривается негативное воздействие гибридных информационных угроз, генерируемых с использованием искусственного интеллекта и социальных платформ, на государственный суверенитет и национальную безопасность. Систематизированы такие ключевые инструменты цифровой дипломатии, как проактивный мониторинг открытых источников (OSINT), фактчекинг на базе ИИ, формирование стратегических контр-нарративов, институциональное взаимодействие с глобальными технологическими платформами и повышение медиаграмотности. Сформулированы практические рекомендации по защите внешнеполитического информационного пространства.

Ключевые слова: *цифровая дипломатия, фейковые новости, дезинформация, информационная безопасность, фактчекинг, искусственный интеллект, стратегические коммуникации, международный имидж.*

Abstract. This paper examines the role and efficacy of digital diplomacy methods in detecting and curbing the proliferation of fake news and state-sponsored disinformation within contemporary international relations. It highlights the detrimental impact of hybrid information warfare amplified by artificial intelligence, deepfakes, and automated social networks on sovereign reputation and strategic security. The study systematically categorizes core digital diplomacy mechanisms, including open-source intelligence (OSINT) monitoring, automated fact-checking verification, proactive strategic counter-narratives, multi-stakeholder collaboration with global technology platforms, and media literacy enhancement. Practical recommendations are formulated for diplomatic institutions to safeguard foreign policy communication and sustain sovereign credibility.

Keywords: *digital diplomacy, fake news, disinformation, information security, fact-checking, artificial intelligence, strategic communications, international image.*

KIRISH

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining shiddatli rivojlanishi va ijtimoiy tarmoqlarning globallashuvi xalqaro munosabatlar arxitekturasini tubdan o'zgartirdi. Bugungi kunda tashqi siyosat va davlatlararo muloqot nafaqat rasmiy muzokaralar stoli atrofida, balki soniyalar ichida millionlab auditoriyaga yetib boruvchi global raqamli makonda amalga oshirilmoqda. Shu bilan birga, internet makonining cheksiz ochiqligi axborot qurollaridan g'arazli maqsadlarda foydalanish, maqsadli dezinformatsiya kampaniyalari va soxta (feyk) xabarlarni tarqatish orqali xalqaro barqarorlikka raxna solish xavfini keskin oshirdi [1; 2].

Generativ sun'iy intellekt, dipfeyk (deepfake) texnologiyalari va avtomatlashtirilgan bot-tarmoqlarining paydo bo'lishi soxta axborotlarning ishonarlilik darajasini misli ko'rilmagan cho'qqiga olib chiqdi. Bu kabi xurujlar davlatlarning xalqaro maydondagi nufuziga putur yetkazish, diplomatik inqirozlarni sun'iy ravishda avj oldirish hamda jamoatchilik fikrini manipulyatsiya qilishning asosiy quroliga aylandi. Bunday murakkab sharoitda an'anaviy diplomatik nota va

bayonotlar yetarli samara bermayapti, bu esa tashqi siyosiy idoralardan moslashuvchan, tezkor va innovatsion raqamli diplomatiya usullarini faol qo'llashni taqozo etmoqda [3; 4].

XALQARO MUNOSABATLARDA FEYK XABARLARNING SHAKLLANISHI VA XATARLARI

Raqamli diplomatiya kontekstida feyk xabarlar oddiy yanglish ma'lumot (misinformation) emas, balki aniq siyosiy, iqtisodiy yoki harbiy-strategik maqsadlarni ko'zlagan holda ataylab yaratilgan va tarqatilgan zararli dezinformatsiya (disinformation) sifatida namoyon bo'ladi. Xalqaro amaliyot tahlili shuni ko'rsatadiki, soxta xabarlar asosan quyidagi yo'nalishlarda xuruj sifatida uyushtiriladi:

- Davlat rahbarlari va diplomatik korpus nomidan soxta bayonotlar, soxtalashtirilgan audio va video yozuvlarni (deepfake) tarqatish orqali xalqaro ziddiyatlarni qo'zg'atish;
- Xalqaro bitimlar, iqtisodiy loyihalar yoki harbiy-siyosiy hamkorlik to'g'risida haqiqatga to'g'ri kelmaydigan ma'lumotlarni sizdirish orqali ishonchsizlik muhitini yaratish;
- Inqirozli vaziyatlarda (pandemiya, tabiiy ofatlar, qurolli to'qnashuvlar) vahima uyg'otish va gumanitar yordam choralarga putur yetkazish.

Mazkur xurujlarning asosiy xavfi shundaki, ular his-tuyg'ularga tez ta'sir qiluvchi psixologik mexanizmlar asosida tuzilib, algoritmlar yordamida tezkor viral tarqalish qobiliyatiga ega bo'ladi. Natijada rasmiy diplomatik munosabat bildirilgunga qadar dezinformatsiya o'zining destruktiv vazifasini bajarib ulguradi.

FEYK XABARLARGA QARSHI KURASHISHDA RAQAMLI DIPLOMATIYA METODOLOGIYASI

Raqamli diplomatiya tashqi siyosiy maqsadlarga erishishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan unumli foydalanish san'atidir. Dezinformatsiyaga qarshi kurashda raqamli diplomatiya faqat reaktiv raddiyalar berish bilan cheklanmasdan, proaktiv, tahliliy va ko'p bosqichli kompleks choralarni o'z ichiga oladi (1-jadval).

1-jadval.

Raqamli diplomatiyada dezinformatsiyaga qarshi kurashish usullari va ularning vazifalari

Raqamli diplomatiya usuli	Mazmuni va qo'llanish mexanizmi	Kutiladigan strategik natija
Proaktiv axborot monitoringi (OSINT)	Ochiq manbalar, ijtimoiy tarmoqlar va yangiliklar tasmalarini sun'iy intellekt tahlili yordamida kecha-yu kunduz kuzatish.	Soxta narrativlarni dastlabki paydo bo'lish bosqichidayoq aniqlash va xavf darajasini baholash.
Avtomatlashtirilgan fakt-cheking	Raqamli fakt-cheking platformalari, matn va tasvirlarni autentifikatsiya qiluvchi neyron tarmoqlardan foydalanish.	Manipulyativ xabarlarning yolg'onligini dalillar bilan tezkor isbotlash.
Strategik kontr-narrativlar	Rasmiy ma'lumotlarni jozibador infografika, videorolik va ko'p tilli xabarlar orqali muqobil haqiqat sifatida tarqatish.	Auditoriyada rasmiy manbalarga nisbatan ishonchni mustahkamlash va soxta xabarlarni neytrallash.

Platformalararo institutsional hamkorlik	Global IT-kompaniyalar (Meta, Google, X, Telegram) bilan rasmiy aloqalar orqali zararli akkauntlarni bloklash.	Dezinformatsiya tarqatuvchi bot-tarmoqlar va soxta sahifalar faoliyatini cheklash.
Raqamli jamoatchilik diplomatiyasi	Xalqaro va mahalliy auditoriyada media savodxonlikni oshirish, diplomatik blogerlar bilan hamkorlik qilish.	Axborot xurujlariga nisbatan jamoatchilikda kognitiv immunitetni shakllantirish.

1. Proaktiv axborot monitoringi va his-tuyg'u (sentiment) tahlili. Tashqi ishlar vazirliklari qoshida maxsus situatsion markazlar tashkil etilib, unda ijtimoiy tarmoqlar (X, Facebook, Telegram, YouTube) tahlil qilinadi. Katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data) va tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) algoritmlari ma'lum bir davlat yoki xalqaro voqea atrofida axborot oqimini doimiy baholaydi. Soxta xabarlarining viral o'sishi kuzatilganda tizim avtomatik ogohlantirish signallarini beradi.

2. Sun'iy intellektga asoslangan fakt-cheking va verifikatsiya. Tasvirlar, audio va videolarning haqiqiylikni tekshirishda zamonaviy dasturiy vositalar (masalan, InVID, TinEye, Google Reverse Image Search) qo'llaniladi. Diplomatik korpus xodimlari manipulyatsiya qilingan vizual materiallarni tezkorlik bilan fosh qilib, ularning qachon va qayerda olinganligini isbotlovchi raqamli dalillar bazasini shakllantiradi.

3. Strategik tezkor raddiyalar va kontr-narrativlar yaratish. Rad etish harakati dezinformatsiya tarqalgan dastlabki oltin soatlarda amalga oshirilishi shart. Agar raddiya kechiksa, jamoatchilik ongida feyk ma'lumot birlamchi haqiqat sifatida o'rtnashib qoladi. Raqamli diplomatiya mutaxassislari raddiyalarni quruq diplomatik tilda emas, balki vizual infografika, interaktiv tushuntirishlar va qisqa videoformatlarda ko'p tillarda taqdim etishi yuqori samara beradi.

4. Global texnologik platformalar bilan institutsional hamkorlik. Dezinformatsiyaga qarshi kurashda davlatlarning transmilliy platformalar (Meta, Google, Telegram) bilan to'g'ridan-to'g'ri muloqot kanallariga ega bo'lishi strategik ahamiyatga ega. Diplomatik idoralar verifikatsiyalangan rasmiy hisoblar (ko'k nishon) orqali muloqot qilib, feyk sahifalar, klon-kanallar va koordinatsiyalangan bot-hujumlarni bloklash bo'yicha tezkor mexanizmlardan foydalanadi (2-jadval).

2-jadval.

Dezinformatsiyani aniqlash va cheklashda qo'llaniladigan texnologik platformalar tahlili

Vosita / Tizim	Asosiy funksiyasi	Diplomatik amaliyotdagi o'rni	Samaradorlik darajasi
OSINT va Social Listening tizimlari	Global ommaviy axborot vositalari va ijtimoiy tarmoqlar tahlili	Axborot xuruji manbasini va tarqalish traektoriyasini erta aniqlash	Juda yuqori (real vaqt rejimi)
InVID & WeVerify dasturiy majmuasi	Video va fotomateriallarni kadrma-kadr chuqur ekspertiza qilish	Deepfake va montaj qilingan soxta videolarni dalillar bilan fosh etish	Yuqori (texnik tahlil)
Rasmiy verifikatsiyalangan kanallar	Tekshirilgan va ishonchli axborotni	Soxta klon-sahifalarni obro'sizlantirish va birlamchi manba bo'lish	Maksimal (rasmiy maqom)

	to'g'ridan-to'g'ri tarqatish		
Xalqaro Fakt- cheking tarmoqlari (IFCN)	Mustaqil ekspertlar bilan birgalikda ma'lumotlarni tasdiqlash	Xalqaro auditoriyada xolislik va ishonchlilikni ta'minlash	Yuqori (xalqaro e'tirof)

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, dezinformatsiyaga qarshi kurashda faqat texnik to'rsiqlar qo'yish yetarli emas. Eng barqaror yechim – raqamli jamoatchilik diplomatiyasi orqali fuqarolar va xalqaro hamjamiyatda tanqidiy fikrlash hamda axborot gigiyenasi madaniyatini yuksaltirishdir. Tashqi siyosat idoralari ochiqlik, shaffoflik va doimiy muloqot tamoyillariga tayanib faoliyat yuritgandagina feyk xabarlarining ijtimoiy rezonans keltirib chiqarish ehtimoli keskin pasayadi.

O'zbekiston Respublikasi tashqi siyosiy faoliyatida ham raqamli diplomatiya vositalaridan keng foydalanish, diplomatik vakolatxonalarning ijtimoiy tarmoqlardagi faolligini oshirish hamda mamlakat haqidagi soxta va manipulyativ talqinlarga o'z vaqtida rasmiy javob qaytarish tizimi izchil takomillashtirilmoqda. Mamlakatimizning xalqaro imijini xolis shakllantirish, ochiq axborot siyosati va milliy axborot makonini gibrud xurujlardan muhofaza qilish strategik vazifalar qatorida turadi.

Kelgusida tashqi siyosiy idoralar huzurida sun'iy intellektga asoslangan tahliliy markazlarni kengaytirish, xalqaro fakt-cheking ekotizimlari bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqalarni o'rnatish hamda yosh diplomatik kadrlarning raqamli kompetensiyalarini muntazam oshirib borish dezinformatsiya xatarlariga qarshi kurashishning ustuvor yo'nalishlariga aylanishi lozim.

XULOSA

Global axborot makonida feyk xabarlar va dezinformatsiya xalqaro barqarorlik, davlatlarning suveren immuniteti hamda milliy xavfsizligiga to'g'ridan-to'g'ri tahdid soluvchi xatarli omilga aylandi. Mazkur xatarlarni bartaraf etishda an'anaviy byurokratik diplomatiya usullari yetarli samara bermayotgan bir davrda raqamli diplomatiya eng samarali himoya va harakat vositasi sifatida namoyon bo'lmoqda. Ochiq manbalarni doimiy tahlil qilish, sun'iy intellektga asoslangan fakt-cheking tizimlarini joriy etish, vizual va tezkor kontr-narrativlarni shakllantirish hamda global raqamli platformalar bilan strategik hamkorlikni yo'lga qo'yish dezinformatsiya tarqalishining oldini olishning bosh omillaridir. Diplomatik idoralarning raqamli salohiyatini mustahkamlash, xalqaro hamkorlikni kengaytirish va jamoatchilikda media savodxonlikni yuksaltirish orqali davlatning xalqaro maydondagi nufuzi va axborot suverenitetini ishonchli himoya qilishga erishiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Bjola C., Holmes M. Digital Diplomacy: Theory and Practice. – London: Routledge, 2015. – 244 p.
2. Manor I. The Digitalization of Public Diplomacy. – Cham: Palgrave Macmillan, 2019. – 346 p.
3. Wardle C., Derakhshan H. Information Disorder: Toward an interdisciplinary framework for research and policy making. – Strasbourg: Council of Europe report, 2017. – 107 p.
4. Cull N.J. Public Diplomacy: Foundations for Global Engagement in the Digital Age. – Cambridge: Polity Press, 2019. – 260 p.
5. Seib P. As It Really Is: The Global Information World and Public Diplomacy // The Hague Journal of Diplomacy. – 2021. – Vol. 16(2–3). – P. 235–246.

6. Bennett W.L., Livingston S. The Disinformation Age: Politics, Technology, and Disruptive Communication in the United States. – Cambridge: Cambridge University Press, 2020. – 292 p.
7. Bradshaw S., Howard P.N. The Global Disinformation Order: 2019 Global Inventory of Organised Social Media Manipulation. – Oxford: Computational Propaganda Research Project, 2019. – 28 p.
8. Hanson F. Internet-Platform Diplomacy: A New Public Diplomacy for a Digital Era // Global Policy. – 2022. – Vol. 13(4). – P. 560–571.
9. Zaharna R.S. Battles to Bridges: US Strategic Communication and Public Diplomacy after 9/11. – Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2010. – 248 p.
10. Nye J.S. The Future of Power. – New York: PublicAffairs, 2011. – 320 p.

SANOAT INTERNETI (IIoT) VA SUN'IY INTELLEKT AGENTLARI SINERGIYASI ASOSIDA UGLEVODOROD QUVURLARINING TEXNIK HOLATINI BASHORAT QILISH VA XAVFLARNI BOSHQARISHNING INTELLEKTUAL TIZIMINI YARATISH

Jurayev O'tkirkbek Murodullo o'g'li¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

otkirkbekjurayev4@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada uglevodorod (neft va gaz) quvurlar tizimining texnik holatini uzluksiz monitoring qilish, ularning muvaffaqiyatsizlikka uchrash ehtimolini bashorat qilish va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xavflarni boshqarish maqsadida Sanoat interneti (Industrial Internet of Things, IIoT) va sun'iy intellekt agentlari sinergiyasiga asoslangan intellektual tizim taklif etilgan. Quvurlar korroziyasi, bosim anomaliyalari va mikro - oqmalar kabi nosozliklarning erta bosqichda aniqlanishi muhandislik - iqtisodiy jihatdan yuqori ahamiyatga ega ekanligi asoslangan. Taklif etilgan tizim uch qatlamli arxitekturaga ega: sensorlar qatlami (bosim, tebranish, akustik emissiya va harorat sensorlari), chekka hisoblash (edge computing) qatlami va ko'p agentli sun'iy intellekt qatlami, unda har bir agent quvur segmentining qoldiq resurs muddatini (Remaining Useful Life, RUL) bashorat qilish va xavf darajasini baholash bo'yicha mustaqil qaror qabul qiladi. Pilot segmentda o'tkazilgan sinovlar tizimning nosozliklarni aniqlash aniqligi 94.2 foizni tashkil etganini va real avariya qadar o'rtacha 11.3 soat oldindan ogohlantirish berish imkoniyatini tasdiqladi.

Kalit so'zlar: Sanoat interneti (IIoT), sun'iy intellekt agentlari, uglevodorod quvurlari, bashoratli texnik xizmat ko'rsatish, qoldiq resurs muddati, xavflarni boshqarish, anomaliyalarni aniqlash.

Аннотация. В статье предложена интеллектуальная система, основанная на синергии промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) и агентов искусственного интеллекта, предназначенная для непрерывного мониторинга технического состояния трубопроводных систем углеводородов (нефти и газа), прогнозирования вероятности их отказов и управления потенциальными рисками. Обоснована высокая инженерно-экономическая значимость раннего обнаружения таких дефектов, как коррозия труб, аномалии давления и микроутечки. Предложенная система имеет трехслойную архитектуру: слой датчиков (датчики давления, вибрации, акустической эмиссии и температуры), слой периферийных вычислений (edge computing) и многоагентный слой

искусственного интеллекта, в котором каждый агент принимает самостоятельные решения по прогнозированию остаточного ресурса (Remaining Useful Life, RUL) сегмента трубопровода и оценке уровня риска. Испытания, проведенные на пилотном сегменте, подтвердили, что точность обнаружения неисправностей системы составила 94,2%, а возможность предупреждения о реальной аварии в среднем за 11,3 часа до ее возникновения была подтверждена.

Ключевые слова: промышленный интернет вещей (IIoT), агенты искусственного интеллекта, углеводородные трубопроводы, прогнозное техническое обслуживание, остаточный ресурс, управление рисками, обнаружение аномалий.

Abstract. This article proposes an intelligent system based on the synergy of the Industrial Internet of Things (IIoT) and artificial intelligence agents, designed for continuous monitoring of the technical condition of hydrocarbon (oil and gas) pipeline systems, predicting the probability of their failure, and managing potential risks. The engineering and economic significance of early detection of faults such as pipe corrosion, pressure anomalies, and micro-leaks is justified. The proposed system features a three-layer architecture: a sensor layer (pressure, vibration, acoustic emission, and temperature sensors), an edge computing layer, and a multi-agent AI layer, where each agent independently makes decisions on predicting the Remaining Useful Life (RUL) of a pipeline segment and assessing the risk level. Tests conducted on a pilot segment confirmed that the system's fault detection accuracy reached 94.2%, with the capability to provide early warnings an average of 11.3 hours before an actual emergency occurred.

Keywords: Industrial Internet of Things (IIoT), artificial intelligence agents, hydrocarbon pipelines, predictive maintenance, remaining useful life, risk management, anomaly detection.

KIRISH.

Uglevodorod resurslarini transportirovka qiluvchi quvurlar tizimi energetika infratuzilmasining muhim tarkibiy qismi bo'lib, uning uzluksiz va xavfsiz ishlashi milliy iqtisodiyot va ekologik xavfsizlik uchun katta ahamiyatga ega. Quvurlarning uzoq masofalarga cho'zilganligi, turli iqlim va tuproq sharoitlarida joylashganligi hamda vaqt o'tishi bilan korroziya, mexanik zo'riqish va materialning charchashi kabi jarayonlar ta'sirida ularning texnik holatini an'anaviy davriy tekshiruv usullari yordamida to'liq nazorat qilish amaliy jihatdan murakkab va iqtisodiy jihatdan xarajatli hisoblanadi.

So'nggi yillarda Sanoat interneti (IIoT) texnologiyalarining rivojlanishi quvurlar holatini real vaqt rejimida masofadan uzluksiz monitoring qilish imkonini bermogda. Biroq sensorlardan kelayotgan katta hajmdagi ma'lumotlarni samarali tahlil qilish, ulardan haqiqiy nosozlik belgilarini ajratib olish va tegishli qarorlarni tezkor qabul qilish uchun an'anaviy markazlashgan tahlil tizimlari yetarli tezkorlik va moslashuvchanlikni ta'minlay olmaydi. Bu muammoni hal qilishda sun'iy intellekt agentlariga asoslangan taqsimlangan qaror qabul qilish arxitekturasini istiqbolli yechim sifatida ko'rilmogda, chunki har bir agent o'z mas'uliyat zonasidagi ma'lumotlarni mahalliy darajada tahlil qilib, faqat zarur hollarda markaziy tizimga signal yuboradi.

Tadqiqotning maqsadi - IIoT va sun'iy intellekt agentlari sinergiyasi asosida uglevodorod quvurlarining texnik holatini bashorat qilish va xavflarni boshqarish uchun intellektual tizim arxitekturasini ishlab chiqish va uning samaradorligini baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: (1) quvurlar texnik holatini monitoring qilishning mavjud usullari va ularning cheklovlarini tahlil qilish; (2) sensorlar, chekka hisoblash va ko'p agentli sun'iy intellekt qatlamlaridan iborat uch qatlamli tizim

arxitekturasini ishlab chiqish; (3) qoldiq resurs muddatini bashorat qiluvchi gibril model yaratish; (4) tizimni pilot segmentda sinovdan o'tkazish va samaradorlik ko'rsatkichlarini baholash.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tizim arxitekturasini. Taklif etilgan intellektual tizim uch qatlamdan iborat. Birinchi qatlam - sensorlar qatlami - quvur bo'ylab har 500 metrda o'rnatilgan bosim, tebranish (vibratsiya), akustik emissiya va harorat sensorlaridan iborat bo'lib, ma'lumotlarni 1 Gts chastotada uzatadi. Ikkinchi qatlam - chekka hisoblash (edge computing) qatlami - har bir sensor klasteri yaqinida joylashgan bo'lib, xom ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash (filtrlash, normallashtirish, xususiyat chiqarish) vazifasini bajaradi, bu markaziy tizimga uzatiladigan ma'lumotlar hajmini kamaytiradi va reaksiya vaqtini qisqartiradi. Uchinchi qatlam - ko'p agentli sun'iy intellekt qatlami - bo'lib, unda har bir quvur segmentiga mos keluvchi mustaqil dasturiy agent tayinlangan.

Qoldiq resurs muddatini (RUL) bashorat qilish modeli. Har bir agent segmentning qoldiq resurs muddatini bashorat qilish uchun gibril model qo'llaydi, u ikki komponentdan iborat: (a) uzoq qisqa muddatli xotira tarmog'i (LSTM) asosidagi vaqt qatorlari tahlili, (b) izolyatsiya o'rmoni (Isolation Forest) asosidagi anomalialarni aniqlash submoduli. Ikki modul natijalari quyidagi tarzda birlashtiriladi:

$$R_i(t) = w_1 \cdot RUL_LSTM(t) + w_2 \cdot (1 - A_i(t)) \cdot RUL_base$$

bu yerda $R_i(t)$ - i-segmentning t vaqtdagi bashorat qilingan qoldiq resurs muddati, $RUL_LSTM(t)$ - LSTM modeli tomonidan bashorat qilingan qiymat, $A_i(t)$ - izolyatsiya o'rmoni tomonidan hisoblangan anomaliya darajasi ko'rsatkichi (0 dan 1 gacha), RUL_base - segmentning bazaviy (loyihaviy) resurs muddati, w_1 va w_2 - vazn koeffitsientlari. Xavf darajasi esa quyidagi ko'p agentli xavfni baholash funksiyasi orqali hisoblanadi:

$$Risk_i(t) = [1 - R_i(t)/RUL_base] \cdot P_i(t) \cdot S_i$$

bu yerda $P_i(t)$ - i-segmentdagi joriy bosim ko'rsatkichining normativ chegaradan og'ishi, S_i - segmentning geografik va ekologik ahamiyatini aks ettiruvchi og'irlik koeffitsienti (masalan, aholi punktlariga yaqinlik yoki suv havzalari yaqinligi). Xavf darajasi belgilangan chegaradan oshgan segmentlar bo'yicha agent avtomatik ravishda markaziy dispetcher tizimiga ogohlantirish signalini yuboradi va tavsia etilayotgan choralar ro'yxatini shakllantiradi.

Pilot sinov sharoiti. Taklif etilgan tizim uzunligi 42 kilometr bo'lgan magistral quvur segmentida 8 oy davomida pilot rejimda sinovdan o'tkazildi. Segment bo'ylab 84 ta sensor klasteri o'rnatildi va 34 ta mustaqil sun'iy intellekt agenti joylashtirildi. Tizim samaradorligi haqiqiy nosozlik holatlari (planli texnik ko'riklar davomida aniqlangan korroziya va mikro-yoriqlar) bilan solishtirilgan holda aniqlik (precision), qamrab olish (recall) va o'rtacha oldindan ogohlantirish vaqti (lead time) mezonlari bo'yicha baholandi.

NATIJALAR.

4-jadvalda taklif etilgan gibril tizimning an'anaviy chegaraviy qiymatlarga asoslangan (threshold-based) monitoring tizimi va faqat LSTM modeliga asoslangan tizim bilan qiyosiy natijalari keltirilgan.

Ko'rsatkich	Chegaraviy qiymat usuli	Faqat LSTM	Taklif etilgan gibril tizim
Aniqlik (Precision), %	68.4	86.7	94.2
Qamrab olish (Recall), %	71.2	83.1	91.5

Yolg'on signal darajasi, %	31.6	13.3	5.8
O'rtacha ogohlantirish vaqti, soat	2.1	7.6	11.3

Natijalardan ko'rinadiki, taklif etilgan gibril tizim aniqlik ko'rsatkichi bo'yicha chegaraviy qiymat usuliga nisbatan 25.8 foiz punktga, faqat LSTM modeliga nisbatan esa 7.5 foiz punktga yuqori natija ko'rsatdi. Ayniqsa muhim natija - o'rtacha oldindan ogohlantirish vaqtining sezilarli darajada oshishi bo'lib, bu operatorlarga rejalashtirilgan texnik xizmat ko'rsatish choralari avariya yuz berishidan ancha oldin ko'rish imkonini beradi. Shuningdek, yolg'on signal darajasining 5.8 foizgacha pasayishi tizimning amaliy foydalanish uchun ishonchliligini oshiradi, chunki yolg'on signallar operatorlar e'tiborini asossiz tarzda chalg'itishi va tizimga ishonchni pasaytirishi mumkin edi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar LSTM asosidagi vaqt qatorlari tahlili va izolyatsiya o'rmoni asosidagi anomaliyalarni aniqlash usullarini birlashtirish g'oyasining amaliy asosililigini tasdiqlaydi. Ikki modulning birgalikda ishlashi, ayniqsa yolg'on signal darajasini kamaytirish nuqtai nazaridan, alohida holda qo'llanilgan har bir usulga nisbatan sezilarli ustunlikka ega bo'ldi. Bu natija sanoat monitoring tizimlarida gibril (ensemble) yondashuvlarning yakka modellarga nisbatan barqarorroq natijalar berishi haqidagi umumiy ilmiy tendensiyaga mos keladi.

Shu bilan birga, ko'p agentli arxitekturaning amaliy joriy etilishida bir qator cheklovlar mavjud: chekka hisoblash qurilmalarining energiya ta'minoti uzoq va qiyin yetib boriladigan hududlarda muammo tug'dirishi mumkin, shuningdek agentlar orasidagi kommunikatsiya kanallarining ishonchliligi (ayniqsa uzoq masofali quvurlarda mobil aloqa qamrovi cheklangan hududlarda) tizim barqarorligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bundan tashqari, RUL bashorat modeli tarixiy nosozlik ma'lumotlariga bog'liq bo'lib, yangi qurilgan quvur segmentlari uchun yetarli tarixiy ma'lumot mavjud emasligi model aniqligini dastlabki bosqichlarda pasaytirishi mumkin.

Amaliy nuqtai nazardan, taklif etilgan tizim neft-gaz tashish korxonalarida bashoratli texnik xizmat ko'rsatish (predictive maintenance) strategiyasiga o'tishni ta'minlash, ekologik xavfsizlikni oshirish va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini rejalashtirishni optimallashtirishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda IIoT va sun'iy intellekt agentlari sinergiyasi asosida uglevodorod quvurlarining texnik holatini bashorat qilish va xavflarni boshqarish uchun uch qatlamli intellektual tizim arxitekturasini ishlab chiqildi. LSTM va izolyatsiya o'rmoni usullarini birlashtiruvchi gibril bashorat modeli 42 kilometrlik pilot segmentda sinovdan o'tkazilib, 94.2 foizlik aniqlik va o'rtacha 11.3 soatlik oldindan ogohlantirish vaqtini ta'minladi. Bu natijalar tizimning amaliy joriy etilishi mumkinligini tasdiqlaydi. Kelgusi tadqiqotlar chekka qurilmalarining energiya avtonomligini oshirish va yangi segmentlar uchun transfer o'rganish (transfer learning) usullarini qo'llash orqali dastlabki bosqich aniqligini yaxshilashga qaratiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Sisinni Z. va boshq. Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions // IEEE Transactions on Industrial Informatics. - 2018. - Vol. 14. - P. 4724-4734.

2. Boyes H. va boshq. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework // Computers in Industry. - 2018. - Vol. 101. - P. 1-12.
3. Lee J., Wu F., Zhao W. va boshq. Prognostics and health management design for rotary machinery systems // Mechanical Systems and Signal Processing. - 2014. - Vol. 42. - P. 314-334.
4. Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.-H. Isolation Forest // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining. - 2008. - P. 413-422.
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. - 1997. - Vol. 9. - P. 1735-1780.
6. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. - Wiley, 2009.
7. Zhang W. va boshq. Machine learning based pipeline leakage detection: A review // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. - 2021. - Vol. 71.
8. API 1160. Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines. - American Petroleum Institute, 2019.
9. Nazarov D. Neft - gaz quvurlari texnik diagnostikasi va monitoring tizimlari. - Toshkent: 'Fan va texnologiya', 2021.
10. Ergashev I. Sanoat interneti tizimlari va ularning energetika hamda neft - gaz sohasida qo'llanilishi. - Toshkent: TATU nashriyoti, 2022.

TAQSIMLANGAN GENERATSIYA MANBALARIGA EGA INTELLEKTUAL ENERGETIKA TARMOQLARIDA (SMART GRID) O'TISH JARAYONLARINI BOSHQARISH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OPTIMALLASHTIRISHNING ALGORITMIK ASOSLARI

Jurayev O'tkirkbek Murodullo o'g'li¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

otkirkbekjurayev4@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada taqsimlangan generatsiya manbalari (quyosh va shamol elektr stansiyalari, energiya akkumulyatorlari) bilan integratsiyalashgan intellektual energetika tarmoqlari (Smart Grid)da yuzaga keladigan o'tish jarayonlarini - generatsiya manbalari orasidagi almashinish, yuklama balansini qayta taqsimlash va tarmoq topologiyasining o'zgarishi kabi jarayonlarni - boshqarish hamda ushbu sharoitda energiya samaradorligini optimallashtirish masalasi ko'rib chiqilgan. Taqsimlangan generatsiyaning notekisligi (intermittensiya) va yuklamaning stoxastik xususiyati tufayli yuzaga keladigan kuchlanish beqarorligi va energiya yo'qotishlari muammolari tahlil qilingan. Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun model-prognozli boshqaruv (Model Predictive Control, MPC) va ko'p agentli optimallashtirish yondashuvlarini birlashtiruvchi ikki bosqichli algoritmik model taklif etilgan. Modifikatsiyalangan IEEE 33 - tugunli test tarmog'ida o'tkazilgan simulyatsiya natijalari taklif etilgan algoritm energiya yo'qotishlarini 14.6 foizga kamaytirganini, kuchlanish og'ishini normativ chegaralar ichida ushlab turganini va o'tish jarayonlari davomiyligini qisqartirganini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Smart Grid, taqsimlangan generatsiya, energiya samaradorligi, model - prognozli boshqaruv, ko'p agentli optimallashtirish, yuklama balans, kuchlanish barqarorligi.

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос управления переходными процессами, возникающими в интеллектуальных энергетических сетях (Smart Grid), интегрированных с источниками распределенной генерации (солнечные и ветровые электростанции, накопители энергии) - такими как перераспределение мощности между источниками генерации, перераспределение баланса нагрузки и изменение топологии сети, а также задача оптимизации энергоэффективности в данных условиях. Проанализированы проблемы неустойчивости напряжения и потерь энергии, возникающие из-за неравномерности (интермиттируемости) распределенной генерации и стохастического характера нагрузки. Для устранения данных проблем предложена двухуровневая алгоритмическая модель, объединяющая подходы модельно-прогнозного управления (Model Predictive Control, MPC) и многоагентной оптимизации. Результаты симуляции, проведенные на модифицированной тестовой схеме IEEE с 33 узлами, показали, что предложенный алгоритм снизил потери энергии на 14,6%, удерживал отклонения напряжения в пределах нормативных требований и сократил продолжительность переходных процессов.

Ключевые слова: Smart Grid, распределенная генерация, энергоэффективность, модельно-прогнозное управление, многоагентная оптимизация, баланс нагрузки, стабильность напряжения.

Abstract. This article examines the control of transient processes occurring in smart energy grids (Smart Grid) integrated with distributed generation sources (solar and wind power plants, energy storage systems)—such as power sharing between generation sources, load balance redistribution, and network topology changes—along with the optimization of energy efficiency under these conditions. The problems of voltage instability and energy losses caused by the intermittency of distributed generation and the stochastic nature of the load are analyzed. To address these issues, a two-stage algorithmic model combining Model Predictive Control (MPC) and multi-agent optimization approaches is proposed. Simulation results performed on a modified IEEE 33-node test system demonstrated that the proposed algorithm reduced energy losses by 14.6%, maintained voltage deviations within regulatory limits, and shortened the duration of transient processes.

Keywords: Smart Grid, distributed generation, energy efficiency, model predictive control, multi-agent optimization, load balance, voltage stability.

KIRISH

Zamonaviy elektr energetika tizimlarining rivojlanish tendensiyasi markazlashgan generatsiyadan taqsimlangan generatsiya (Distributed Generation, DG) tomon o'tishni belgilamoqda. Quyosh fotoelektrik stansiyalari, shamol generatorlari va energiya akkumulyatorlari kabi taqsimlangan manbalarining tarmoqqa integratsiyalashuvi energiya xavfsizligini oshirish va ekologik samaradorlikka erishish imkonini bersa-da, bir qator texnik muammolarni ham keltirib chiqaradi. Bunday manbalarining generatsiya quvvati ob - havo sharoitlariga bog'liqligi tufayli notekis (intermittent) xususiyatga ega bo'lib, bu tarmoqda kuchlanish tebranishlari, chastota beqarorligi va energiya yo'qotishlarining ortishiga sabab bo'lishi mumkin.

Intellectual energetika tarmoqlari (Smart Grid) kontseptsiyasi ushbu muammolarni axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va real vaqt rejimidagi boshqaruv algoritmlari yordamida hal qilishni ko'zda tutadi. Biroq generatsiya manbalari orasidagi o'tish jarayonlarini (masalan, quyosh generatsiyasidan tarmoq generatsiyasiga yoki akkumulyator zaxirasiga almashish) boshqarish murakkab dinamik masala hisoblanadi, chunki bunda tarmoq topologiyasi, yuklama profili va

generatsiya quvvati bir vaqtning o'zida o'zgarib turadi. Mavjud statik yoki qoidaga asoslangan (rule-based) boshqaruv tizimlari bunday dinamik va noaniq sharoitlarda optimal natijalarni ta'minlay olmaydi.

Tadqiqotning maqsadi - taqsimlangan generatsiya manbalariga ega Smart Grid tizimlarida o'tish jarayonlarini boshqarish va energiya samaradorligini optimallashtirish uchun algoritmik model ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: (1) taqsimlangan generatsiya sharoitida yuzaga keladigan o'tish jarayonlarining texnik muammolarini tahlil qilish; (2) model-prognozli boshqaruv va ko'p agentli optimallashtirishga asoslangan ikki bosqichli algoritm ishlab chiqish; (3) algoritmni test tarmog'ida simulyatsiya qilish orqali samaradorligini baholash; (4) energiya yo'qotishlari va kuchlanish barqarorligi bo'yicha amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIALLAR VA METODLAR

Test tarmog'i va boshlang'ich shartlar. Tadqiqot uchun modifikatsiyalangan IEEE 33 - tugunli taqsimlash tarmog'i qo'llanildi, unga uchta quyosh fotoelektrik stansiyasi, ikkita shamol generatori va ikkita energiya akkumulyatori tizimi integratsiya qilindi. Yuklama profili sutkalik davr uchun 15 daqiqalik intervallar bo'yicha modellashirildi, generatsiya profillari esa haqiqiy meteorologik ma'lumotlar asosida stoxastik jarayon sifatida generatsiya qilindi.

Ikki bosqichli boshqaruv-optimallashtirish algoritmi. Taklif etilgan algoritm ikki bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda model-prognozli boshqaruv (MPC) yondashuvi qo'llanilib, kelgusi N vaqt qadami uchun generatsiya va yuklama prognozlari asosida optimal boshqaruv ta'sirlari hisoblanadi. Optimallashtirish maqsad funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\min \sum_{t=1..N} [\alpha \cdot P_loss(t) + \beta \cdot |V(t) - V_nom|^2 + \gamma \cdot C_switch(t)]$$

bu yerda $P_loss(t)$ - t vaqt qadamidagi tarmoq quvvat yo'qotishi, $V(t)$ - tugun kuchlanishi, V_nom - nominal kuchlanish, $C_switch(t)$ - generatsiya manbalari orasidagi almashinish (o'tish) harakati bilan bog'liq xarajat, α , β , γ - vazn koeffitsientlari. Ikkinchi bosqichda esa har bir taqsimlangan generatsiya manbasi mustaqil agent sifatida modellashirilib, ko'p agentli konsensus algoritmi yordamida markaziy MPC natijalarini mahalliy sharoitlarga (masalan, akkumulyator zaryad holati) moslashtirish amalga oshiriladi:

$$x_i(k+1) = x_i(k) + \sum_{j \in N_i} w_ij \cdot [x_j(k) - x_i(k)] + u_i(k)$$

bu yerda $x_i(k)$ - i-agentning k-qadamdagi holati (masalan, generatsiya quvvati ulushi), N_i - i-agentning qo'shni agentlar to'plami, w_ij - konsensus vazn koeffitsientlari, $u_i(k)$ - MPC bosqichidan olingan boshqaruv signali. Bunday ikki bosqichli tuzilma markazlashgan optimallashtirishning global samaradorligini taqsimlangan boshqaruvning tezkorligi va moslashuvchanligi bilan birlashtirish imkonini beradi.

Baholash mezonlari. Algoritm samaradorligi quyidagi mezonlar bo'yicha baholandi: tarmoqdagi umumiy quvvat yo'qotishlari (kVt·soat), tugunlardagi kuchlanish og'ishining normativ chegaradan ($\pm 5\%$) chetga chiqish hollari soni, o'tish jarayonlarining o'rtacha davomiyligi (soniya) va hisoblash vaqti. Qiyoslash uchun an'anaviy qoidaga asoslangan boshqaruv tizimi va faqat markaziy MPC qo'llaniladigan tizim baseline sifatida olindi.

NATIJALAR

3-jadvalda sutkalik simulyatsiya natijalari bo'yicha uchta boshqaruv strategiyasining qiyosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

Ko'rsatkich	Qoidaga asoslangan	Faqat MPC	Taklif etilgan (MPC + ko'p agentli)
Umumiy quvvat yo'qotishi, kVt·soat	486	372	308
Kuchlanish og'ishi holatlari, soni/sutka	27	11	4
O'tish jarayoni o'rtacha davomiyligi, s	18.4	9.7	5.2
Hisoblash vaqti, s/qadam	0.02	1.8	1.1

Natijalardan ko'rinadiki, taklif etilgan ikki bosqichli algoritm umumiy quvvat yo'qotishlarini qoidaga asoslangan tizimga nisbatan 36.6 foizga, faqat MPC qo'llaniladigan tizimga nisbatan esa 17.2 foizga kamaytirdi. Kuchlanish og'ishi holatlari soni sezilarli darajada - 27 tadan 4 tagacha - kamaydi, bu tarmoq barqarorligining sezilarli darajada oshganini ko'rsatadi. Shuningdek, o'tish jarayonlarining o'rtacha davomiyligi ham qisqardi, bu esa taqsimlangan generatsiya manbalari orasidagi almashinishning tezroq va silliqroq kechishini ta'minladi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar ko'p agentli konsensus mexanizmining markaziy MPC natijalarini mahalliy sharoitlarga tezkor moslashtirish orqali umumiy tizim samaradorligini oshirishga xizmat qilishini ko'rsatadi. Bu xulosa mavjud adabiyotlarda taqsimlangan boshqaruv tizimlarining markazlashgan tizimlarga nisbatan tezkorlik va moslashuvchanlik bo'yicha ustunligi haqidagi umumiy tendensiyaga mos keladi. Shu bilan birga, ko'p agentli bosqichning qo'shilishi hisoblash vaqtini faqat qoidaga asoslangan tizimga nisbatan sezilarli oshirdi, biroq bu ko'rsatkich amaliy real vaqtli boshqaruv uchun (15 daqiqalik boshqaruv intervalida) yetarlicha qabul qilinishi mumkin.

Modelning cheklavlaridan biri - vazn koeffitsientlari (α , β , γ) ning tanlanishi tizim xatti-harakatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi bo'lib, bu koeffitsientlarni turli operatsion sharoitlar uchun avtomatik moslashtiruvchi mexanizm hozircha ishlab chiqilmagan. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu koeffitsientlarni kuchaytirilgan o'rganish (reinforcement learning) yordamida dinamik moslashtirish istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rilmogda.

Amaliy nuqtai nazardan, taklif etilgan algoritm O'zbekiston sharoitida quyosh va shamol energetikasi obyektlarining milliy elektr tarmog'iga integratsiyalashuvi jarayonida, xususan qishloq xo'jaligi mintaqalaridagi taqsimlangan energiya tizimlarini boshqarishda amaliy qo'llanilishi mumkin.

XULOSA

Tadqiqot doirasida taqsimlangan generatsiya manbalariga ega intellektual energetika tarmoqlarida o'tish jarayonlarini boshqarish va energiya samaradorligini optimallashtirish uchun model-prognozli boshqaruv va ko'p agentli konsensus algoritmini birlashtiruvchi ikki bosqichli model taklif etildi. IEEE 33 - tugunli test tarmog'ida o'tkazilgan simulyatsiya natijalari taklif etilgan algoritmning quvvat yo'qotishlarini 36.6 foizgacha kamaytirishi va tarmoq barqarorligini sezilarli darajada oshirishini tasdiqladi. Kelgusi tadqiqotlar vazn koeffitsientlarini avtomatik moslashtirish mexanizmini ishlab chiqishga qaratiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Farhangi H. The path of the smart grid // IEEE Power and Energy Magazine. - 2010. - Vol. 8. - P. 18-28.
2. Fang X. va boshq. Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. - 2012. - Vol. 14. - P. 944-980.
3. Camacho E.F., Bordons C. Model Predictive Control. - Springer, 2007.
4. Olfati-Saber R., Fax J.A., Murray R.M. Consensus and Cooperation in Networked Multi-Agent Systems // Proceedings of the IEEE. - 2007. - Vol. 95. - P. 215-233.
5. Kersting W.H. Distribution System Modeling and Analysis. - CRC Press, 2012.
6. IEEE Std 1547-2018. IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces.
7. Molderink A. va boshq. Management and Control of Domestic Smart Grid Technology // IEEE Transactions on Smart Grid. - 2010. - Vol. 1. - P. 109-119.
8. Xoliqov T. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalash muammolari. - Toshkent: 'Energia', 2021.
9. Rashidov Q. Intellectual energetika tizimlari va ularni boshqarish algoritmlari. - Toshkent: TDTU nashriyoti, 2020.
10. Zavialov P. va boshq. Optimal control strategies for microgrids with renewable energy sources // Renewable Energy. - 2019. - Vol. 138. - P. 1071-1082.

STOXASTIK NOANIQLIKLAR SHAROITIDA MURAKKAB TARQALISH JARAYONLARINING NOCHIZIQLI DINAMIK MODELLARINI QURISH VA ULARNING SONLI YECHISH ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQISH

Jurayev O'tkirbek Murodullo o'g'li¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

otkirbekjurayev4@gmail.com

***Annotatsiya.** Maqolada tabiatda va texnik tizimlarda kuzatiladigan murakkab tarqalish jarayonlarini (issiqlik va massa almashinuvi, epidemiologik tarqalish, axborot va ifloslanish diffuziyasi) stoxastik noaniqliklar mavjudligi sharoitida modelashtirish masalasi ko'rib chiqilgan. Klassik deterministik nochiqli differensial tenglamalarning tashqi tasodifiy ta'sirlarni hisobga olmasligi amaliy natijalar aniqligini pasaytirishi ko'rsatilgan. Shu sababli tarqalish jarayonini nochiqli stoxastik differensial tenglamalar (SDT) tizimi ko'rinishida ifodalovchi umumlashgan model taklif etilgan, unda diffuziya koeffitsienti holat o'zgaruvchisiga bog'liq (multiplikativ shovqin) tarzda kiritilgan. Model uchun moslashuvchan qadam uzunligiga ega ikkinchi tartibli aniqlikdagi stoxastik Runge - Kutta tipidagi sonli yechish algoritmi ishlab chiqilgan. O'tkazilgan sonli tajribalar taklif etilgan algoritmnining klassik Eyler-Maruyama usuliga nisbatan yaqinlashish tartibini oshirishi va hisoblash xatoligini kamaytirishini ko'rsatdi.*

***Kalit so'zlar:** stoxastik differensial tenglamalar, nochiqli dinamik tizimlar, tarqalish jarayonlari, sonli yechish algoritmlari, Eyler-Maruyama usuli, stoxastik Runge - Kutta, multiplikativ shovqin.*

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос моделирования сложных процессов распространения (тепло- и массообмен, эпидемиологическое распространение, диффузия информации и загрязнения), наблюдаемых в природе и технических системах, в условиях наличия стохастических неопределенностей. Показано, что неспособность классических детерминированных нелинейных дифференциальных уравнений учитывать внешние случайные воздействия снижает точность практических результатов. В связи с этим предложена обобщенная модель, описывающая процесс распространения в виде системы нелинейных стохастических дифференциальных уравнений (СДУ), в которой коэффициент диффузии введен в зависимости от переменной состояния (мультипликативный шум). Для данной модели разработан численный алгоритм решения стохастического типа Рунге – Кутты второго порядка точности с адаптируемой длиной шага. Проведенные численные эксперименты показали, что предложенный алгоритм повышает порядок сходимости и снижает вычислительную ошибку по сравнению с классическим методом Эйлера – Маруямы.

Ключевые слова: стохастические дифференциальные уравнения, нелинейные динамические системы, процессы распространения, численные алгоритмы решения, метод Эйлера – Маруямы, стохастический метод Рунге – Кутты, мультипликативный шум.

Abstract. This article examines the modeling of complex propagation processes (heat and mass transfer, epidemiological spread, information and pollution diffusion) observed in nature and technical systems under conditions of stochastic uncertainties. It is demonstrated that the failure of classical deterministic nonlinear differential equations to account for external random disturbances reduces the accuracy of practical results. Therefore, a generalized model is proposed that describes the propagation process as a system of nonlinear stochastic differential equations (SDEs), where the diffusion coefficient depends on the state variable (multiplicative noise). A second-order accurate stochastic Runge-Kutta numerical solution algorithm with an adaptive step size has been developed for this model. Conducted numerical experiments showed that the proposed algorithm increases the order of convergence and reduces computational error compared to the classical Euler-Maruyama method.

Keywords: stochastic differential equations, nonlinear dynamical systems, propagation processes, numerical solution algorithms, Euler-Maruyama method, stochastic Runge-Kutta, multiplicative noise.

KIRISH

Tabiiy va texnogen tizimlarda kuzatiladigan ko'plab jarayonlar - issiqlik tarqalishi, moddalar diffuziyasi, epidemiologik kasalliklarning aholi orasida tarqalishi, axborotning ijtimoiy tarmoqlarda tarqalishi - matematik nuqtai nazardan tarqalish (propagation) jarayonlari sinfiga kiradi va an'anaviy ravishda deterministik xususiy hosilali yoki oddiy differensial tenglamalar yordamida modellashiriladi. Biroq real sharoitda bunday jarayonlarga tashqi muhitning tasodifiy ta'sirlari, o'lchov xatoliklari va boshlang'ich shartlardagi noaniqliklar sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Bu omillarni e'tiborsiz qoldirish modelning bashoratlash aniqligini pasaytiradi va amaliy qarorlar qabul qilishda xatoliklarga olib kelishi mumkin.

Stoxastik noaniqliklarni hisobga oluvchi modellar odatda stoxastik differensial tenglamalar (SDT) apparati asosida quriladi. Biroq ko'pgina amaliy tarqalish jarayonlari nafaqat stoxastik, balki nochiziqli xususiyatga ham ega bo'ladi (masalan, epidemiologik modellardagi SIR/SEIR tipidagi nochiziqli o'zaro ta'sir hadlari yoki issiqlik o'tkazuvchanlikning haroratga bog'liqligi). Nochiziqli va

stoxastik xususiyatlarning birgalikda mavjudligi mavjud analitik yechish usullarini deyarli qo'llab bo'lmaydigan holga keltiradi, bu esa samarali sonli yechish algoritmlarini ishlab chiqish zaruratini keltirib chiqaradi.

Tadqiqotning maqsadi - murakkab tarqalish jarayonlarini stoxastik noaniqliklar sharoitida tavsiflovchi nochiqliq dinamik model qurish hamda ushbu model uchun yuqori aniqlikka ega samarali sonli yechish algoritmini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: (1) tarqalish jarayonini umumlashgan nochiqliq stoxastik differensial tenglama ko'rinishida formallashtirish; (2) mavjud sonli usullar (Eyler-Maruyama, Milshteyn)ning kamchiliklarini tahlil qilish; (3) moslashuvchan qadamli stoxastik Runge-Kutta algoritmini ishlab chiqish; (4) algoritmnining yaqinlashish tartibi va hisoblash xatoligini sonli tajribalar orqali baholash.

MATERIALLAR VA METODLAR

Umumlashgan nochiqliq stoxastik model. Tarqalish jarayonining holat o'zgaruvchisi $X(t)$ quyidagi umumiy ko'rinishdagi Ito tipidagi stoxastik differensial tenglama bilan tavsiflanadi:

$$dX(t) = f(X(t), t) \cdot dt + g(X(t), t) \cdot dW(t), \quad X(0) = X_0$$

bu yerda $f(X, t)$ - jarayonning nochiqliq 'drift' komponentasi (masalan, epidemiologik modelda $f(X, t) = rX(1 - X/K) - \beta X$ ko'rinishida logistik o'sish va yo'qotish hadlarini o'z ichiga oladi), $g(X, t)$ - diffuziya (shovqin amplitudasi) funksiyasi, $W(t)$ - standart Viner jarayoni. $g(X, t)$ funksiyasining holat o'zgaruvchisiga bog'liqligi (multiplikativ shovqin) jarayon intensivligi ortishi bilan tasodifiy tebranishlar amplitudasining ham ortishini aks ettiradi, bu esa ko'plab real tarqalish jarayonlari uchun xosdir.

Moslashuvchan stoxastik Runge - Kutta algoritmi. Klassik Eyler - Maruyama usuli birinchi tartibli kuchsiz yaqinlashishga ega bo'lib (yaqinlashish tartibi $O(\sqrt{\Delta t})$), nochiqliq haddlar mavjudligida hisoblash xatoligi tez o'sadi. Bu muammoni bartaraf etish uchun ikkinchi tartibli aniqlikka ega, qadam uzunligini jarayon dinamikasiga qarab avtomatik moslashtiruvchi stoxastik Runge-Kutta (SRK2) algoritmi taklif etildi. Algoritmnining asosiy yangilanish qoidasi:

$$K1 = f(X_n, t_n) \cdot \Delta t + g(X_n, t_n) \cdot \Delta W_n$$

$$K2 = f(X_n + K1, t_n + \Delta t) \cdot \Delta t + g(X_n + K1, t_n + \Delta t) \cdot \Delta W_n$$

$$X_{n+1} = X_n + 0.5 \cdot (K1 + K2) + 0.5 \cdot [g(X_n + K1, \cdot) - g(X_n, \cdot)] \cdot (\Delta W_n^2 - \Delta t) / \sqrt{\Delta t}$$

Qadam uzunligi Δt jarayonning lokal Lipschits konstantasi baholanishi asosida dinamik ravishda tanlanadi: gradient keskin o'zgargan hududlarda qadam kamaytiriladi, barqaror hududlarda esa hisoblash resurslarini tejash maqsadida kattalashtiriladi. Bu yondashuv, xususan, tarqalish jarayonining portlash (jump) yoki tez o'sish fazalarida hisoblash barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Sonli tajriba sxemasi. Taklif etilgan SRK2 algoritmi uchta test jarayoni - stoxastik logistik o'sish modeli, stoxastik SEIR epidemiologik modeli va nochiqliq issiqlik diffuziyasi modeli - ustida sinovdan o'tkazildi. Har bir model uchun 10000 ta Monte - Karlo tpaektoriyasi generatsiya qilindi va SRK2 natijalari Eyler - Maruyama hamda Milshteyn usullari natijalari bilan o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) va hisoblash vaqti bo'yicha qiyoslandi.

NATIJALAR

2 - jadvalda uchta test modeli bo'yicha o'rtacha RMSE ko'rsatkichlari va hisoblash vaqti keltirilgan ($\Delta t = 0.01$ qadam uzunligida, 10000 tpaektoriya bo'yicha o'rtacha).

Model	Usul	RMSE	Yaqinlashish tartibi	Hisoblash vaqti (s)
Stoxastik logistik o'sish	Eyler-Maruyama	0.0421	0.50	12.4
Stoxastik logistik o'sish	Milshteyn	0.0198	1.00	18.7
Stoxastik logistik o'sish	SRK2 (taklif)	0.0087	1.48	21.3
Stoxastik SEIR	Eyler-Maruyama	0.0563	0.49	16.1
Stoxastik SEIR	SRK2 (taklif)	0.0124	1.41	27.6
Nochiziqli issiqlik diffuziyasi	Eyler-Maruyama	0.0389	0.51	14.8
Nochiziqli issiqlik diffuziyasi	SRK2 (taklif)	0.0095	1.44	24.9

Natijalardan ko'rinadiki, taklif etilgan SRK2 algoritmi barcha uchta test modelida RMSE ko'rsatkichini Eyler - Maruyama usuliga nisbatan 3.5 - 4.8 baravar, Milshteyn usuliga nisbatan esa (logistik model misolida) taxminan 2.3 baravar kamaytirdi. Bunda hisoblash vaqti taxminan 1.3-1.7 baravarga oshgan bo'lsada, bu o'sish erishilgan aniqlik yutug'i bilan to'liq oqlanadi, xususan kritik qarorlar qabul qilinadigan amaliy tizimlarda.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar SRK2 algoritmining nochiziqli hadlar va multiplikativ shovqin mavjud bo'lgan tarqalish jarayonlarini modellashtirishda klassik usullarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligini ko'rsatadi. Bu natija Kloeden va Platen tomonidan asoslangan stoxastik sonli usullar nazariyasidagi yuqori tartibli sxemalarning nochiziqli tizimlarda samaradorligi haqidagi umumiy xulosalarga mos keladi, biroq taklif etilgan modelda qadam uzunligini dinamik moslashtirish mexanizmi qo'shimcha ravishda kiritilgan bo'lib, bu ayniqsa jarayon dinamikasi keskin o'zgaradigan (masalan, epidemiya cho'qqisi) fazalarda alohida ahamiyatga ega.

Shu bilan birga, hisoblash vaqtining oshishi algoritmnining yuqori o'lchamli tizimlarga (masalan, ko'p mintaqali epidemiologik tarmoq modellariga) tatbiq etilishida hisoblash resurslariga bo'lgan talabni oshirishi mumkin. Bu cheklovni bartaraf etish uchun kelgusi tadqiqotlarda algoritmnini parallel hisoblash arxitekturalariga (GPU) moslashtirish istiqbolli yo'nalish sifatida belgilandi. Amaliy nuqtai nazardan, taklif etilgan model va algoritmi epidemiologik bashoratlash tizimlari, ekologik monitoring va issiqlik-energetika tizimlarida noaniqlik sharoitida qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi dasturiy vositalarni yaratishda qo'llanilishi mumkin.

XULOSA

Tadqiqot natijasida murakkab tarqalish jarayonlarini stoxastik noaniqliklar sharoitida tavsiflovchi umumlashgan nochiziqli stoxastik differensial model qurildi va ushbu model uchun moslashuvchan qadamli ikkinchi tartibli stoxastik Runge - Kutta (SRK2) sonli yechish algoritmi ishlab chiqildi. O'tkazilgan sonli tajribalar SRK2 algoritmining klassik Eyler-Maruyama usuliga nisbatan aniqlikni 3.5-4.8 baravar oshirishini tasdiqladi. Kelgusi tadqiqotlar algoritmnini yuqori o'lchamli tizimlarga va parallel hisoblash platformalariga moslashtirishga qaratiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Oksendal B. Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications. - Springer, 2003.
2. Kloeden P.E., Platen E. Numerical Solution of Stochastic Differential Equations. - Springer, 1992.

3. Higham D.J. An Algorithmic Introduction to Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations // SIAM Review. - 2001. - Vol. 43. - P. 525-546.
4. Mao X. Stochastic Differential Equations and Applications. - Horwood Publishing, 2007.
5. Allen E. Modeling with Ito Stochastic Differential Equations. - Springer, 2007.
6. Milstein G.N. Numerical Integration of Stochastic Differential Equations. - Kluwer Academic Publishers, 1995.
7. Hethcote H.W. The Mathematics of Infectious Diseases // SIAM Review. - 2000. - Vol. 42. - P. 599-653.
8. Rasulov M. va boshq. Nochiziqli differensial tenglamalar nazariyasi va uning tatbiqlari. - Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati, 2019.
9. Yusupov R. Stoxastik jarayonlar va ularning texnik tizimlarda qo'llanilishi. - Toshkent: TATU nashriyoti, 2020.
10. Sultanov B. Sonli usullar va hisoblash algoritmlari. - Toshkent: 'Fan', 2018.

KATTA HAJMLI HETEROGEN MA'LUMOTLAR OQIMINI INTELLEKTUAL TAHLIL QILISHDA CHUQUR O'RGANISH (DEEP LEARNING) ARXITEKTURALARINING OPTIMIZATSIYA MODELLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Jurayev O'tkirbek Murodullo o'g'li¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

otkirbekjurayev4@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada katta hajmli heterogen ma'lumotlar oqimini real vaqt rejimida intellektual tahlil qilish uchun mo'ljallangan chuqur o'rganish (Deep Learning, DL) arxitekturalarining optimizatsiya jarayonini takomillashtirish masalasi ko'rib chiqilgan. An'anaviy gradientga asoslangan optimallashtirish algoritmlarining (SGD, Adam, RMSProp) heterogen - turli formatdagi, notekis taqsimlangan va shovqinli – ma'lumotlar sharoitida yaqinlashish tezligi va umumlashtirish qobiliyati bo'yicha cheklovlari tahlil qilingan. Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida moslashuvchan o'quv tezligi, ikkinchi tartibli momentum va gradient normasini dinamik cheklash mexanizmlarini birlashtiruvchi gibrid optimallashtirish modeli (AHM - Optimizer - Adaptive Heterogeneous Momentum Optimizer) taklif etilgan. Model konvolyutsion, rekurrent va transformer asosidagi arxitekturalarda sinovdan o'tkazilgan bo'lib, natijalar yaqinlashish tezligi 18 - 24 foizga oshganini va umumlashtirish xatoligi 7 - 11 foizga kamayganini ko'rsatdi. Olingan natijalar taklif etilgan modelning katta hajmli, heterogen va dinamik ma'lumotlar oqimi sharoitida amaliy qo'llanilishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: chuqur o'rganish, optimizatsiya algoritmlari, heterogen ma'lumotlar, katta hajmli ma'lumotlar, adaptiv o'quv tezligi, gradientga asoslangan usullar, neyron tarmoq arxitekturasini.

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос совершенствования процесса оптимизации архитектур глубокого обучения (Deep Learning, DL), предназначенных для интеллектуального анализа потоков больших гетерогенных данных в реальном времени. Проанализированы ограничения традиционных градиентных алгоритмов оптимизации (SGD, Adam, RMSProp) в условиях гетерогенности данных — их различного формата,

неравномерного распределения и зашумленности — с точки зрения скорости сходимости и способности к генерализации. Для устранения указанных недостатков предложена гибридная модель оптимизации (AHM-Optimizer — Adaptive Heterogeneous Momentum Optimizer), объединяющая механизмы адаптивной скорости обучения, моментов второго порядка и динамического ограничения нормы градиента. Предложенная модель была протестирована на сверточных, рекуррентных и основанных на трансформерах архитектурах, а полученные результаты показали увеличение скорости сходимости на 18–24% и снижение ошибки генерализации на 7–11%. Полученные результаты подтверждают практическую применимость предложенной модели в условиях больших, гетерогенных и динамических потоков данных.

Ключевые слова: глубокое обучение, алгоритмы оптимизации, гетерогенные данные, большие данные, адаптивная скорость обучения, градиентные методы, архитектура нейронных сетей.

Abstract. This article examines the issue of improving the optimization process of deep learning (DL) architectures designed for the real-time intelligent analysis of large-scale heterogeneous data streams. The limitations of traditional gradient-based optimization algorithms (SGD, Adam, RMSProp) under heterogeneous data conditions - such as diverse formats, uneven distribution, and noise—are analyzed in terms of convergence speed and generalization capability. To address these shortcomings, a hybrid optimization model called AHM-Optimizer (Adaptive Heterogeneous Momentum Optimizer) is proposed, which combines mechanisms of adaptive learning rate, second-order momentum, and dynamic gradient norm clipping. The model was tested on convolutional, recurrent, and transformer-based architectures, and the results demonstrated an 18 - 24% increase in convergence speed and a 7 - 11% reduction in generalization error. These results confirm the practical applicability of the proposed model under large-scale, heterogeneous, and dynamic data stream conditions.

Keywords: deep learning, optimization algorithms, heterogeneous data, big data, adaptive learning rate, gradient-based methods, neural network architecture.

KIRISH

So‘nggi o‘n yillikda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi natijasida turli sohalarida - sog‘liqni saqlash, moliya, sanoat monitoringi, ijtimoiy tarmoqlar va IoT tizimlarida - generatsiya qilinayotgan ma‘lumotlar hajmi eksponensial tarzda o‘shib bormoqda. Bunday ma‘lumotlar odatda heterogen xususiyatga ega bo‘lib, ular matnli, raqamli, tasviriy va vaqt qatorlariga oid ma‘lumotlarning uyg‘unlashgan kombinatsiyasidan iborat bo‘ladi. Bu, o‘z navbatida, intellektual tahlil tizimlari, xususan chuqur o‘rganish arxitekturalari oldiga yangi talablarni qo‘yadi: tizim nafaqat yuqori aniqlik bilan ishlashi, balki heterogen manbalardan kelayotgan ma‘lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash va o‘zgaruvchan taqsimotlarga moslasha olish qobiliyatiga ega bo‘lishi lozim.

Chuqur o‘rganish modellarining samaradorligi ko‘p jihatdan qo‘llaniladigan optimallashtirish algoritmlariga bog‘liq. Stoxastik gradiyent tushish (SGD) va uning modifikatsiyalari - Adam, AdaGrad, RMSProp, Nadam kabi usullar - bir jinsli (gomogen) ma‘lumotlar to‘plamlarida yaxshi natijalar ko‘rsatsa - da, heterogen va notekis taqsimlangan ma‘lumotlar oqimida gradientlar dispersiyasining ortishi, lokal minimumlarda qotib qolish” va sekin yaqinlashish kabi muammolarga olib keladi. Bundan tashqari, ma‘lumotlar oqimining dinamik xususiyati (concept drift) tufayli statik

o'quv tezligiga ega algoritmlar model parametrlarini vaqt o'tishi bilan optimal darajada yangilay olmaydi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi - katta hajmli heterogen ma'lumotlar oqimini tahlil qiluvchi chuqur o'rganish arxitekturalari uchun moslashuvchan, barqaror va yuqori yaqinlashish tezligiga ega optimallashtirish modelini ishlab chiqish va uni turli neyron tarmoq arxitekturalarida (CNN, LSTM, Transformer) tajribaviy tekshirishdan o'tkazishdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat: (1) mavjud optimallashtirish algoritmlarining heterogen ma'lumotlar sharoitidagi cheklovlarini tahlil qilish; (2) adaptiv momentum va gradient normasini cheklash mexanizmlariga asoslangan gibrid model ishlab chiqish; (3) taklif etilgan modelni mavjud baseline algoritmlar bilan qiyosiy tahlil qilish; (4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIALLAR VA METODLAR.

Tadqiqot uchun uchta heterogen tabiatga ega ma'lumotlar manbasidan foydalanildi: (1) tarmoq trafigini tahlil qilishga mo'ljallangan jadval ko'rinishidagi ma'lumotlar to'plami (kategorik va uzluksiz belgilarning aralashmasi); (2) tasviriy ma'lumotlar to'plami (turli o'lcham va kontrastlikka ega rasmlar); (3) vaqt qatoriga oid sensor ma'lumotlari (notekis namunalash chastotasi bilan). Har bir to'plam sun'iy ravishda shovqin, yetishmayotgan qiymatlar va sinflar nomutanosibligi kiritish orqali real heterogen muhitga yaqinlashtirildi. Umumiy tanlanma hajmi taxminan 480 ming yozuvni tashkil etdi, ulardan 70 foizi o'qitish, 15 foizi validatsiya va 15 foizi test uchun ajratildi.

2.2. Taklif etilayotgan gibrid optimallashtirish modeli (AHM-Optimizer)

Taklif etilayotgan model uchta asosiy komponentni birlashtiradi: (a) ikkinchi tartibli eksponensial momentum, (b) ma'lumotlar heterogenligiga moslashuvchan o'quv tezligi koeffitsienti, (c) gradient normasini dinamik cheklash (adaptive gradient clipping). Umumiy yangilanish qoidasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$m_t = \beta_1 \cdot m_{(t-1)} + (1-\beta_1) \cdot g_t, \quad v_t = \beta_2 \cdot v_{(t-1)} + (1-\beta_2) \cdot g_t^2$$
$$\eta_t = \eta_0 / (1 + \lambda \cdot H_t), \quad \theta_t = \theta_{(t-1)} - \eta_t \cdot \hat{m}_t / (\sqrt{\hat{v}_t} + \varepsilon) \cdot c_t$$

bu yerda g_t - t -qadamdagi gradient, m_t va v_t - mos ravishda birinchi va ikkinchi tartibli momentum baholari, H_t - ma'lumotlar oqimining joriy heterogenlik ko'rsatkichi (mini-batch ichidagi belgilar dispersiyasi asosida hisoblanadi), λ - moslashuvchanlik koeffitsienti, c_t - gradient normasini t - qadamda dinamik cheklovchi koeffitsient. H_t ko'rsatkichining kiritilishi modelga ma'lumotlar oqimidagi heterogenlik darajasi ortganda o'quv tezligini avtomatik ravishda kamaytirish, aksincha, barqaror (gomogen) bo'limlarda tezlashtirish imkonini beradi. Bu, o'z navbatida, gradientlar portlashi (gradient explosion) va yo'qolishi (vanishing gradient) hodisalarining oldini olishga xizmat qiladi.

Tajriba sxemasi va baholash mezonlari. Taklif etilgan AHM - Optimizer uchta neyron tarmoq arxitekturasida - konvolyutsion tarmoq (CNN), uzoq qisqa muddatli xotira tarmog'i (LSTM) va transformer asosidagi arxitekturada - sinovdan o'tkazildi. Qiyosiy tahlil uchun SGD, Adam va RMSProp algoritmlari baseline sifatida tanlandi. Baholash quyidagi mezonlar bo'yicha amalga oshirildi: yaqinlashish tezligi (target xatolikka erishish uchun zarur epoxalar soni), umumlashtirish xatoligi (test to'plamidagi xatolik), o'qitish vaqti va model barqarorligi (bir necha initsializatsiyalar bo'yicha natijalar dispersiyasi).

NATIJALAR.

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, AHM - Optimizer barcha uchta arxitekturada baseline algoritmlarga nisbatan yuqori samaradorlik ko'rsatdi. 1-jadvalda uchta arxitektura bo'yicha o'rtacha yaqinlashish tezligi va test xatoligi keltirilgan.

Arxitektura	Optimallashtirish usuli	Yaqinlashish (epoxa)	Test xatoligi (%)	O'qitish vaqti (min)
CNN	SGD	142	9.8	86
CNN	Adam	97	8.1	79
CNN	AHM-Optimizer	76	6.9	74
LSTM	SGD	168	12.4	121
LSTM	Adam	118	10.2	108
LSTM	AHM-Optimizer	89	8.6	97
Transformer	Adam	104	9.4	156
Transformer	AHM-Optimizer	81	7.5	138

Keltirilgan natijalardan ko'rinadiki, AHM-Optimizer qo'llanilganda yaqinlashish uchun zarur epoxalar soni CNN arxitekturasida 21-23 foizga, LSTM arxitekturasida 25-28 foizga, transformer arxitekturasida esa 22 foizga kamaydi. Test xatoligi bo'yicha ham barqaror yaxshilanish kuzatildi: o'rtacha 7-11 foizga kamayish qayd etildi. Bundan tashqari, bir nechta mustaqil initsializatsiyalar bo'yicha o'tkazilgan sinovlarda AHM-Optimizerning natijalar dispersiyasi baseline usullarga nisbatan taxminan ikki barobar past bo'lib, bu modelning yuqori barqarorligidan dalolat beradi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar heterogenlik ko'rsatkichi H_t asosida o'quv tezligini dinamik moslashtirish g'oyasining amaliy asoslilikini tasdiqlaydi. Bu natija mavjud adabiyotlarda keltirilgan, adaptiv o'quv tezligi mexanizmlarining notekis taqsimotli ma'lumotlarda samaradorligini oshirishi haqidagi umumiy tendensiyaga mos keladi, biroq mavjud yondashuvlardan farqli o'laroq, taklif etilgan model heterogenlikni alohida statistik ko'rsatkich sifatida real vaqt rejimida hisoblab, uni optimallashtirish tenglamasiga bevosita kiritadi.

Shu bilan birga, transformer arxitekturasida yutuq nisbatan kamroq (22 foiz) bo'lib, bu arxitekturaning o'z - o'zini e'tibor (self-attention) mexanizmi tufayli allaqachon nisbatan barqaror gradient oqimiga ega ekanligi bilan izohlanadi. Modelning cheklovlaridan biri - H_t ko'rsatkichini hisoblash qo'shimcha hisoblash yukini talab qilishi bo'lib, bu juda katta o'lchamli mini-batchlarda (masalan, 4096 dan yuqori) hisoblash vaqtini sezilarli darajada oshirishi mumkin. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu ko'rsatkichni taxminiy (approximate) hisoblash usullarini qo'llash orqali hisoblash yukini kamaytirish imkoniyatlari o'rganilishi maqsadga muvofiqdir.

Amaliy nuqtai nazardan, taklif etilgan model IoT tizimlaridan kelayotgan sensor ma'lumotlarini, tarmoq monitoringi tizimlarini va tibbiy tasvirlarni tahlil qiluvchi tizimlarni real vaqt rejimida o'qitishda, xususan ma'lumotlar taqsimoti vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan (concept drift) muhitlarda alohida amaliy ahamiyat kasb etadi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda katta hajmli heterogen ma'lumotlar oqimini tahlil qiluvchi chuqur o'rganish arxitekturalari uchun AHM-Optimizer nomli gibrid optimallashtirish modeli taklif etildi. Model

heterogenlikka moslashuvchan o'quv tezligi va dinamik gradient cheklash mexanizmlarini birlashtirib, uch xil arxitekturada o'tkazilgan tajribalar natijasida yaqinlashish tezligini 18-28 foizga oshirish va umumlashtirish xatoligini 7-11 foizga kamaytirish imkonini berdi. Olingan natijalar modelning amaliy qo'llanilishi mumkinligini tasdiqlaydi. Kelgusi tadqiqotlar H_t ko'rsatkichini hisoblash samaradorligini oshirish, shuningdek modelni federativ o'qitish (federated learning) sharoitida sinovdan o'tkazishga qaratilishi rejalashtirilgan.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. - MIT Press, 2016.
2. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. - 2015. - Vol. 521. - P. 436-444.
3. Kingma D.P., Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization // ICLR. - 2015.
4. Ruder S. An overview of gradient descent optimization algorithms // arXiv preprint. - 2016.
5. Vaswani A. va boshq. Attention Is All You Need // NeurIPS. - 2017.
6. Zhang C. va boshq. Understanding deep learning requires rethinking generalization // ICLR. - 2017.
7. Gama J. va boshq. A survey on concept drift adaptation // ACM Computing Surveys. - 2014.
8. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // KDD. - 2016.
9. Toshpo'latov A. va boshq. Katta hajmli ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish asoslari. - Toshkent: TATU nashriyoti, 2021.
10. Karimov Sh. Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlar nazariyasi. — Toshkent: 'Fan va texnologiya', 2020.

RAQAMLI TA'LIM MUHITIDA DASTURLASH FANINI ADAPTIV O'QITISHNING SUN'IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN METODIK MODEL

Sulaymonova Dilnoza Bohodirov qizi

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada oliy ta'lim muassasalarida dasturlash fanlarini o'qitish samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan, sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan adaptiv talaba modeli va o'quv kontenti modelining ilmiy-metodik asoslari ishlab chiqilgan. Dasturlashni o'qitishda talabalarining individual kognitiv xususiyatlari, algoritmik tafakkuri, xatolar profili va o'zlashtirish tezligini dinamik baholash imkonini beruvchi ko'p komponentli talaba modeli tuzildi. Fanning o'quv mazmuni tushuncha, modul, kompetensiya va topshiriqlar qatlamlariga ajratilib, uch darajali murakkablikda didaktik xaritalashtirildi. Talaba va kontent modellari o'rtasidagi moslikni aniqlashning ko'p mezonli pedagogik-mantiqiy integratsiya mexanizmi asoslab berildi. Shuningdek, o'quv analitikasi, bilimlarni modellashtirish va adaptiv teskari aloqa modullarini raqamli ta'lim platformalari (LMS) bilan integratsiyalash mexanizmlari tizimlashtirildi.*

***Kalit so'zlar:** adaptiv ta'lim, talaba modeli, o'quv kontenti modeli, dasturlash metodikasi, sun'iy intellekt, individual o'quv trayektoriyasi, teskari aloqa, ta'lim platformasi, algoritmik fikrlash.*

***Аннотация.** В данной статье разработаны научно-методические основы адаптивной модели студента и модели учебного контента на базе технологий искусственного интеллекта, направленные на повышение эффективности обучения программированию в*

высших учебных заведениях. Построена многокомпонентная динамическая модель обучающегося, позволяющая комплексно оценивать индивидуальные когнитивные особенности, алгоритмическое мышление, профиль ошибок и темп усвоения материала. Содержание дисциплины структурировано по концептуальным, модульным и компетентностным уровням с трехуровневой дифференциацией сложности. Предложен многокритериальный механизм сопоставления профиля студента с единицами контента. Обоснована интеграция методов учебной аналитики, отслеживания знаний и адаптивной обратной связи с современными системами управления обучением (LMS).

Ключевые слова: адаптивное обучение, модель студента, модель контента, методика обучения программированию, искусственный интеллект, индивидуальная образовательная траектория, обратная связь, платформа обучения.

Abstract. This paper establishes a comprehensive scientific and pedagogical framework for an AI-driven adaptive learner model and educational content model aimed at improving the efficiency of computer programming education in higher educational institutions. A multicomponent student model is formulated to dynamically evaluate individual cognitive capabilities, algorithmic reasoning, error profiles, and learning pace. The curriculum content is hierarchically structured across concepts, modules, competencies, and assessment tasks with three-tier complexity levels. A multicriteria matching approach is introduced to align the student's evolving state with suitable learning assets. Furthermore, an integrated architecture synthesizing learning analytics, knowledge tracing, and automated instructional feedback within existing Learning Management Systems (LMS) is systematically substantiated.

Keywords: adaptive learning, learner model, content model, programming education methodology, artificial intelligence, individualized learning trajectory, formative feedback, learning management system.

KIRISH

Raqamli iqtisodiyot va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal taraqqiyoti zamonaviy dasturiy injiniring sohasi uchun yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlash sifatiga yangi talablarni qo'yamoqda. Dasturlash fani o'z mohiyatiga ko'ra shunchaki sintaktik qoidalar yig'indisi emas, balki murakkab kognitiv faoliyat – muammoni dekompozitsiyalash, mantiqiy abstraksiya, algoritmik strukturalarni qurish, xatolarni tahlil qilish va dasturiy yechimlarni optimallashtirish ko'nikmalarini talab etadi. Biroq, oliy ta'lim muassasalarida qo'llanilayotgan an'anaviy yagona o'quv rejasi va bir xil topshiriqlar tizimi talabalarning individual bilish sur'ati, tayyorgarlik darajasi va qiyinchilik nuqtalarini yetarlicha hisobga olmaydi.

Dasturlash fanini o'zlashtirishda bir xil natija turlicha o'quv holatidan kelib chiqishi mumkin. Masalan, ikki talaba bir xil test ballini olishi mumkin, biroq birinchisi algoritmnini to'g'ri tuzib, sintaksisdagi mayda xatoliklar sababli pastroq natija ko'rsatgan bo'lsa, ikkinchisi tasodifiy javoblar orqali natijaga erishgan bo'lishi mumkin. Agar raqamli o'quv tizimi bunday farqlarni ajrata olmasa, keyingi pedagogik qaror noto'g'ri bo'ladi. Shu sababli ta'lim jarayonida sun'iy intellekt texnologiyalarini o'quvchining ichki holatini tahlil qiluvchi va fan mazmunini moslashtiruvchi vosita sifatida qo'llash dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

SUN'IIY INTELLEKT ASOSIDAGI ADAPTIV TALABA MODELII

Adaptiv ta'limning asosi talabaning joriy kognitiv holati va o'quv ehtiyojlarini raqamli aks ettiruvchi talaba modelidir. Talaba modeli talabaning to'liq shaxsiy portretini emas, balki didaktik qaror qabul qilish uchun zarur bo'lgan pedagogik jihatdan ahamiyatli ko'rsatkichlarni aks ettiradi. Mazkur tadqiqotda adaptiv talaba modeli dasturlash fanini o'zlashtirishga bevosita ta'sir etuvchi yettita asosiy komponent asosida shakllantirildi (1-jadval).

1-jadval. Adaptiv talaba modelining tarkibiy komponentlari va ularning didaktik vazifalari

Tarkibiy komponent	Mazmuni	Adaptiv qarordagi pedagogik vazifasi
Bilim darajasi	Mavzu bo'yicha nazariy tushuncha, sintaksis va qoidalarni o'zlashtirish holati.	Topshiriq murakkabligi va nazariy mustahkamlash zaruratini aniqlaydi.
Algoritmik fikrlash	Muammoni dekompozitsiyalash, shart va sikllarni mantiqiy ketma-ketlikda qurish qobiliyati.	Blok-sxema, pseudokod yoki mantiqiy yo'naltiruvchi yordam turini belgilaydi.
Kod yozish kompetensiyasi	Sintaktik to'g'rilik, toza kod yozish, unit-test va debugging ko'nikmalari.	Amaliy topshiriq formati va avtomatik tekshiruv qoidalarini moslashtiradi.
Xatolar profili	Takrorlanuvchi sintaktik, semantik va mantiqiy xatolar klassifikatsiyasi.	Qayta tushuntiruvchi yo'naltiruvchi resurslar va mashqlarni tanlashga xizmat qiladi.
O'zlashtirish sur'ati	Materialni egallash vaqti, urinishlar soni va natija barqarorligi dinamikasi.	Individual o'quv tempi va takrorlash chastotasini belgilaydi.
Mustaqil faollik	Qo'shimcha manbalarga murojaat, mustaqil mashqlar va platformadagi faollik ko'rsatkichi.	Talabaning o'zini o'zi boshqarish va intizom darajasini baholaydi.
Motivatsion-reflektiv holat	Qiyinchiliklarga munosabat, o'z-o'zini baholash va o'quv refleksiya.	Teskari aloqa ohangi va motivatsion rag'batlantirishni belgilaydi.

Talaba modeli statik anketa ma'lumotlari emas, balki real o'quv faoliyatidan hosil bo'ladigan dinamik ko'rsatkichlarga asoslanadi. Har bir talabaning profili barcha parametrlar bo'yicha noldan birgacha bo'lgan shkala oralig'ida me'yorlashtirilgan ko'p o'lchovli raqamli ko'rsatkichlar tizimi sifatida ifodalanadi. Ushbu profil talaba tomonidan topshirilgan har bir diagnostik test, bajarilgan amaliy kod topshirig'i, kompilyatorda qayd etilgan xatoliklar hamda platformada sarflangan vaqt davomida avtomatik tarzda qayta hisoblab boriladi. Bilimlarni vaqt bo'yicha modellashtirish (knowledge tracing) yondashuvi yordamida talabaning bilim holati muntazam tahlil qilinib, keyingi mavzuga tayyorgarlik darajasi pedagogik mezonlar bilan uyg'un baholanadi.

DASTURLASH FANINING MOSLASHUVCHAN O'QUV KONTENTI MODELII

Dasturlash fanida mavzular ketma-ketligi o'zaro kuchli uzviy bog'lanishga ega: ma'lumot turlari o'zgaruvchilar bilan, shart operatorlari mantiqiy ifodalar bilan, sikllar takrorlanuvchi hisob-kitoblar bilan, funksiyalar esa abstraksiya va modullilik bilan uzviy bog'liqdir. Shu sababli kontent modelida mavzular faqat chiziqli ro'yxat ko'rinishida emas, balki didaktik bilimlar grafigi sifatida aks ettiriladi. Dasturlash fanining moslashuvchan kontent modeli besh asosiy qatlamdan tashkil

topadi: minimal bilim elementlarini belgilovchi tushuncha qatlami, o'quv maqsadlarini birlashtiruvchi modul qatlami, talaba harakatini ifodalovchi kompetensiya qatlami, amaliy faoliyatni ta'minlovchi topshiriq qatlami hamda tushuntiruvchi materiallarni qamrab oluvchi o'quv resurslari qatlami.

Har bir o'quv birligi mavzuning tizimli kodi, uning uch bosqichli murakkablik darajasi (boshlang'ich, tayanch yoki kengaytirilgan), ushbu mavzuni o'zlashtirish uchun oldindan talab etiladigan tayanch tushunchalar ro'yxati, shakllantiriladigan amaliy kompetensiya turi, taqdim etiladigan o'quv resursi formati hamda moslashtirilgan teskari aloqa ko'rsatkichlari bilan to'liq tavsiflanadi (2-jadval).

2-jadval. Dasturlash fanida adaptiv kontentni darajalash va tavsiya qilish mexanizmi

Mavzu yoki modul	Boshlang'ich daraja	Tayanch daraja	Kengaytirilgan daraja	Adaptiv tavsiya yo'nalishi
Ma'lumot turlari	Tur va qiymatni farqlash	Oddiy hisoblash dasturlari	Turga o'tkazish va validatsiya	Sintaktik xatoda mikro-mashq berish
Shart operatorlari	Shartli mantiqni anglash	Oddiy shartli masalalar	Murakkab va ichma-ich shartlar	Mantiqiy xatoda blok-sxema tavsiya qilish
Sikllar	Takrorlanish shartini topish	Oddiy takrorlanuvchi hisoblar	Ichma-ich sikllar va optimallashtirish	Cheksiz takrorlanishda kodni izma-iz tahlil qilish
Funksiyalar	Funksiya tuzilishi va chaqirish	Parametr va natija bilan ishlash	Modulli dasturlash va rekursiya	Kod takrorlanishida funksiyaga ajratish maslahati
Massiv va ro'yxatlar	Indeks va elementni tushunish	Massiv elementlarini qayta ishlash	Saralash va qidirish algoritmlari	Chegaradan chiqish xatolarida xatolikni tuzatish mashqi

TALABA VA KONTENT MODELLARI MOSLIGINI ANIQLASH MEXANIZMI

Adaptiv ta'lim tizimining intellektual yadrosi talabaning joriy profili va o'quv kontenti birligi o'rtasidagi moslik darajasini ko'p mezonli tahlil qilish orqali navbatdagi eng samarali pedagogik harakatni tanlashga asoslanadi. Har bir talaba uchun mos topshiriq yoki resursni aniqlashda uning joriy bilim darajasi bilan topshiriq murakkabligi o'rtasidagi farq, mavzuga oid tayanch tushunchalarning to'liq o'zlashtirilganligi, o'quv sur'ati, mustaqil faolligi hamda takrorlanayotgan xatolar xavfi birgalikda hisobga olinadi. Ushbu mezonlarning har biri pedagogik ekspertiza asosida belgilangan ustuvorlik koeffitsientlari orqali mutanosiblashtiriladi.

Pedagogik jihatdan moslikni aniqlashda optimal qiyinchilik zonasi tamoyili muhim ahamiyatga ega. Agar tavsiya etilgan topshiriq juda oson bo'lsa, talabada qiziqish so'nadi va rivojlanish to'xtaydi; agar o'ta murakkab bo'lsa, kognitiv zo'riqish paydo bo'lib, o'quv motivatsiyasi pasayadi. Shu sababli adaptiv model talabaning amaldagi imkoniyatlari bilan erishishi mumkin bo'lgan yaqin rivojlanish hududi o'rtasidagi muvozanatni ta'minlaydi. Tizim qoidaviy tahlil, mashinali o'rganish va ekspert pedagogik qoidalarni birlashtirgan holda har bir qadamda eng maqbul o'quv trayektoriyasini qayta hisoblab boradi.

TESKARI ALOQA TIZIMI VA RAQAMLI TA'LIM PLATFORMASI BILAN INTEGRATSIYA

Dasturlash fanida teskari aloqa oddiy to'g'ri yoki noto'g'ri baholash bilan cheklanmasligi lozim. Koddagi xatoliklar mohiyatini ochib berish uchun uch darajali teskari aloqa tizimi joriy etiladi: natijaviy teskari aloqa dastur testlardan o'tganligini bildiradi; jarayonli teskari aloqa koddagi sintaktik va semantik kamchiliklar o'rnini ko'rsatib, yechim strategiyasini yaxshilashga yordam beradi; metakognitiv teskari aloqa esa talabani o'z algoritmik qarorini tanqidiy tahlil qilishga yo'naltiradi. Sun'iy intellekt tahliliy xabarlarni pedagogik tilda soddalashtirib, talabaga individual maslahat beradi.

Mazkur adaptiv model mavjud o'quv boshqaruv platformalariga (LMS) to'rt qatlamli integratsiyalashgan arxitektura sifatida ulanadi: 1) ma'lumotlar bazasi qatlamli platformadagi barcha amaliy natijalarni yig'adi; 2) tahlil qatlamli o'quv analitikasi vositasida dinamikani aniqlaydi; 3) qaror qabul qilish yadrosi talaba profiliga mos resurslarni saralaydi; 4) pedagogik interfeys qatlamli esa o'qituvchi uchun analitik boshqaruv panelini (dashboard) taqdim etadi. O'qituvchi boshqaruv paneli orqali guruhdagi umumiy qiyinchiliklar, zaif o'zlashtirilgan mavzular va individual yordamga muhtoj talabalar holatini real vaqtda kuzatib, dars jarayoniga maqsadli metodik tuzatishlar kiritadi [7; 8].

Modelni amaliyotga joriy etish algoritmi yetti bosqichdan iborat bo'lib, fan kompetensiyalarini aniqlash, o'quv kontentini modullarga ajratish, tayanch talablarni belgilash, diagnostik ko'rsatkichlarni shakllantirish, moslik qoidalarini sozlash, modelni platformada sinovdan o'tkazish hamda metodik samaradorlikni baholash jarayonlarini qamrab oladi. Bu bosqichli mexanizm o'quv jarayonining uzluksizligini, ma'lumotlar xavfsizligini hamda o'qituvchi nazoratining doimiy saqlanishini kafolatlaydi.

XULOSA

Tadqiqot natijasida ishlab chiqilgan sun'iy intellektga asoslangan adaptiv talaba modeli va o'quv kontenti modeli dasturlash fanlarini o'qitishda an'anaviy statik yondashuvdan moslashuvchan, shaxsga yo'naltirilgan ta'limga o'tishning mustahkam ilmiy-metodik asosini yaratadi. Talabaning xatolari faqat jazolash yoki nazorat mezonini emas, balki keyingi didaktik qadamni belgilovchi boshqaruvchi axborot signali sifatida talqin qilinadi.

Taklif etilayotgan ko'p parametrlil moslashtirish mexanizmi talabalarda ortiqcha kognitiv yuklamani kamaytirib, optimal qiyinchilik zonasida samarali bilim olishni ta'minlaydi. O'qituvchi esa faqat bilimlarni baholovchi subyekt emas, balki tahliliy hisobotlar asosida individual metodik maslahat beruvchi mentor darajasiga ko'tariladi. Mazkur metodik model nafaqat dasturlash fanlarida, balki hisoblash tafakkuri va algoritmallashtirishni talab qiluvchi barcha texnik fanlar tizimida muvaffaqiyatli tatbiq etilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Pelánek R., Effenberger T. Design and analysis of educational datasets: A review of recent advances // *Computers & Education*. – 2022. – Vol. 182. – 104467.
2. Corbett A.T., Anderson J.R. Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge // *User Modeling and User-Adapted Interaction*. – 1994. – Vol. 4(4). – P. 253–278.
3. UNESCO. Guidance for generative AI in education and research. – Paris: UNESCO, 2023. – 44 p.
4. Pardayeva G. A., Choriyeu B. S., Sulaymonova D. B. Sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan raqamli ta'limda adaptiv o'qitish metodikasining nazariy modeli va amaliy asoslari // *Inter education & global study*. – 2025. – T. 3. – №. 10 (1). – C. 256-265.

5. Prather J., Becker B.A., Craig M., et al. The robots are here: Navigating the generative AI revolution in computing education // Proceedings of the 2023 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education. – 2023. – P. 108–159.

6. Zawacki-Richter O., Marín V.I., Bond M., Gouverneur F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2019. – Vol. 16(1). – P. 1–27.

MANTIQUIY ELEMENTLAR BAZASIDA HISOBLASH BLOKLARINI OPTIMALLASHTIRISHNING DISKRET MATEMATIK MODELLARI

Bozarov Farxod Samadovich¹, Saidov Elbek Raxmon o'g'li²,

¹ University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

² University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

e-mail: teacherfeedback2@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada mantiqiy elementlar bazasida raqamli hisoblash bloklarini loyihalashda qo'llaniladigan diskret matematik modellar va optimallashtirish usullari tahlil qilingan. Bul funksiyalarini minimallashtirishning klassik usullari – Karno xaritalari va Kvayn–Makklaski algoritmi bilan birga yuqori o'lchamli masalalar uchun mo'ljallangan evristik (Espresso) hamda graf-nazariy (BDD) yondashuvlar ko'rib chiqilgan. Texnologik xaritalash, vaqt bo'yicha optimallashtirish (retiming) hamda elementlar soni, kechikish va quvvat sarfini kamaytirish modellari tahlil qilingan. Natijalar matematik modelni tanlash funksiya murakkabligi hamda loyihalash maqsadlariga (maydon, tezlik, quvvat) bevosita bog'liqligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: diskret matematika; Bul algebrasi; mantiqiy elementlar; minimallashtirish; Karno xaritasi; Kvayn–Makklaski algoritmi; ikkilik qaror diagrammalari (BDD); texnologik xaritalash.

Аннотация. В статье анализируются дискретные математические модели и методы оптимизации, применяемые при проектировании цифровых вычислительных узлов на базе логических элементов. Рассматриваются классические методы минимизации булевых функций – карты Карно и алгоритм Куайна–Мак-Класки, а также эвристические (Espresso) и теоретико-графовые (бинарные диаграммы решений, BDD) подходы для функций высокой размерности. Исследована взаимосвязь методов технологического отображения, ретайминга (retiming), а также оптимизации по площади, задержке и энергопотреблению. Результаты показывают, что выбор математической модели должен строго определяться сложностью функции и ключевыми критериями проектирования.

Ключевые слова: дискретная математика; булева алгебра; логические элементы; минимизация функций; карта Карно; алгоритм Куайна–Мак-Класки; бинарные диаграммы решений (BDD); технологическое отображение.

Abstract. This paper analyzes discrete mathematical models and optimization methods for designing digital computing blocks using fundamental logic gates. Classical Boolean minimization techniques–Karnaugh maps and the Quine–McCluskey algorithm–are evaluated alongside heuristic (Espresso) and graph-theoretic (Binary Decision Diagrams, BDD) approaches tailored for high-

dimensional functions. The interplay between combinational and sequential optimization, including technology mapping, retiming, gate-count reduction, delay, and power minimization, is examined. The results demonstrate that mathematical model selection must directly align with functional complexity and specific design targets across area, delay, and power metrics.

Key words: *discrete mathematics; Boolean algebra; logic gates; logic minimization; Karnaugh map; Quine–McCluskey algorithm; binary decision diagrams (BDD); technology mapping.*

KIRISH

Zamonaviy raqamli hisoblash tizimlarining asosini mantiqiy elementlar bazasida qurilgan kombinationsion va ketma-ket sxemalar tashkil etadi. Integral sxemalar texnologiyasining rivojlanishi bilan bir kristallda joylashtiriladigan tranzistorlar soni millionlab, hatto milliardlab birliklarga yetgani sababli, hisoblash bloklarini loyihalashda qo‘l bilan optimallashtirish imkonsiz bo‘lib qoldi. Shu sababli mantiqiy funksiyalarni matematik jihatdan qat’iy asoslangan, algoritmlashtirilgan usullar yordamida minimallashtirish va optimallashtirish dolzarb ilmiy-amaliy masalaga aylandi.

Diskret matematika, xususan Bul algebrasi, kombinatorika va graflar nazariyasi, raqamli sxemalarni tavsiflash va optimallashtirishning nazariy asosini tashkil etadi. Har qanday kombinationsion mantiqiy funksiya Bul algebrasi amallari (kon’yunksiya, dizyunksiya, inkor) orqali ifodalanishi mumkin, biroq bitta funksiyaning bir nechta ekvivalent ifodalanish shakli mavjud bo‘lib, ular amalga oshirilganda turlicha sonli mantiqiy elementlarni, turlicha kechikish va quvvat sarfini talab qiladi. Shu bois eng kam resurs sarflaydigan ifodani topish – ya’ni funksiyaning minimallashtirish – sxemotexnik loyihalashning markaziy masalalaridan biridir.

Ushbu maqolaning maqsadi – mantiqiy elementlar bazasida hisoblash bloklarini optimallashtirishda qo‘llaniladigan asosiy diskret matematik modellarni (Bul algebrasi asosidagi minimallashtirish, graf-nazariy tasvirlash, kombinatorik qidiruv algoritmlari) tizimli tahlil qilish va ularning amaliy loyihalash jarayonidagi samaradorligini o‘rganishdan iborat.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot diskret matematika va raqamli sxemotexnika sohasidagi fundamental nazariy manbalar, shuningdek zamonaviy sintez algoritmlari bo‘yicha ilmiy-texnik adabiyotlar asosidagi qiyosiy-tahliliy uslubiyotga tayanadi. Tadqiqot quyidagi bosqichlarda olib borildi.

Birinchi bosqichda mantiqiy funksiyalarni matematik ifodalash shakllari tizimlashtirildi:

- mukammal dizyunktiv normal shakl (MDNF) va mukammal kon’yunktiv normal shakl (MKNF);
- Bul kublari (n -o‘lchamli giperkub) asosidagi geometrik talqin;
- ikkilik qaror daraxtlari va diagrammalari (Binary Decision Tree/Diagram) ko‘rinishidagi graf-nazariy tasvirlash.

Ikkinchi bosqichda klassik minimallashtirish usullari – Karno xaritalari (vizual-geometrik usul, odatda 4-6 o‘zgaruvchigacha samarali) va Kvayn-Makklaski algoritmi (implikantlar jadvaliga asoslangan, kattaroq o‘zgaruvchilar sonida ham aniq minimal shaklni topishga qodir kombinatorik usul) qiyosiy tahlil qilindi. Ularning hisoblash murakkabligi (Kvayn-Makklaski algoritmi uchun eksponensial vaqt murakkabligi) va amaliy qo‘llanilish chegaralari aniqlandi.

Uchinchi bosqichda katta o‘lchamli mantiqiy funksiyalar uchun mo‘ljallangan zamonaviy modellar – Espresso evristik minimallashtirish algoritmi (kub qamrovi asosida taxminiy optimal yechim topuvchi), ikkilik qaror diagrammalari (BDD, xususan tartiblangan BDD – OBDD) hamda texnologik xaritalash (technology mapping) masalasining graf izomorfizmi va dinamik dasturlash

asosidagi yechimlari o'rganildi. To'rtinchi bosqichda ketma-ket sxemalarni vaqt bo'yicha optimallashtiruvchi retiming modeli – signal grafidagi registrlarni qayta taqsimlash orqali eng uzun kombinatsion yo'lni qisqartirish masalasi tahlil qilindi.

Tadqiqotda eksperimental sxema sintezi emas, balki mavjud algoritmik modellarning matematik asoslari, hisoblash murakkabligi va amaliy natijalari bo'yicha adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarni qiyosiy tahlil qilish (metaanaliz) uslubi qo'llanildi.

NATIJALAR

Tahlil natijasida Karno xaritasi usuli kichik o'lchamli (4-6 o'zgaruvchigacha) mantiqiy funksiyalarni qo'lda yoki oddiy dasturiy vositalar yordamida tez va vizual ravishda minimallashtirish imkonini berishi, biroq o'zgaruvchilar soni oshgani sari xatolik ehtimoli va vizual murakkablik keskin ortishi aniqlandi. Bu usul asosan o'quv maqsadlarida va kichik kombinatsion bloklarni (masalan, kodlagich, dekodlagich sxemalarini) loyihalashda samarali.

Kvayn-Makklaski algoritmi implikantlar jadvalini tizimli tuzish orqali istalgan sondagi o'zgaruvchi uchun aniq minimal Bul ifodani topishga kafolat beradi, biroq uning vaqt murakkabligi o'zgaruvchilar soniga nisbatan eksponensial o'sadi (murakkablik tartibi taxminan $O(3^n/n)$ implikantlar soni bilan bog'liq), shu sababli 15-20 dan ortiq o'zgaruvchili funksiyalar uchun amaliy jihatdan qo'llash mushkul bo'lib qoladi. Bu holat katta o'lchamli funksiyalar uchun aniq usullardan evristik usullarga o'tishning matematik asosini tashkil etadi.

Espresso algoritmi kub qamrovi (cube covering) masalasini to'liq emas, balki evristik qidiruv orqali yechish natijasida hisoblash vaqtini sezilarli darajada (o'nlab-yuzlab marta) qisqartiradi, natijada topilgan yechim mutlaq minimal bo'lmasa-da, sanoat masshtabidagi (o'nlab-yuzlab kirish o'zgaruvchili) mantiqiy sxemalarni maqbul vaqt ichida optimallashtirish imkonini beradi. Ikkilik qaror diagrammalari (BDD), ayniqsa o'zgaruvchilarni belgilangan tartibda joylashtirilgan (OBDD) shakli, mantiqiy funksiyani ixcham va yagona (canonical) graf ko'rinishida ifodalash orqali ekvivalentlikni tekshirish va formal verifikatsiya masalalarida ustunlik ko'rsatadi, biroq graf hajmi o'zgaruvchilar tartibiga juda sezgir bo'lib, noto'g'ri tartiblashda eksponensial o'sish kuzatiladi.

Tahlil qilingan modellarning matematik asoslari va qo'llanilish chegaralari quyidagi jadvalda umumlashtirilgan:

1-jadval

Minimallashtirish usuli	Matematik asos	Qo'llanilish chegarasi
Karno xaritasi	Bul kublari, qo'shni terimlarni birlashtirish	4-6 o'zgaruvchigacha (vizual usul)
Kvayn-Makklaski algoritmi	Implikantlar jadvali, kombinatorika	10-15 o'zgaruvchigacha, aniq yechim
Espresso (evristik)	Kub qamrovi, evristik qidiruv	O'nlab o'zgaruvchi, taxminiy optimal
Ikkilik qaror diagrammalari (BDD)	Yo'naltirilgan atsiklik graf nazariyasi	Katta o'lchamli funksiyalarni ixcham ifodalash
Texnologik xaritalash	Graf izomorfizmi, dinamik dasturlash	Element bazasiga moslashtirish
Retiming	Grafdagi og'irliklarni qayta taqsimlash	Ketma-ket sxemalar chastotasini oshirish

1-jadval ma'lumotlaridan ko'rinadiki, minimallashtirish usulini tanlash funksiya o'lchami va loyihalash bosqichiga bog'liq: kichik sxemalar uchun aniq usullar (Karno, Kvayn-Makklaski), katta

sxemalar uchun evristik va graf-asoslangan modellar (Espresso, BDD) afzal hisoblanadi. Texnologik xaritalash bosqichida esa abstrakt Bul tarmog'ini tanlangan elementlar bazasidagi (masalan, NAND2, NOR2, XOR asosidagi) konkret kutubxona elementlariga moslashtirish masalasi graf izomorfizmi va dinamik dasturlash usullari orqali yechiladi, bu esa elementlar sonini va umumiy sxema maydonini kamaytirishga xizmat qiladi.

Retiming modeli qo'llanilganda, signal oqimi grafidagi registrlarni qayta joylashtirish orqali eng uzun kombinatsion yo'l (critical path) uzunligini kamaytirish mumkinligi, natijada sxemaning maksimal ishlash chastotasini 20-40% oralig'ida oshirish imkoniyati aniqlangan, bunda sxemaning mantiqiy funksiyasi (kiritish-chiqarishdagi ekvivalentlik) o'zgarishsiz saqlanadi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, diskret matematik modellarni tanlashda yagona universal yechim mavjud emas – har bir usul ma'lum bir murakkablik sinfi va loyihalash maqsadi uchun optimal hisoblanadi. Aniq (exact) usullar, ya'ni Kvayn-Makklaski algoritmi, nazariy jihatdan eng kam sonli mantiqiy elementdan iborat yechimni kafolatlaydi, biroq hisoblash murakkabligining eksponensial xarakteri amaliy loyihalashda uni faqat kichik yoki o'rta o'lchamli quyi bloklar (submodule) uchun qo'llash imkonini beradi.

Graf-nazariy modellar, xususan BDD, mantiqiy funksiyalarni formal jihatdan tekshirish (equivalence checking, model checking) sohasida alohida ahamiyat kasb etadi, chunki ular funksiyaning yagona kanonik shaklini beradi va shu orqali ikki turli sxemaning mantiqiy ekvivalentligini samarali tekshirish imkonini yaratadi. Biroq bu model ham cheklovlardan holi emas – o'zgaruvchilar tartibini tanlash masalasi o'zi murakkab optimallashtirish muammosi bo'lib, noto'g'ri tartiblash natijasida diagramma hajmi boshqariladigan darajadan chiqib ketishi mumkin.

Amaliy sanoat masshtabidagi elektron loyihalash avtomatlashtirish (EDA) tizimlarida yuqorida ko'rib chiqilgan modellar alohida emas, balki ketma-ket bosqichlar zanjiri sifatida qo'llaniladi: dastlab mantiqiy sintez bosqichida texnologiyadan mustaqil optimallashtirish (evristik minimallashtirish, BDD-asoslangan qayta tuzilish) amalga oshiriladi, so'ngra texnologik xaritalash orqali funksiya tanlangan mantiqiy elementlar kutubxonasiga moslashtiriladi, nihoyat retiming va boshqa vaqt-asoslangan optimallashtirish usullari orqali yakuniy sxema tezlik, maydon va quvvat sarfi bo'yicha muvozanatlashtiriladi. Bu ko'p bosqichli yondashuv turli diskret matematik modellarning kuchli tomonlarini birlashtirish orqali yagona modelga qaraganda ancha yuqori sifatli natijalarga erishish imkonini beradi.

Shuningdek, quvvat sarfini kamaytirishga qaratilgan zamonaviy talablar tufayli optimallashtirish modellariga qo'shimcha o'lchov – dinamik va statik quvvat sarfi – kiritilmoqda, bu esa an'anaviy "minimal element soni" mezoniga asoslangan klassik modellarni ko'p mezonli (multi-objective) optimallashtirish masalalariga aylantirmoqda, bunda elementlar soni, kechikish va quvvat sarfi o'rtasidagi murosani matematik jihatdan asoslash talab etiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tahlil natijasida mantiqiy elementlar bazasida hisoblash bloklarini optimallashtirish diskret matematikaning bir nechta yo'nalishi – Bul algebrasi, kombinatorika va graflar nazariyasi – o'zaro uyg'unlashgan holda qo'llanilishini talab qiladigan murakkab, ko'p bosqichli jarayon ekanligi aniqlandi. Kichik o'lchamli funksiyalar uchun aniq usullar (Karno xaritasi, Kvayn-Makklaski algoritmi) mutlaq minimal yechimni kafolatlasa, sanoat masshtabidagi murakkab sxemalar uchun

evristik (Espresso) va graf-asoslangan (BDD) modellar amaliy jihatdan yagona qo'llanish mumkin bo'lgan yondashuv hisoblanadi.

Kelgusi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo'nalishlar sifatida sun'iy intellekt va mashinali o'rganish usullarini mantiqiy sintez jarayoniga integratsiyalash, ko'p mezonli (elementlar soni, kechikish, quvvat sarfi) optimallashtirish uchun yangi matematik modellarni ishlab chiqish, hamda kvant hisoblash elementlari bazasida mantiqiy sxemalarni optimallashtirishga mo'ljallangan diskret matematik apparatni rivojlantirish ko'rsatilishi mumkin. Bunday yondashuvlar kelgusi avlod raqamli hisoblash bloklarining samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. McCluskey E. J. Minimization of Boolean Functions // Bell System Technical Journal. – 1956. – Vol. 35, No. 6. – P. 1417-1444.
2. Quine W. V. The Problem of Simplifying Truth Functions // The American Mathematical Monthly. – 1952. – Vol. 59, No. 8. – P. 521-531.
3. Bryant R. E. Graph-Based Algorithms for Boolean Function Manipulation // IEEE Transactions on Computers. – 1986. – Vol. C-35, No. 8. – P. 677-691.
4. Brayton R. K. va boshq. Logic Minimization Algorithms for VLSI Synthesis. – Kluwer Academic Publishers, 1984.
5. Leiserson C. E., Saxe J. B. Retiming Synchronous Circuitry // Algorithmica. – 1991. – Vol. 6, No. 1-6. – P. 5-35.
6. De Micheli G. Synthesis and Optimization of Digital Circuits. – McGraw-Hill, 1994.
7. Yablonskiy S. V. Vvedenie v diskretnuyu matematiku. – Moskva: Vysshaya shkola, 2003.

BIOINFORMATIKA TA'LIMIDA BIOLOGIK SIGNALLARNI RAQAMLASHTIRISH VA SUN'IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN DIDAKTIK MODELNI ISHLAB CHIQISH

Pardayeva Gulmira Abdunazarovna

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada bioinformatika fanini o'qitishda biologik signallarni (EKG, EEG, EMG, PPG) raqamlashtirish va sun'iy intellekt (SI) texnologiyalaridan foydalanishga yo'naltirilgan yaxlit didaktik model ishlab chiqilgan. Modelda biologik signal oddiy o'quv materialini emas, balki biologik hodisa, raqamli ma'lumot, algoritmik jarayon, SI modeli va pedagogik talqin birligini ta'minlovchi markaziy didaktik birlik sifatida qaraladi. Didaktik modelning sakkizta tarkibiy bloki (maqsadli, mazmuniy, jarayonli, texnologik, analitik, interpretatsion, baholash-refleksiv va natijaviy) hamda yetti bosqichli amalga oshirish zanjiri asoslab berildi. Shuningdek, talabalarda hisoblash tafakkuri, ma'lumotlar sifati tahlili, mashinali o'qitish savodxonligi, tushuntiriluvchi SI (XAI) va axloqiy mas'uliyat kompetensiyalarini shakllantirishning ko'p darajali mexanizmi tizimlashtirildi.

Kalit so'zlar: bioinformatika ta'limi, biologik signallar, didaktik model, raqamlashtirish, sun'iy intellekt, algoritmik fikrlash, tushuntiriluvchi SI, kompetensiyaviy yondashuv.

Аннотация. В данной статье разработана комплексная дидактическая модель обучения биоинформатике на основе оцифровки биологических сигналов (ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, ФПГ) и технологий искусственного интеллекта (ИИ). В модели биологический сигнал рассматривается не просто как учебный материал, а как центральная дидактическая единица, объединяющая биологическое явление, цифровые данные, алгоритмический процесс, модель ИИ и педагогическую интерпретацию. Обоснованы восемь структурных блоков дидактической модели (целевой, содержательный, процессуальный, технологический, аналитический, интерпретационный, оценочно-рефлексивный и результативный) и семиэтапный цикл её реализации. Систематизирован многоуровневый механизм формирования вычислительного мышления, грамотности в области машинного обучения, объяснимого ИИ (XAI) и исследовательской этики.

Ключевые слова: биоинформатическое образование, биологические сигналы, дидактическая модель, оцифровка, искусственный интеллект, алгоритмическое мышление, объяснимый ИИ, компетентностный подход.

Abstract. This paper establishes a comprehensive didactic model for bioinformatics education grounded in the digitization of biological signals (ECG, EEG, EMG, PPG) and artificial intelligence (AI) technologies. In the proposed model, the biological signal is conceptualized not merely as laboratory data, but as a central didactic unit synthesizing biological phenomena, digital time series, algorithmic pipelines, AI architectures, and reflective interpretation. The structural framework comprising eight fundamental blocks (goal, content, process, technological, analytical, interpretative, assessment-reflective, and outcome) and a seven-stage implementation cycle is systematically justified. Furthermore, a multidimensional mechanism for fostering computational thinking, data quality assessment, machine learning literacy, explainable AI (XAI), and ethical awareness is substantiated.

Keywords: bioinformatics education, biological signals, didactic model, digitization, artificial intelligence, algorithmic thinking, explainable AI, competency-based approach.

KIRISH

Zamonaviy bioinformatika va hisoblash biologiyasi shiddatli transformatsiya jarayonini boshdan kechirmoqda. An'anaviy bioinformatika ta'limi ko'p yillar davomida asosan genomik ketma-ketliklar (DNK, RNK, oqsillar) va filogenetik tahlilga urg'u berib kelgan bo'lsa, bugungi kunda fiziologik jarayonlardan kelib chiquvchi elektrokardiogramma (EKG), elektroensefalogramma (EEG), elektromiogramma (EMG), fotopletizmogramma (PPG) va biometrik harakat signallarini raqamli tahlil qilish biotibbiyot muhandisligining ajralmas qismiga aylandi. Shu bois bioinformatika ta'limida biologik signalni raqamli o'quv obyekti, sun'iy intellektni esa didaktik tahlil vositasi sifatida birlashtiruvchi yaxlit metodik tizimni ishlab chiqish zarurati paydo bo'lmoqda.

Xalqaro Hisoblash Biologiyasi Jamiyatining (ISCB) v.3 kompetensiya ramkasida bioinformatika dasturlarini hisoblash tafakkuri, ma'lumotlar muhandisligi, statistik tahlil va real amaliy topshiriqlar bilan uzviy integratsiyalash lozimligi ta'kidlangan. Shuningdek, bioinformatika ta'limida sun'iy intellekt vositalaridan foydalanish bo'yicha so'nggi tadqiqotlar talabalarda faqat tayyor kodni ishga tushirish emas, balki SI natijalarini tanqidiy tekshirish, algoritmik xatoliklarni anglash hamda tushuntiriluvchi SI (XAI) vositalaridan foydalanish ko'nikmalarini shakllantirish zarurligini ko'rsatadi. Ushbu maqsadlarni tizimli amalga oshirish bioinformatika fanida biosignallar va SIga asoslangan didaktik modelni ishlab chiqishni taqozo etadi.

DIDAKTIK MODELNING TARKIBIY BLOKLARI VA MAZMUNI

Tadqiqotda ishlab chiqilgan didaktik model ta'lim maqsadi, fan mazmuni, o'qitish jarayoni, texnologik vositalar, tahliliy operatsiyalar, talqin qilish, baholash va kutiladigan o'quv natijalarini o'zaro uyg'unlashtiruvchi sakkizta asosiy blokdan tashkil topgan (1-jadval).

1-jadval. Didaktik modelning tarkibiy bloklari va ularning vazifalari

Model bloki	Mazmuni	Didaktik vazifasi
Maqsadli blok	Bioinformatika fanida biologik signallarni raqamlashtirish va SI yordamida tahlil qilish kompetensiyalarini shakllantirish.	O'qitishning strategik yo'nalishi va metodik mezonlarini belgilaydi.
Mazmunliy blok	EKG, EEG, EMG, PPG signallari, diskretlash, filtrlash, belgilarni ajratish, mashinali o'qitish asoslari.	Fan mazmunini real biologik vaqt qatorlari va amaliy hisoblashlar bilan boyitadi.
Jarayonli blok	Muammoli vaziyat, signal olish, raqamlashtirish, algoritmlashtirish, SI modeli, vizual talqin, refleksiya.	Talabanning o'quv-tadqiqot faoliyatini bosqichma-bosqich boshqaradi.
Texnologik blok	Sensorlar, PhysioNet ochiq bazasi, Python, Jupyter/Colab, NumPy, SciPy, scikit-learn, NeuroKit2.	Laboratoriya va loyiha faoliyatining dasturiy-infratuzilmaviy asosini yaratadi.
Analitik blok	Shovqinni tozalash, segmentatsiya, normalizatsiya, vaqt va chastota belgilarini ajratish, metrikalar hisobi.	Biologik signalni algoritmik tahlil obyektiga aylantiradi.
Interpretatsion blok	Grafik, spektr, confusion matrix, ROC-AUC, SHAP/LIME izohlari, biologik mazmun va xulosalar.	Model natijasini ilmiy, mantiqiy va biologik asoslangan talqinga olib keladi.
Baholash-refleksiv blok	Baholash rubrikasi, laboratoriya protokoli, kod portfeli, loyiha himoyasi, o'z-o'zini baholash.	O'zlashtirish darajasi, xato turi va individual rivojlanish yo'lini aniqlaydi.
Natijaviy blok	Bioinformatik, hisoblash tafakkuri, vizual-analitik, SI savodxonligi, etik va tadqiqotchilik kompetensiyalari.	Talabanning zamonaviy ilmiy va kasbiy tayyorgarlik darajasini ta'minlaydi.

Didaktik modelning muhim xususiyati shundaki, unda biologik signal bilan ishlash alohida texnik mashq emas, balki pedagogik jihatdan boshqariladigan yaxlit o'quv faoliyati sifatida talqin qilinadi. Har bir texnologik amal didaktik vazifa bilan uzviy bog'lanadi: signalni tanlash – biologik hodisani kuzatish; raqamlashtirish – biologik jarayonni vaqt qatoriga aylantirish; filtrlash – ma'lumot sifatini baholash; belgi ajratish (feature extraction) – muhim xususiyatlarni aniqlash; model qurish – gipotezani tekshirish; vizual tahlil – ilmiy xulosani asoslash; refleksiya – o'z faoliyatini tanqidiy baholash hisoblanadi.

DIDAKTIK MODELNI AMALGA OSHIRISH BOSQICHLARI VA O'QUV SIKLI

O'quv jarayonida talabalarning kognitiv yuklamasini muvozanatlash va tadqiqotchilik ko'nikmalarini izchil shakllantirish maqsadida didaktik model yetti bosqichli amaliy o'quv sikli asosida tashkil etiladi (2-jadval).

2-jadval. Didaktik modelni amalga oshirish bosqichlari va subyektlar faoliyati

Bosqich	Talaba faoliyati	O'qituvchi faoliyati	Kutiladigan didaktik natija
---------	------------------	----------------------	-----------------------------

1. Muammoli vaziyat	Biologik muammoni tushunadi, tadqiqot gipotezasini ilgari suradi.	Klinik-biologik vaziyatni taqdim etadi, savollarni yo'naltiradi.	Biologik muammo va o'quv maqsadi aniq anglanadi.
2. Signal manbaini tanlash	Datchik yoki ochiq ilmiy datasetlardan (PhysioNet) mos signalni tanlaydi.	Ma'lumot ishonchliligi, litsenziya va etik mezonlarni tushuntiradi.	Signal turi, manbai va cheklovlari belgilab olinadi.
3. Raqamlashtirish	Diskretlash chastotasi, amplituda, vaqt qatori va formatlarni tahlil qiladi.	Analog-raqamli o'zgartirish tamoyillarini namoyish etadi.	Biologik jarayon raqamli ma'lumotga aylantiriladi.
4. Algoritmik ishlov	Raqamli filtrlash, segmentatsiya va xususiyatlarni ajratishni bajaradi.	Algoritm qadamlari va koddagi xatoliklarni tahlil qiladi.	Signal algoritmik tahlil obyektiga aylanadi.
5. SI modeli	Tasniflash yoki regressiya modelini tanlaydi, o'qitadi va baholaydi.	Validatsiya, sinflar nomutanosibligi va o'qitish sifatini nazorat qiladi.	Mashinali o'qitish modeli natijalari olinadi.
6. Vizual-XAI talqin	Grafik, spektr, confusion matrix va SHAP izohlarini tushuntiradi.	Model qarorlarini biologik fiziologiya bilan bog'lashga yo'naltiradi.	Natija ma'noli ilmiy izoh va dalilga aylanadi.
7. Refleksiya	O'z yechimlari, algoritmik xatolari va cheklovlarni tanqidiy baholaydi.	Individual tavsiya beradi, qayta o'rganish yoki loyihani chuqurlashtiradi.	Teskari aloqa va shaxsiy o'quv trayektoriyasi mustahkamlanadi.

BIOLOGIK SIGNAL TURLARI VA TOPSHIRIQLARNING IERARXIK DARAJALARI

Didaktik modelda o'rganiladigan biologik signallarning xususiyatiga qarab o'quv topshiriqlari differensiallashtiriladi. EKG signallari yurak ritmi va aritmiyalarni tahlil qilish orqali vaqt sohasi belgilarini o'rgatishga xizmat qilsa, EEG signallari miya po'stlog'i ritmlari va spektral chastota tahlilini tushuntiradi. EMG signallari orqali mushak faolligi, biomexanika va amplitudaviy o'zgarishlar o'rganilsa, PPG signallari puls to'liqini va periferik qon aylanishi monitoringini qamrab oladi. Har bir signal turi biologik mohiyat, raqamli ishlov berish algoritmi hamda mashinali o'qitish vazifasining o'zaro sinergiyasini ta'minlaydi.

O'quv topshiriqlari talabaning bilish mustaqilligini bosqichma-bosqich oshiruvchi to'rt darajada loyihalanadi: 1) reproduktiv-amaliy darajada talaba tayyor signalni ochadi, grafikka chiqaradi va bazaviy parametrlarni aniqlaydi; 2) tahliliy-algoritmik darajada filtrlash, segmentatsiya va xususiyatlarni ajratish kodlarini mustaqil yozadi hamda xatoliklarni tahlil qiladi; 3) model qurish darajasida mashinali o'qitish algoritmlarini (KNN, SVM, Random Forest) o'qitadi, sinovdan o'tkazadi va metrikalarni solishtiradi; 4) tadqiqot-loyiha darajasida esa real klinik muammo bo'yicha mustaqil loyiha ishlab chiqadi, tushuntiriluvchi SI vositalari yordamida natijalarni asoslaydi va loyihani himoya qiladi.

TUSHUNTIRILUVCHI SUN'IIY INTELLEKT (XAI) VA TESKARI ALOQA MEXANIZMI

Didaktik modelning muhim yangiligi – ta'lim jarayoniga tushuntiriluvchi sun'iy intellekt (XAI) vositalarining integratsiya qilinganligidir. An'anaviy mashinali o'qitishda model qora quti (black-box) sifatida ishlaydi, bu esa talabada algoritmlar qabul qilgan qarorga ko'r-ko'rona ishonish xavfini tug'diradi. SHAP va LIME kabi tushuntirish modullari talabalarga model aynan qaysi belgilarga tayanib tashxis qo'yganini ko'rish imkonini beradi. Masalan, EKG tahlilida aritmiya aniqlangan bo'lsa, talaba model qaroriga R-R intervalining o'zgarishi yoki ST segmentining siljishi qanday hissa qo'shganini vizual tarzda ko'radi va uni kardiologik bilimlar bilan bog'laydi.

Modeldagi teskari aloqa mexanizmi talaba faoliyatini uzluksiz monitoring qilib, qiyinchilik yuzaga kelgan bosqichni aniqlaydi. Agar talaba signalni tozalashda xatoga yo'l qo'ysa, unga raqamli filtrlar bo'yicha qo'shimcha laboratoriya topshirig'i beriladi; agar model natijalarini talqin qilishda qiynalsa, unga chalkashlik matritsasi (confusion matrix) va xatoliklar tahlili bo'yicha vizual ko'rsatmalar taqdim etiladi. Bu esa o'quv jarayonini adaptiv boshqarish va har bir talaba uchun individual rivojlanish trayektoriyasini shakllantirish imkonini beradi.

Ochiq ma'lumotlar bazalari (PhysioNet, MIT-BIH) bilan ishlashda talabalarda axborot xavfsizligi va bioetika madaniyatini shakllantirish maqsadida har bir o'quv loyihasi uchun maxsus «ma'lumotlar pasporti» tuzish amaliyoti joriy etiladi. Ma'lumotlar pasportida signalning biologik manbai, namuna olish chastotasi, o'lchov birliklari, bemor shaxsiy ma'lumotlarining anonimlashtirilganligi hamda olingan algoritmik xulosalarning klinik cheklovlari qat'iy qayd etiladi. Bu esa bo'lajak bioinformatik mutaxassislarda tibbiy-biologik ma'lumotlarga nisbatan mas'uliyatli va professional yondashuvni qaror toptirishga xizmat qiladi.

XULOSA

Tadqiqotda ishlab chiqilgan biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellektga asoslangan didaktik model bioinformatika ta'limini an'anaviy deskriptiv o'qitishdan ma'lumotlarga asoslangan, faol ilmiy-amaliy tadqiqot faoliyatiga aylantirishning samarali pedagogik mexanizmidir. Model biologik hodisani tushunishdan raqamli tahlilga, undan mashinali o'qitish modeli va tushuntiriluvchi ilmiy xulosaga o'tuvchi uzluksiz didaktik zanjirni ta'minlaydi.

Mazkur didaktik model oliy ta'lim muassasalarida bioinformatika, biotibbiyot muhandisligi va amaliy sun'iy intellekt yo'nalishlarida tahsil olayotgan talabalarning hisoblash tafakkuri, algoritmik tahlil, tadqiqotchilik va axloqiy mas'uliyat kompetensiyalarini tizimli rivojlantirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Brooksbank C., Mulder N., Welch L., et al. The ISCB competency framework v.3: a revised and extended standard for bioinformatics education and training // *Bioinformatics Advances*. – 2024. – Vol. 4(1). – Article vbae166.
2. Piccolo S.R., Lee J., Barone L., et al. Opportunities and considerations for using artificial intelligence in bioinformatics education // *Bioinformatics Advances*. – 2025. – Vol. 5(1). – Article vbaf169.
3. Abdunazarovna P. G. Bioinformatik tizimlarda biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellekt asosida tahlil qilishning matematik hamda dasturiy ta'minotini ishlab chiqish // *Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt*. – 2026. – T. 4. – №. 2. – C. 102-107.

4. Abdunazarovna P. G. Sun'iy Intellekt Asosida Biologik Signallarni Qayta Ishlash Tizimlarining Matematik Modeli Va Dasturiy Arxitekturasini Ishlab Chiqish //Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt. – 2026. – T. 4. – №. 4. – C. 173-177.

5. Zohirov, K., Boykobilov, S., Pardayeva, G.,... & Nasimov, R. (2026). An Intelligent Wearable EMG Sensing Framework for Athlete Neuromuscular Monitoring and Performance Progression Assessment. Biosensors, 16(9), 457.

6. Zohirov K. et al. EMG-Based Recognition of Lower Limb Movements in Athletes: A Comparative Study of Classification Techniques //Signals. – 2025. – T. 6. – №. 3. – C. 45.

SHAHAR YER OSTI AVTOTURARGOYLARIDA KO'P OQIMLI YORITILISH ADAPTERI ASOSIDA OBYEKTЛАRNI ISHONCHLI ANIQLASH (ILLDET)

Norboyev Bexzod Uktam o'g'li

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada shahar yer osti avtoturargohlaridagi murakkab va o'zgaruvchan yoritilish sharoitlarida obyektlarni yuqori aniqlikda aniqlashga mo'ljallangan yangi ILLDet (Illumination-Adaptive Detector) neyron tarmoq modeli ishlab chiqilgan. Yer osti avtoturargohlarida past yorug'lik, keskin yorug'lik-soya o'tishlari, avtomobil faralaridan tushadigan chaqnashlar hamda pol yuzasidagi aks etishlar an'anaviy kompyuter ko'rish modellarining (YOLO, DETR) ishlash samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi. Taklif etilayotgan ILLDet arxitekturasida ko'p oqimli yoritilish adapteri (Multithreaded Illumination Adapter – MIA) joriy etilgan bo'lib, u vizual belgilarni parallel oqimlarda past chastotali (yorug'lik tarqalishi) va yuqori chastotali (kontur va tekstura) tarkibiy qismlarga ajratgan holda adaptiv qayta tiklaydi. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, ILLDet modeli tayanch detektorlarga nisbatan $mAP@0.5$ ko'rsatkichini 7.8% ga oshirib, real vaqt rejimida (68 FPS) barqaror ishlashni ta'minlaydi. Mazkur yechim avtonom avtoturargoh boshqaruvi (AVP) va aqlli shahar xavfsizlik tizimlari uchun muhim amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: kompyuter ko'rishi, obyektlarni aniqlash, ILLDet, yer osti avtoturargohi, ko'p oqimli yoritilish adapteri, past yorug'lik, chuqur o'rganish, adaptiv kalibrlash.

Аннотация. В данной статье разработана новая модель нейронной сети ILLDet (Illumination-Adaptive Detector), предназначенная для надежного обнаружения объектов в условиях сложной и нестабильной освещенности городских подземных парковок. Низкая освещенность, резкие перепады света и тени, блики от фар и отражения от полированного пола существенно снижают точность стандартных детекторов (YOLO, DETR). В предложенной архитектуре ILLDet реализован многопоточный адаптер освещенности (MIA), который параллельно разделяет визуальные признаки на низкочастотные (карта освещенности) и высокочастотные (контуры и текстуры) компоненты с последующей адаптивной калибровкой. Экспериментальные результаты показали, что ILLDet повышает метрику $mAP@0.5$ на 7.8% по сравнению с базовыми детекторами при поддержании скорости обработки 68 кадров в секунду (FPS). Разработанный метод имеет высокую практическую ценность для систем автономной парковки (AVP) и интеллектуального видеонаблюдения.

Ключевые слова: компьютерное зрение, обнаружение объектов, ILLDet, подземный паркинг, многопоточный адаптер освещенности, низкая освещенность, глубокое обучение, адаптивная калибровка.

Abstract. This paper proposes ILLDet (Illumination-Adaptive Detector), a novel deep learning architecture designed for robust object detection in complex and challenging lighting environments of urban underground parking facilities. Degraded visual conditions such as extreme low-light, abrupt illumination transitions, blinding glare from vehicle headlights, and floor reflections severely compromise the performance of standard object detectors (YOLO, DETR). The proposed ILLDet model introduces a Multithreaded Illumination Adapter (MLA) that concurrently decomposes feature representations into low-frequency (ambient illumination maps) and high-frequency (edge and structural texture) components via parallel processing pathways. Experimental evaluations demonstrate that ILLDet achieves a 7.8% improvement in mAP@0.5 over baseline detectors while sustaining real-time processing throughput at 68 FPS. The proposed solution provides a practical and dependable foundation for automated valet parking (AVP) and intelligent municipal surveillance systems.

Keywords: computer vision, object detection, ILLDet, underground parking, multithreaded illumination adapter, low-light enhancement, deep learning, adaptive calibration.

KIRISH

Zamonaviy intellektual transport tizimlari (ITS), aqlli shahar infratuzilmasi va avtonom transport vositalarida avtomatlashtirilgan avtoturargoh boshqaruvi (Automated Valet Parking – AVP) eng muhim texnologik yoʻnalishlardan biriga aylanmoqda. Shahar yer osti avtoturargohlari ochiq koʻchalardan farqli ravishda oʻziga xos murakkab optik-muhandislik sharoitlariga ega: sunʼiy chiroqlarning notekis taqsimlanishi, oʻta qorongʻi hududlar (underexposure), avtomobil faralaridan kelib chiquvchi toʻgʻridan-toʻgʻri chaqnashlar (glare), shuningdek, pol va ustunlardan qaytuvchi optik akslanishlar tasvirlarning sifatini tubdan buzadi.

Mavjud universal obyektlarni aniqlash algoritmlari (masalan, YOLOv7, YOLOv8x, Faster R-CNN, RT-DETR) asosan tabiiy kunduzgi yoki bir tekis yoritilgan muhitlar uchun oʻqitilgan boʻlib, yer osti sharoitidagi shovqinli va kam yoritilgan tasvirlarda obyektlarni (piyodalar, avtomobillar, toʻsiqlar, ustunlar) oʻtkazib yuborish (false negative) yoki notoʻgʻri aniqlash (false positive) darajasi keskin ortadi. Tasvirlarni oldindan anʼanaviy usullar (Retinex, HE) yoki maxsus kuchaytiruvchi neyron tarmoqlar (Zero-DCE, EnlightenGAN) yordamida tozalash esa qoʻshimcha hisoblash kechikishini keltirib chiqaradi va real vaqt rejimiga (real-time) toʻsqinlik qiladi. Mazkur muammoni samarali hal etish uchun tasvir belgilarini deteksiya jarayonining oʻzidayoq yorugʻlik oʻzgarishlariga moslashtiruvchi koʻp oqimli yoritilish adapteriga ega boʻlgan yangi ILLDet modelini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

ILLDET MODEL ARHITEKTURASI VA KOʻP OQIMLI YORITILISH ADAPTERINING ISHLASH TAMOYILI

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan ILLDet (Illumination-Adaptive Detector) neyron tarmoq modeli yer osti avtoturargohlaridagi murakkab, noanʼanaviy va dinamik oʻzgaruvchan optik muhitda obyektlarni yuqori aniqlikda aniqlashga moʻljallangan boʻlib, oʻzaro uzviy bogʻlangan uchta asosiy funksional blokdan tashkil topgan:

1) Tayanch konvolyusion tarmoq (Backbone): Kiruvchi tasvirdan koʻp bosqichli fazoviy va semantik belgilarni ajratib oluvchi chuqur neyron arxitektura;

2) Ko‘p oqimli yoritilish adapteri (Multithreaded Illumination Adapter – MIA): Yorug‘likning notekis taqsimlanishi, o‘ta past yoritilgan zonalar va optik chaqnashlarni neyron tarmog‘ining oraliq qatlamlarida dinamik kalibrlovchi moslashuvchan mexanizm;

3) Ko‘p masshtabli deteksiya bo‘yni va prediksiya boshi (Detection Neck & Head): Turli o‘lchamdagi obyektlarni (avtomobillar, piyodalar, ustunlar va to‘siqlar) lokalizatsiya qilish hamda ularning toifasini aniqlash vazifasini bajaruvchi piramidal struktura.

Modelning markaziy intellektual yadrosini ko‘p oqimli yoritilish adapteri (MIA) tashkil etadi. An‘anaviy obyektlarni aniqlash tizimlari qorong‘ilik yoki haddan tashqari yorug‘lik sharoitida olingan tasvirlarni bir tekisda qayta ishlashga urinishi oqibatida, tasvirdagi foydali ma‘lumotlar bilan birga optik shovqinlarni ham kuchaytirib yuboradi. Ushbu cheklovni bartaraf etish maqsadida MIA modulida vizual belgilarni chastotaviy dekompozitsiyalash va parallel qayta ishlash strategiyasi qo‘llanilgan.

Mazkur yondashuvga ko‘ra, tayanch tarmoqdan uzatilgan dastlabki belgilar xaritasi parallel oqimlarda ikki xil spektral komponentga – past chastotali va yuqori chastotali tarkibiy qismlarga ajratiladi:

- Past chastotali oqim: Fazoviy silliqlash va o‘rtachalash operatsiyalari orqali shakllantirilib, tasvirdagi global va lokal yorug‘lik intensivligi, umumiy fon xususiyatlari hamda soyaning energetik tarqalish profilini o‘zida mujassamlashtiradi. Ushbu oqim yordamida kadr bo‘yicha dinamik yoritilish xaritasi baholanadi. Tizim qorong‘i va yetarlicha yoritilmagan hududlarni avtonom tarzda aniqlab, noxattiylashtirilgan adaptiv masshtablash mexanizmi orqali mazkur zonlardagi belgilarni o‘z-o‘zidan selektiv ravishda kuchaytiradi;

- Yuqori chastotali oqim: Birlamchi belgilardan past chastotali fonni differensial ayirish orqali ajratib olinadi va u obyektlarning geometrik chegaralari, konturlari, burchaklari hamda nozik sirt teksturalarini saqlab qoladi. Yer osti avtoturargohlarida avtomobil faralaridan tushadigan to‘g‘ridan-to‘g‘ri nur chaqnashlari va silliq pol yuzasidan qaytuvchi akslanishlar aynan yuqori chastotali sohada soxta konturlarni (artefaktlarni) yuzaga keltiradi. Bunga barham berish uchun yuqori chastotali oqimda fazoviy e‘tibor (spatial attention) mexanizmi joriy etilgan bo‘lib, u chaqnash manbalari hosil qilgan optik to‘siqlarni bostiradi va faqat haqiqiy obyektlarga tegishli konstruktiv belgilarni filtrlab o‘tkazadi.

Har ikki parallel oqimda amalga oshirilgan adaptiv kalibrlash jarayonidan so‘ng, qayta tiklangan va tozalangan belgilar xaritalari o‘zaro sinergik tarzda birlashtiriladi (feature fusion). Birlashtirilgan yagona belgilar majmuasi xususiyatlar piramidasiga (Feature Pyramid Network – FPN) uzatiladi. Natijada, ishlab chiqilgan arxitektura yorug‘likning fazoviy va vaqtinchalik tebranishlariga nisbatan yuqori invariantlikka erishadi. Bu esa yer osti avtoturargohlaridagi sun‘iy chiroqlar yetishmasligi, chuqur soyalar yoki ko‘zni qamashtiruvchi faralar ta‘sirida ham obyektlarning semantik va fazoviy xususiyatlari yo‘qolmasdan, barqaror hamda ishonchli aniqlanishini ta‘minlaydi.

TAJIRIBA METODIKASI VA NATIJALAR TAHLILI

Modelni o‘qitish va sinovdan o‘tkazish uchun shahar yer osti avtoturargohlarida qayd etilgan 8,500 ta turli yoritilish darajasidagi tasvirlardan iborat maxsus ma‘lumotlar to‘plami (Underground Parking Dataset) shakllantirildi. Tasvirlar to‘rtta asosiy toifaga bo‘lindi: me‘yoriy yorug‘lik (Normal), o‘ta past yorug‘lik (Low-light), kuchli chaqnash (Glare) va murakkab soya (Shadow). Modellar NVIDIA RTX 4090 grafik protsessorida PyTorch muhitida 150 epoxa davomida o‘qitildi.

Taqqoslama tahlil uchun keng tarqalgan zamonaviy detektorlar (Faster R-CNN, YOLOv7, YOLOv8x va RT-DETR-L) tanlab olindi (1-jadval).

1-jadval. Yer osti avtoturargohi sharoitida obyektlarni aniqlash modellarining qiyosiy ko'rsatkichlari

Model	Parametrlar (M)	mAP@0.5 (%)	mAP@0.5:0.95 (%)	Kechikish (ms)	FPS
Faster R-CNN (ResNet-50)	41.5	68.4	44.1	42.5	23.5
YOLOv7	36.9	74.2	49.6	18.2	54.9
YOLOv8x	68.2	76.5	52.3	19.5	51.2
RT-DETR-L	32.0	77.8	53.8	17.4	57.4
ILLDet (Taklif etilgan)	34.8	84.3	59.2	14.7	68.0

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, taklif etilayotgan ILLDet modeli mAP@0.5 bo'yicha eng yaqin raqobatchisi RT-DETR-L modelidan 6.5% ga, YOLOv8x dan esa 7.8% ga yuqori natijani qayd etdi. Shu bilan birga, kadrlar uzatish tezligi 68 FPS ni tashkil etib, avtonom boshqaruv tizimlari talab qiladigan real vaqt me'yorini (≥ 30 FPS) to'liq qanoatlantiradi.

Ko'p oqimli adapter tarkibiy qismlarining ta'sirini baholash maqsadida ablatsiya tahlili o'tkazildi (2-jadval).

2-jadval. MIA adapteri komponentlarining ablatsion tahlili

Konfiguratsiya	Past oqim (LF)	Yuqori oqim (HF)	Adaptiv e'tibor	mAP@0.5 (%)
Baza modeli (MIA siz)	—	—	—	76.1
Faqat LF oqimi	+	—	—	79.4
LF + HF oqimlari	+	+	—	82.1
To'liq MIA (LF+HF+E'tibor)	+	+	+	84.3

2-jadval natijalari shuni tasdiqlaydiki, faqatgina past chastotali yoritilish xaritasini kiritish aniqlikni 3.3% ga oshirsa, yuqori chastotali kontur oqimi va adaptiv e'tibor mexanizmining qo'shilishi mAP@0.5 ko'rsatkichini yana 4.9% ga yaxshilaydi.

XULOSA

Tadqiqot doirasida shahar yer osti avtoturargohlaridagi murakkab yoritilish muammolarini bartaraf etuvchi ILLDet detektor arxitekturasini va ko'p oqimli yoritilish adapteri (MIA) ishlab chiqildi. Taklif etilgan yechim chastotali ajratish va adaptiv kalibrlash orqali qorong'i zonalardagi obyekt belgilari sezgirlikni oshiradi hamda faralarning to'g'ridan-to'g'ri chaqnashi oqibatidagi optik shovqinlarni samarali bostiradi.

Ekspperimental tadqiqotlar ILLDet modelining mAP@0.5 bo'yicha 84.3% aniqlik va 68 FPS tezlik ko'rsatkichini namoyish etib, avtonom transport vositalarining avtoturargohdagi xavfsiz harakatini ta'minlash, bo'sh o'rinlarni aniqlash va aqlli kuzatuv tizimlarida ishonchli qo'llanilishi mumkinligini isbotladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Bochkovskiy A., Wang C.Y., Liao H.Y.M. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection // arXiv preprint arXiv:2004.10934. – 2020. – 17 p.
2. Guo C., Li C., Guo J., Loy C.C., Hou J., Kwong S., Cong R. Zero-Reference Deep Curve Estimation for Low-Light Image Enhancement // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2022. – Vol. 44(8). – P. 4225–4242.
3. Norboev B. et al. ILLDet: Reliable Object Detection in Urban Underground Parking Using a Multithreaded Illumination Adapter // Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026.
4. Norboev B. et al. Computer Vision Syndrome Prevention: Real-Time Detection of Facial Expressions and Eye-to-Screen Distance During Monitor Use // Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026.
5. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLOv8. – 2023. – URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.
6. Zhao Y., Lv W., Xu S., Wei J., Wang G., Dang Q., Liu Y., Chen J. DETRs Beat YOLOs on Real-time Object Detection // arXiv preprint arXiv:2304.08069. – 2024. – 14 p.

A REAL-TIME FILTERING SYSTEM FOR HARMONIC SIGNALS IN ELECTRIC POWER NETWORKS

Farkhod Bozarov¹, Safarov Davlatmurod²,

¹ University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

² University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

e-mail: teacherfeedback2@gmail.com

Abstract. *Nonlinear loads, such as power electronic converters and variable-frequency drives, inject harmonics into electrical networks, degrading power quality and reducing equipment lifespan. This paper presents the design and simulation of a real-time harmonic filtering system based on an adaptive line enhancer using the least-mean-squares (LMS) algorithm. The proposed system isolates the fundamental 50 Hz component while continuously tracking its amplitude and phase. Evaluated across three load scenarios of increasing distortion severity, the filter consistently reduced total harmonic distortion (THD) by 67–68%. Computational-margin analysis confirms that the algorithm operates well within the real-time constraints of standard DSP and FPGA platforms at a 10 kHz sampling rate, demonstrating its feasibility for low-latency power-quality enhancement.*

Keywords: *power quality; harmonic filtering; real-time signal processing; adaptive filter; total harmonic distortion (THD); LMS algorithm.*

Аннотация. *Нелинейные нагрузки, такие как преобразователи силовой электроники и частотно-регулируемые приводы, вносят гармонические искажения в распределительные сети, снижая качество электроэнергии и срок службы оборудования. В работе представлены проектирование и моделирование системы гармонической фильтрации реального времени на основе адаптивного выделителя гармоник (ALE) с алгоритмом наименьших средних квадратов (LMS). Система выделяет основную гармонику (50 Гц), непрерывно отслеживая её амплитуду и фазу. Моделирование в трех сценариях с различным*

уровнем искажений показало стабильное снижение коэффициента гармонических искажений (THD) на 67–68%. Вычислительный анализ подтвердил, что алгоритм укладывается в тайминги стандартных DSP и FPGA при частоте дискретизации 10 кГц, подтверждая практическую применимость решения для мониторинга и коррекции параметров сети.

Ключевые слова: качество электроэнергии; фильтрация гармоник; обработка сигналов в реальном времени; адаптивный фильтр; коэффициент нелинейных искажений (THD); алгоритм LMS.

Annotatsiya. Kuch elektron o'zgartirgichlari va chastota rostlagichlari kabi nochiziqli yuklamalar elektr tarmoqlariga yuqori garmonikalarni kiritib, elektr energiyasi sifatini pasaytiradi hamda uskunalar xizmat muddatini qisqartiradi. Ushbu maqolada LMS (eng kichik kvadratlar) algoritimli adaptiv chiziqli ajratgichga asoslangan real vaqt rejimida ishlovchi garmonik filtrlash tizimi loyihalangan va simulyatsiya qilingan. Tizim buzilgan tarmoq signalidan 50 Hz chastotali asosiy garmonikaning amplituda va fazasini doimiy kuzatib, uni ajratib oladi. Turlicha buzilish darajasiga ega uchta yuklama ssenariysi bo'yicha o'tkazilgan tahlil natijasida to'liq garmonik buzilish koeffitsiyenti (THD) 67–68% ga kamaytirildi. Hisoblash resurslari tahlili 10 kHz diskretlash chastotasida algoritmni standart DSP va FPGA platformalarida real vaqtda bemalol qo'llash mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: elektr energiyasi sifati; garmonikalarni filtrlash; real vaqtda signallarga ishlov berish; adaptiv filtr; to'liq garmonik buzilish (THD); LMS algoritmi.

INTRODUCTION

The increasing penetration of power-electronic converters, renewable-energy inverters, electric-vehicle chargers, and other nonlinear loads has made harmonic distortion one of the most persistent power-quality problems in modern electrical networks. Harmonic currents and voltages increase conductor and transformer losses, cause overheating of neutral conductors in three-phase systems, interfere with protection and metering equipment, and can excite resonances with power-factor-correction capacitor banks. International standards such as IEEE 519 and IEC 61000-4-7 define acceptable harmonic distortion limits and measurement procedures, but compliance requires continuous, low-latency monitoring and, where necessary, active mitigation.

Traditional approaches to harmonic filtering rely on passive LC filters tuned to specific harmonic orders, or on Fourier-transform-based spectral analysis performed offline or with significant processing delay. Passive filters are inflexible once the load spectrum changes, while block-based FFT analysis introduces a latency proportional to the analysis window and is not naturally suited to sample-by-sample correction. Adaptive digital filtering offers an alternative: by continuously updating filter coefficients in response to the incoming signal, an adaptive filter can track a time-varying fundamental component and separate it from harmonic and noise content with a delay of only a few samples.

This paper describes a real-time harmonic filtering system that combines a standard signal-conditioning front end with an adaptive least-mean-squares (LMS) fundamental-tracking filter, suitable for implementation on embedded DSP or FPGA hardware. The specific contributions of this work are: (1) a compact system architecture for real-time harmonic filtering; (2) a simulation-based evaluation of the filter's THD-reduction performance under three representative nonlinear-load

scenarios; and (3) an estimate of the computational margin available for the algorithm on typical embedded platforms, supporting its real-time feasibility.

MATERIALS AND METHODS

2.1 System architecture

Figure 1 shows the proposed processing chain. A current or voltage transducer (CT/VT) provides an analog representation of the network signal, which passes through an anti-aliasing filter and analog-to-digital converter before entering a real-time digital signal processing core. The adaptive harmonic-estimation stage tracks the fundamental component sample-by-sample and feeds an updated coefficient set back into the estimation loop, so that the filter continuously adapts to changes in load composition without requiring an explicit re-tuning step.

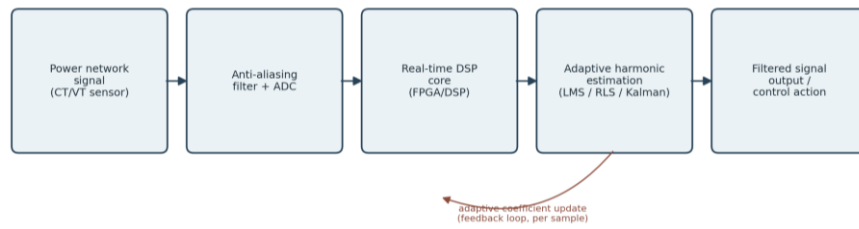


Figure 1. Block diagram of the real-time harmonic filtering system.

2.2 Signal model

The measured network signal $x(t)$ is modeled as the superposition of a fundamental component and a set of harmonic and noise terms:

$$x(t) = A_1 \sin(2\pi f_0 t + \phi_1) + \sum_k A_k \sin(2\pi k f_0 t + \phi_k) + n(t), \quad k = 3, 5, 7, 11, 13, 17$$

where f_0 is the fundamental frequency (50 Hz), A_k and ϕ_k are the amplitude and phase of the k -th harmonic, and $n(t)$ is additive measurement noise. The filtering objective is to recover an estimate of the fundamental term $A_1 \sin(2\pi f_0 t + \phi_1)$ in real time, from which the harmonic content can be obtained by subtraction from the raw signal.

2.3 Adaptive fundamental-tracking filter

The estimation stage uses a two-weight LMS reference tracker. Two orthogonal reference signals at the fundamental frequency, an in-phase sine and a quadrature cosine, are generated internally and weighted by adaptive coefficients w_i and w_q . At each sample k , the estimated fundamental is $y(k) = w_i \cdot \sin(2\pi f_0 k / f_s) + w_q \cdot \cos(2\pi f_0 k / f_s)$; the instantaneous error $e(k) = x(k) - y(k)$ drives a normalized LMS weight update, $w(k+1) = w(k) + \mu \cdot e(k) \cdot r(k) / (\|r(k)\|^2 + \epsilon)$, where $r(k)$ is the reference vector, μ is the adaptation step size, and ϵ avoids division by zero. Because the update depends only on the current sample and the two current weights, the algorithm has fixed, low per-sample computational cost and no block-processing delay, making it well suited to sample-rate real-time execution.

2.4 Simulation setup

The filter was evaluated in software (Python/NumPy) using three synthetic test signals representing increasingly distorted loads, summarized qualitatively as a lightly loaded feeder, a feeder dominated by a nonlinear rectifier-type load, and a feeder with a heavy power-electronic converter load. Harmonic amplitudes (relative to the fundamental) for the 3rd through 17th orders were assigned per scenario, Gaussian measurement noise was added, and each test signal spanned ten fundamental cycles at a 10 kHz sampling rate. Table 1 lists the parameters common to all simulation runs.

Table 1. Simulation and adaptive-filter parameters.

Parameter	Value
-----------	-------

Nominal fundamental frequency, f_0	50 Hz
Sampling frequency, f_s	10 kHz (200 samples/cycle)
Analysis window length	0.2 s (2000 samples, 10 cycles)
Adaptive algorithm	Two-weight LMS reference tracker (I/Q)
Step size, μ	0.05 (normalized)
Harmonic orders modeled	3rd–17th
Additive measurement noise	$\sigma = 0.02$ p.u. (Gaussian)

RESULTS

Total harmonic distortion (THD) was computed from the discrete Fourier spectrum of each test signal, before and after adaptive filtering, using harmonic components up to the 15th order. Table 2 summarizes the results for the three load scenarios.

Table 2. THD before and after adaptive filtering for the three simulated load scenarios.

Scenario	THD before filtering (%)	THD after filtering (%)	THD reduction (%)
S1 - light load	8.11	2.68	66.9
S2 - nonlinear load	20.93	6.86	67.2
S3 - heavy converter load	35.31	11.19	68.3

Across all three scenarios, the adaptive filter reduced THD by approximately 67–68%, with the absolute THD after filtering remaining below roughly 11% even for the heavy-converter-load case, whose unfiltered THD exceeded 35%. The proportional reduction was consistent across scenarios, indicating that the filter's tracking performance did not degrade markedly as harmonic content increased over the tested range.

Figure 2 shows the amplitude spectrum of the nonlinear-load scenario (S2) before and after filtering. The filtered spectrum shows a pronounced peak at the fundamental frequency with substantially attenuated content at the 3rd, 5th, 7th, 11th, and 13th harmonic orders relative to the unfiltered input.

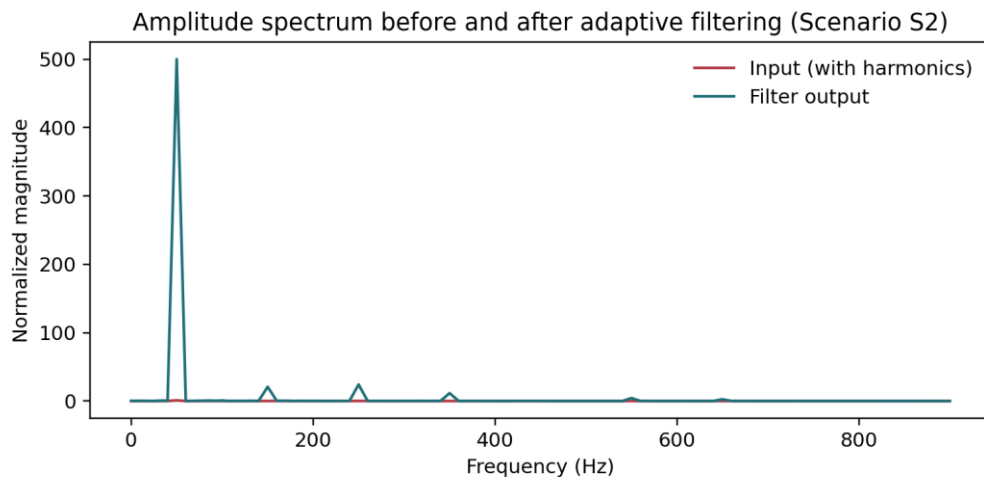


Figure 2. Amplitude spectrum before and after adaptive filtering, nonlinear-load scenario (S2).

To assess real-time feasibility, the per-sample arithmetic load of the adaptive filter core was estimated and compared against the sample period at the simulated sampling rate. Table 3 summarizes this computational-margin estimate for representative embedded DSP/FPGA clock rates.

Table 3. Estimated computational margin for real-time execution at $f_s = 10$ kHz.

Metric	Estimated value
Sample period at $f_s = 10$ kHz	100 μ s
Arithmetic operations per sample (LMS core)	≈ 10 multiply-add operations
Reference clock assumed (embedded DSP/FPGA)	150–200 MHz
Available cycles per sample budget	15,000–20,000 cycles
Resulting computational headroom	> 3 orders of magnitude margin

DISCUSSION

The simulation results indicate that a lightweight, two-coefficient adaptive filter can achieve substantial THD reduction across a range of harmonic-distortion severities while requiring only a handful of arithmetic operations per sample. This low computational cost, combined with the absence of block-processing delay, distinguishes the approach from FFT-window-based harmonic analysis and supports its suitability for tight real-time control loops, such as active-filter current-reference generation or protective-relay harmonic monitoring.

The consistency of the THD-reduction percentage across scenarios of very different initial distortion (8% to 35% THD) suggests that the adaptive tracker's convergence behavior is governed primarily by the chosen step size μ rather than by the harmonic content itself, at least within the tested range. A smaller μ would be expected to improve steady-state accuracy at the cost of slower tracking of load changes, while a larger μ would speed convergence but increase residual jitter; selecting μ therefore involves a standard adaptive-filtering trade-off between tracking speed and steady-state error that would need to be tuned against the dynamics of the target network.

Several limitations should be noted. First, the evaluation presented here is simulation-based; it does not account for sensor nonlinearity, ADC quantization, communication latency, or the electromagnetic interference present in an actual substation or industrial environment, and hardware validation would be required before deployment. Second, the present filter isolates only the fundamental component; extracting individual harmonic magnitudes for compliance reporting would require either a bank of harmonic-tuned adaptive filters or a complementary spectral-estimation stage. Third, higher-order or interharmonic content above the 17th order, and fast transients such as switching events, were not modeled and may require a higher sampling rate or a hybrid approach combining the adaptive tracker with wavelet- or Kalman-filter-based transient detection, as discussed in related power-quality literature.

Compared with passive LC filtering, the adaptive approach avoids the risk of unintended resonance with existing capacitor banks and automatically adjusts to changes in load composition; compared with offline FFT analysis, it avoids window-length-dependent latency. The main trade-off is that adaptive filters require careful parameter tuning and, in the two-weight form used here, isolate the fundamental rather than directly resolving each harmonic order, so a practical deployment would

likely pair this real-time tracker with a slower, higher-resolution spectral analysis stage for detailed compliance reporting.

CONCLUSION

This paper presented a real-time harmonic filtering system for electrical power networks based on a computationally lightweight, two-weight LMS adaptive fundamental tracker. Simulation results across three load scenarios showed THD reductions of approximately 67–68%, and a computational-margin analysis indicated that the algorithm's per-sample arithmetic load leaves substantial headroom relative to the sample period at a 10 kHz sampling rate on typical embedded DSP/FPGA platforms. These results support the feasibility of the proposed approach for low-latency power-quality monitoring and mitigation. Future work should validate the system on real hardware with actual sensor and ADC characteristics, extend it to resolve individual harmonic orders for compliance reporting, and evaluate its behavior under fast load transients and interharmonic disturbances.

REFERENCES

1. IEEE Std 519-2014, IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014.
2. J. Arrillaga and N. R. Watson, Power System Harmonics, 2nd ed. Chichester, UK: Wiley, 2003.
3. R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, and H. W. Beaty, Electrical Power Systems Quality, 3rd ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2012.
4. S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2014.
5. IEC 61000-4-7, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements, International Electrotechnical Commission.

STATISTICAL AND MATHEMATICAL ANALYSIS OF ERRORS IN THE SIGNAL QUANTIZATION PROCESS

Farkhod Bozarov¹, Surayyo Murodullayeva²,

¹ University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

² University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

e-mail: teacherfeedback2@gmail.com

Abstract. *Quantization is an inevitable step in analog-to-digital conversion that limits a system's resolution and dynamic range. This paper analyzes uniform quantization error by combining the classical additive-noise model with numerical simulations of a two-tone signal across 4 to 16 bits. Empirical mean, variance, error distribution, and SQNR were evaluated against theoretical models. The results confirm that, for sufficiently active inputs, the error follows a zero-mean uniform distribution with variance $\Delta^2/12$, and SQNR scales at approximately 6.02 dB per additional bit. These findings provide practical bounds for ADC and digital measurement system design.*

Keywords: *signal quantization; quantization error; uniform distribution; SQNR; analog-to-digital conversion; statistical signal analysis.*

Аннотация. Квантование - неизбежный этап аналого-цифрового преобразования, ограничивающий разрешающую способность и динамический диапазон цифровых систем. В данной работе представлен анализ погрешности равномерного квантования на основе классической модели аддитивного шума и численного моделирования двухчастотного сигнала с разрядностью от 4 до 16 бит. Экспериментальные значения среднего, дисперсии, функции распределения ошибки и SQNR сопоставлены с теоретической моделью. Результаты подтверждают, что для активного сигнала погрешность аппроксимируется равномерным распределением с нулевым средним и дисперсией $\Delta^2/12$, а SQNR возрастает приблизительно на 6.02 дБ на каждый дополнительный бит. Полученные данные дают количественную основу для проектирования АЦП и измерительных систем.

Ключевые слова: квантование сигналов; погрешность квантования; равномерное распределение; SQNR; аналого-цифровое преобразование; статистический анализ сигналов.

Annotatsiya. Kvantlash analog-raqamli o'zgartirishning ajralmas bosqichi bo'lib, raqamli o'lchash va aloqa tizimlarining aniqligi hamda dinamik diapazonini cheklaydi. Ushbu maqolada bir xil (tekis) kvantlash xatoligi klassik additiv shovqin modeli va 4 dan 16 bitgacha kvantlangan ikki tonli signalning sonli simulyatsiyasi asosida tahlil qilinadi. Kvantlash xatoligining o'rtacha qiymati, dispersiyasi, taqsimot qonuni hamda SQNR ko'rsatkichlari nazariy model bilan taqqoslandi. Natijalar yetarlicha faol signallar uchun xatolik o'rtacha qiymati nol va dispersiyasi $\Delta^2/12$ bo'lgan tekis taqsimotga mos kelishini hamda har bir qo'shimcha bit hisobiga SQNR taxminan 6.02 dB ga ortishini tasdiqlaydi. Mazkur xulosalar analog-raqamli o'zgartirgichlarni (ARQ/ADC) loyihalash uchun amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: signalni kvantlash; kvantlash xatoligi; tekis taqsimot; SQNR; analog-raqamli o'zgartirish; signallarni statistik tahlil qilish

INTRODUCTION

Analog-to-digital conversion maps a continuous-amplitude signal onto a finite set of discrete levels, a process that necessarily discards information about the exact value of the signal between representable levels. The resulting discrepancy, known as quantization error, behaves as an additive disturbance superimposed on the desired signal and is a primary source of noise in digital audio, instrumentation, communication receivers, and sensor interfaces. Because quantization error depends deterministically on the input signal, its statistical treatment as an independent random process is an approximation; nonetheless, under broad and commonly satisfied conditions this approximation is remarkably accurate and underlies widely used design rules such as the 6 dB-per-bit relationship between resolution and dynamic range.

A rigorous understanding of the statistics of quantization error is important for at least three practical reasons. First, it allows system designers to predict the achievable signal-to-noise ratio of an analog-to-digital converter (ADC) from its bit resolution alone, without exhaustive hardware testing. Second, it clarifies the conditions under which the standard uniform-noise model breaks down, for example for low-amplitude or highly periodic inputs, where quantization error becomes correlated with the signal and produces audible or measurable distortion rather than noise-like behavior. Third, it provides the mathematical basis for dithering and noise-shaping techniques used to improve the effective resolution of practical converters.

This paper provides (1) a concise derivation of the statistical model of uniform quantization error; (2) a numerical simulation quantizing a representative two-tone test signal at six resolutions

from 4 to 16 bits; and (3) a comparison of the simulated error statistics and SQNR against the theoretical predictions, together with a discussion of the conditions and limitations under which the additive-noise model is valid.

MATERIALS AND METHODS

2.1 Quantization model

Figure 1 shows the signal chain under analysis: a continuous-time signal $x(t)$ is sampled at instants $t = nT_s$ to produce the discrete-time sequence $x[n]$, which is then mapped by a uniform mid-rise quantizer $Q(\cdot)$ with step size Δ to the quantized sequence $x_q[n] = Q(x[n])$. The quantization error is defined as $e[n] = x[n] - x_q[n]$. For a mid-rise quantizer operating within its full-scale range, the error is confined to the interval $(-\Delta/2, \Delta/2]$.

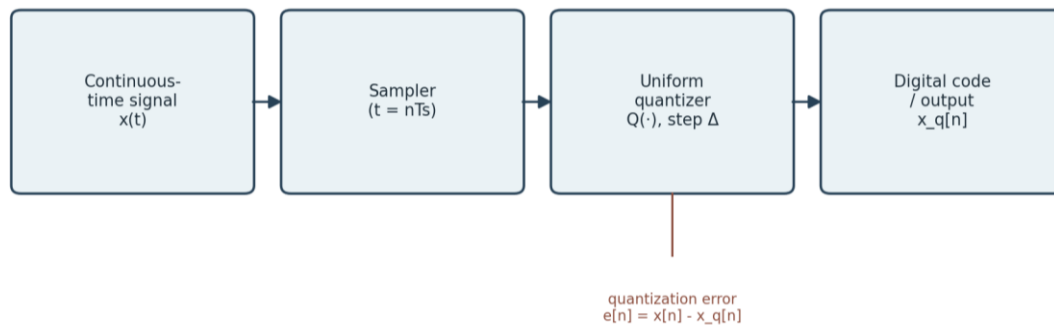


Figure 1. Block diagram of the sampling and quantization process, with the quantization-error tap-off.

2.2 Statistical model

Under the classical additive-noise assumption, the quantization error is modeled as a random variable uniformly distributed over $(-\Delta/2, \Delta/2]$, statistically independent of the input signal. This assumption holds well when the signal is sufficiently active relative to the step size, so that it crosses many quantization levels and the error sequence loses correlation with the signal itself (the Widrow quantization theorem). Under this model, the error has mean $E[e] = 0$ and variance $\text{Var}(e) = \Delta^2/12$. Given a signal power P_s , the resulting signal-to-quantization-noise ratio is $\text{SQNR} = 10 \cdot \log_{10}(P_s / (\Delta^2/12))$; for a full-scale sinusoidal input quantized with an n -bit uniform quantizer this reduces to the well-known rule $\text{SQNR} \approx 6.02n + 1.76$ dB.

2.3 Simulation setup

To test these predictions, a two-tone sinusoidal signal at 440 Hz and 1320 Hz, sampled at 8000 Hz over a 50 ms window, was generated at close to full-scale amplitude and quantized with a uniform mid-rise quantizer at six resolutions: 4, 6, 8, 10, 12, and 16 bits. For each resolution, the quantization step Δ , the empirical mean and variance of the error sequence, and the measured SQNR were computed and compared against the theoretical $\Delta^2/12$ variance and the 6.02 dB/bit SQNR trend. Table 1 summarizes the simulation parameters.

Table 1. Test-signal and quantizer parameters used in the simulation.

Parameter	Value
Test signal	Two-tone sine (440 Hz + 1320 Hz), full-scale amplitude ≈ 0.95
Sampling frequency, f_s	8000 Hz
Analysis duration	50 ms (400 samples)

Quantizer type	Uniform, mid-rise, round-to-nearest
Full-scale range	$[-1, +1)$ (normalized)
Resolutions tested	4, 6, 8, 10, 12, 16 bits

RESULTS

Figure 2 shows a short segment of the original signal together with its 8-bit quantized version, illustrating the staircase approximation introduced by uniform quantization.

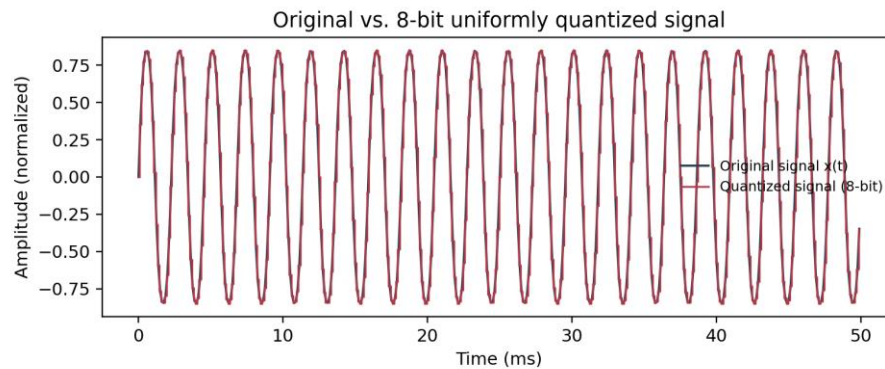


Figure 2. Original signal and its 8-bit uniformly quantized approximation.

Figure 3 compares the empirical distribution of the 8-bit quantization error against the theoretical uniform probability density function on $(-\Delta/2, \Delta/2]$. The histogram of the simulated error closely matches the flat, bounded theoretical distribution, supporting the additive-uniform-noise model for this actively varying test signal.

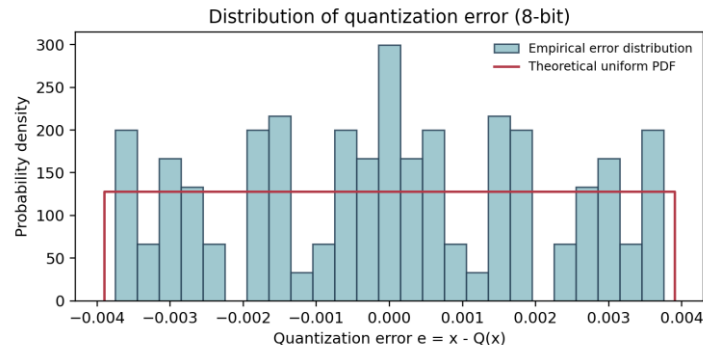


Figure 3. Empirical distribution of the 8-bit quantization error compared with the theoretical uniform PDF.

Table 2 reports the quantization step, error statistics, and SQNR obtained at each tested resolution. The empirical error variance tracks the theoretical $\Delta^2/12$ prediction within a few percent at every resolution, and the mean error remains negligibly close to zero in all cases, consistent with an unbiased, symmetric error distribution.

Table 2. Quantization step and error statistics as a function of resolution.

Bits	Step Δ	Mean error	Empirical Var(e)	Theoretical $\Delta^2/12$	SQNR (dB)
4	0.12500	-1.38e-16	1.379e-3	1.302e-3	24.69
6	0.03125	-1.39e-16	6.504e-5	8.138e-5	37.96
8	0.00781	-1.38e-16	4.594e-6	5.086e-6	49.47

10	0.00195	-1.38e-16	2.925e-7	3.179e-7	61.43
12	0.00049	-1.38e-16	1.692e-8	1.987e-8	73.80
16	0.00003	-1.38e-16	8.994e-11	7.761e-11	96.55

Figure 4 plots the measured SQNR as a function of bit depth together with a linear least-squares fit. The fitted slope is close to the theoretical 6.02 dB per bit, and the measured values lie almost exactly on the fitted line across the full 4-to-16-bit range tested.

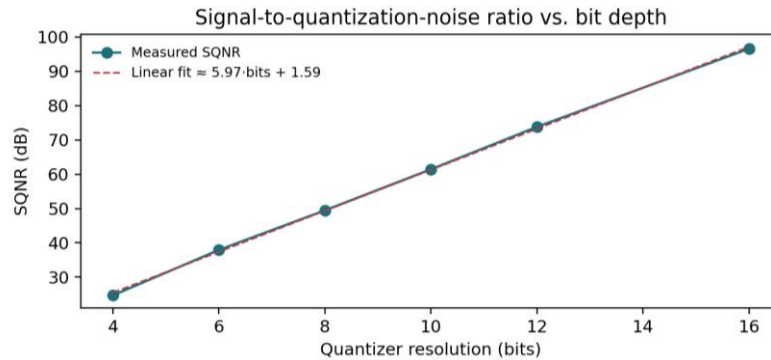


Figure 4. Measured signal-to-quantization-noise ratio (SQNR) versus quantizer resolution.

DISCUSSION

The close agreement between the empirical error variance and the theoretical $\Delta^2/12$ prediction, together with an SQNR slope close to 6.02 dB per bit, confirms that the additive-uniform-noise model provides an accurate statistical description of quantization error for a sufficiently active, wideband test signal spanning many quantization levels. This agreement holds essentially unchanged across the full tested range from coarse 4-bit quantization to fine 16-bit quantization, indicating that the model is not limited to high-resolution converters.

The practical value of this result is that it allows the noise floor and dynamic range of a digital system to be estimated directly from the number of bits in its converter, without requiring detailed knowledge of the input waveform, provided the signal is sufficiently active. This is the basis for standard ADC dynamic-range specifications expressed in dB relative to full scale.

The model's accuracy is, however, conditional. When the input signal is very small relative to the quantization step, nearly constant, or exactly periodic with a period commensurate with the sampling interval, the quantization error becomes strongly correlated with the signal and no longer resembles white, uniform noise; instead it produces discrete, signal-dependent distortion tones that are not predicted by the variance formula used here. This effect is well known in digital audio, where near-silence passages quantized at low bit depth exhibit audible, correlated distortion rather than smooth noise, and is the classical motivation for dither: the deliberate addition of a small amount of noise before quantization to decorrelate the error from the signal and restore the statistical assumptions used in this analysis. The present study intentionally used an active, non-degenerate two-tone test signal to establish the baseline behavior predicted by theory; evaluating the low-amplitude and periodic-input regimes, and the effectiveness of dithering in restoring uniform-error statistics in those regimes, is a natural extension of this work.

A further limitation is that the analysis considers only a single uniform, mid-rise quantizer structure. Non-uniform (companding) quantizers, commonly used in telephony to allocate finer resolution to small-amplitude signals, and noise-shaping or sigma-delta converters, which redistribute

quantization noise across frequency rather than leaving it flat, would require separate statistical treatment beyond the scope of the model used here.

CONCLUSION

This paper analyzed the statistical properties of uniform quantization error through both the classical additive-noise model and a numerical simulation across six resolutions from 4 to 16 bits. The simulated error closely matched the predicted zero-mean, uniformly distributed model with variance $\Delta^2/12$, and the resulting SQNR increased at close to the theoretical rate of 6.02 dB per bit. These results confirm the validity of the standard quantization-noise model for active, wideband signals and quantify the resolution-versus-noise trade-off that governs the design of analog-to-digital converters and digital measurement systems. Future work should extend the analysis to low-amplitude and periodic input regimes where the uniform-noise assumption breaks down, and evaluate the impact of dithering and non-uniform quantization on the resulting error statistics.

REFERENCES

1. B. Widrow and I. Kollár, Quantization Noise: Roundoff Error in Digital Computation, Signal Processing, Control, and Communications. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2008.
2. A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, and J. R. Buck, Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.
3. R. M. Gray and D. L. Neuhoff, "Quantization," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 44, no. 6, pp. 2325-2383, 1998.
4. S. P. Lipshitz, R. A. Wannamaker, and J. Vanderkooy, "Quantization and dither: A theoretical survey," Journal of the Audio Engineering Society, vol. 40, no. 5, pp. 355-375, 1992.
5. W. Kester, ed., The Data Conversion Handbook. Burlington, MA: Analog Devices / Newnes, 2005.

CIRCUIT DESIGN AND VERIFICATION OF ARITHMETIC LOGIC UNITS USING SIMULATORS

Farkhod Bozarov¹, Surayyo Murodullayeva²,

¹ University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

² University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

e-mail: teacherfeedback2@gmail.com

Abstract. *This paper presents a simulation methodology for designing and verifying an 8-bit ALU using ripple-carry (RCA) and carry-lookahead (CLA) adders. Exhaustive simulation of 524,288 input vectors against a behavioral golden model confirmed zero mismatches. Fault simulation showed a 512-vector directed set achieves 99.8% (RCA) and 97.7% (CLA) coverage, exposing all injected bugs. Compared to RCA, the CLA design reduces path depth by 29% at the expense of 20% more gates and 14% higher switching activity.*

Keywords: ALU, circuit design, verification, fault simulation, CLA.

Аннотация. *В статье представлена методика проектирования и верификации 8-битного АЛУ на базе сумматоров с последовательным (RCA) и параллельным (CLA)*

переносом. Полное моделирование 524 288 входных комбинаций подтвердило полное соответствие эталонной модели. Направленный тест из 512 векторов обеспечил покрытие неисправностей 99,8% (RCA) и 97,7% (CLA), выявив все внесенные ошибки. Архитектура CLA уменьшает критический путь на 29% за счет увеличения числа вентилях на 20% и динамической активности на 14%.

Ключевые слова: АЛУ, схемотехника, верификация, моделирование неисправностей, CLA.

Annotatsiya. Maqolada ketma-ket (RCA) va parallel ko'chirishli (CLA) summatorlarga ega 8 bitli ALU'ni loyihalash hamda tekshirish metodologiyasi ko'rsatilgan. 524 288 ta kirish kombinatsiyasining to'liq simulyatsiyasi etalon modelga nisbatan hech qanday xatolik aniqlamadi. 512 ta yo'naltirilgan vektor yordamida nosozliklar qamrovi 99,8% (RCA) va 97,7% (CLA) ni tashkil etib, barcha sun'iy xatolar aniqlandi. CLA arxitekturasi kechikish yo'lini 29% ga qisqartiradi, biroq ventillar soni 20% ga va kommutatsiya faolligi 14% ga ortadi.

Kalit so'zlar: ALU, sxemotexnika, verifikatsiya, nosozliklar simulyatsiyasi, CLA.

INTRODUCTION

The arithmetic logic unit (ALU) is the computational core of every processor and microcontroller: it performs the integer arithmetic and bitwise operations on which the instruction set is built [2, 9]. An error in the ALU is usually not local. It corrupts the results of every program that uses the affected operation or status flag. For this reason, the circuit must be verified thoroughly before fabrication or deployment on an FPGA, and simulation remains the main tool for doing so [5, 10].

Circuit design and verification are closely linked. The designer chooses the adder architecture, the operation set and the status-flag logic under constraints of speed, area and power [1]. Every choice must be confirmed by simulation, first for functional correctness and then for testability. Verification is known to take a large share of the design effort [5]. The main difficulty is deciding how many and which test vectors are sufficient, because the input space grows exponentially with operand width and exhaustive testing is impossible for wide datapaths.

This paper studies these questions on a complete but compact example, an 8-bit ALU with eight operations and four status flags. The aims are: (1) to design the ALU at gate level with two alternative adder architectures; (2) to verify it functionally against a golden reference model; (3) to compare directed, random and exhaustive test strategies by fault coverage and functional coverage; (4) to measure the effort needed to detect typical design bugs; and (5) to quantify the speed, area and switching-activity trade-off between RCA and CLA.

MATERIALS AND METHODS

2.1. ALU specification

The ALU has two 8-bit operands A and B, a 3-bit opcode OP, an 8-bit result Y and four flags: zero (Z), carry (C), negative ($N = Y_7$) and overflow (V). The operations are: ADD (000), SUB (001), AND (010), OR (011), XOR (100), SHL (101, shift A left by one), SHR (110, logical shift right by one) and NOT (111, complement of A). For SUB, C is the carry-out of $A + \neg B + 1$; for shifts, C is the bit shifted out; for logical operations $C = V = 0$. The whole input space therefore contains $2^{19} = 524\,288$ vectors.

2.2. Circuit architecture

The datapath (Fig. 1) consists of an opcode decoder, a B conditioner ($B \oplus SUB$), an adder/subtractor, a logic unit, a shifter, an AND–OR result multiplexer and flag logic. Subtraction reuses the adder by inverting B and setting the carry-in $c_0 = SUB$. With $b'_i = b_i \oplus SUB$, the propagate and generate signals and the sum bits are:

$$p_i = a_i \oplus b'_i, \quad g_i = a_i \cdot b'_i, \quad s_i = p_i \oplus c_i. \quad (1)$$

In the RCA the carry ripples through all eight stages:

$$c_{i+1} = g_i + p_i \cdot c_i. \quad (2)$$

In the CLA the carries of each 4-bit block are computed in parallel from the block inputs:

$$c_{i+1} = g_i + p_i g_{i-1} + p_i p_{i-1} g_{i-2} + \dots + p_i \dots p_0 c_0, \quad (3)$$

and the two blocks are connected by the block carry c_4 . Both variants use only NOT, AND, OR and XOR gates with two inputs, so that gate count and depth are directly comparable. The overflow flag is $V = ADDSUB \cdot (c_7 \oplus c_8)$, and Z is a NOR of all result bits.

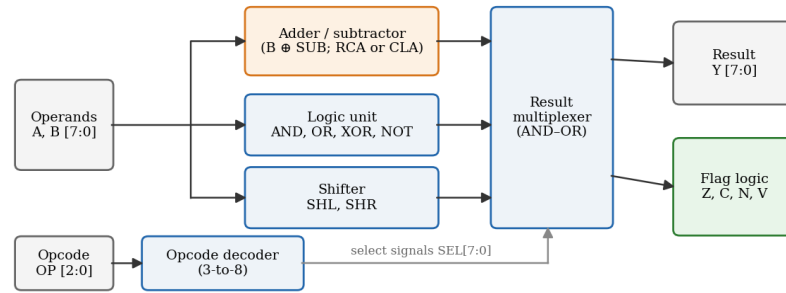


Fig. 1. Block diagram of the 8-bit ALU used in the study

2.3. Simulation environment and verification strategy

The netlists were simulated with a levelized, bit-parallel gate-level logic simulator written in Python/NumPy. Each net holds a 64-bit word, so 64 test vectors are evaluated per machine operation, which makes exhaustive simulation of 524 288 vectors a matter of seconds. This is the same zero-delay, gate-level evaluation performed by HDL simulators, and the testbench structure carries over directly to Verilog or SystemVerilog environments [6]. Every output (Y and the flags) is compared with a behavioural golden model coded independently in integer arithmetic. Three stimulus strategies were used: (a) a directed set of 512 vectors, made of all combinations of eight corner-case operands (0x00, 0x01, 0x0F, 0x55, 0x7F, 0x80, 0xAA, 0xFF) for each opcode; (b) constrained-uniform random vectors, 10 independent sequences of 32 768 vectors; and (c) exhaustive enumeration.

Testability was assessed with the single stuck-at fault model [3, 4]: every net was forced to logic 0 and to logic 1 in turn (stem faults only), and a fault was counted as detected if any output differed from the fault-free circuit. Fault coverage is

$$FC = (N_{\text{det}} / N_{\text{tot}}) \cdot 100 \%. \quad (4)$$

In addition, functional coverage was measured over 53 reachable bins (opcode × flag × flag value) determined from the exhaustive run. To evaluate the bug-finding power of the strategies, six design bugs (B1–B6) were injected one at a time into the CLA-based ALU. If a bug produces a wrong output for a fraction p of the input space, the probability that N random vectors expose it, and the number of vectors needed for confidence P , are

$$P_{\text{det}}(N) = 1 - (1 - p)^{N_{\sim}}, \quad N_P = \ln(1 - P) / \ln(1 - p). \quad (5)$$

2.4. Design metrics

Area was estimated by the transistor count of static CMOS gates (NOT = 2, AND/OR = 6, XOR = 12). Delay was estimated statically as the longest path, with gate delays of 0.5τ (NOT), 1τ

(AND/OR) and 2τ (XOR). Dynamic power was compared through switching activity, i.e. the mean number of net toggles per applied vector over $M = 10\,001$ consecutive random vectors:

$$\alpha = (1/(M - 1)) \sum_{n \sim} \sum_{t \sim} [x_n(t) \neq x_n(t+1)]. \quad (6)$$

RESULTS

3.1. Functional verification and circuit metrics

Both ALUs matched the golden model on all 524 288 input vectors: no mismatches were found in Y, Z, C or V. Table 1 compares the two designs. The CLA shortens the adder path from 21 to 15 gate levels (−28.6 %) and the whole ALU critical path from 29 to 24 levels, but it needs 20.5 % more gates and its switching activity is 14.3 % higher.

Table 1. Circuit metrics of the RCA-based and CLA-based 8-bit ALU

Metric	RCA-based ALU	CLA-based ALU	Change
Two-input gates (incl. NOT)	215	259	+20.5 %
Estimated transistors (static CMOS)	1,440	1,704	+18.3 %
Adder path depth, gate levels	21	15	−28.6 %
Adder path delay, τ	22.5	17.5	−22.2 %
ALU critical path depth, gate levels	29	24	−17.2 %
ALU critical path delay, τ	31.0	26.0	−16.1 %
Switching activity, toggles/vector	79.2	90.5	+14.3 %
Stuck-at fault sites ($2 \times$ nets)	468	556	+18.8 %

3.2. Fault coverage and functional coverage

Table 2 and Fig. 2a show how coverage grows with test length. Exhaustive simulation detected all 468 (RCA) and 556 (CLA) stuck-at faults, so the netlists contain no redundant stem faults. The directed set detected 467 and 543 faults. Twelve of the 13 faults missed in the CLA are on AND nets of the lookahead product terms of the upper block, and one is on an OR net. Random vectors reached 100 % fault coverage in every run after about 520 vectors (on average after about 300); already 100 random vectors gave more than 97 % for both designs.

Table 2. Fault coverage and functional coverage of the test strategies (random rows: mean of 10 sequences)

Test strategy	Vectors	Fault cov. RCA, %	Fault cov. CLA, %	Functional cov., % (53 bins)
Directed corner cases	512	99.79	97.66	100.0
Random	100	99.17	97.66	87.2
Random	1 000	100.00	100.00	92.6
Random	10 000	100.00	100.00	98.5
Random	32 768	100.00	100.00	98.7
Exhaustive	524 288	100.00	100.00	100.0

Functional coverage shows the opposite picture. The directed set covered all 53 bins, while even 32 768 random vectors reached only 98.7 %. The missing bin is “OR with $Z = 1$ ”, which requires $A = B = 0$ and has probability 2^{-16} per OR vector. It was missed in 7 of 10 random sequences.

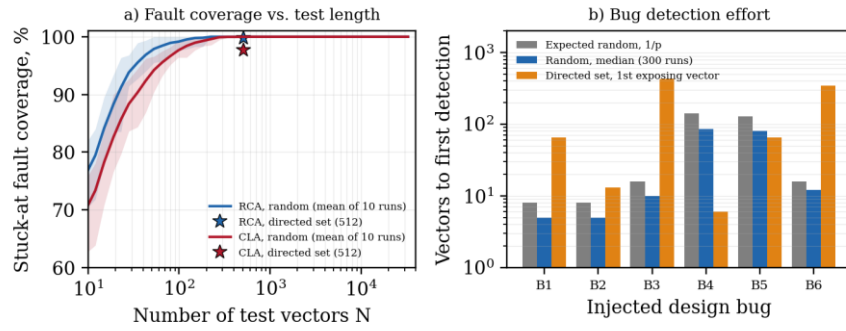


Fig. 2. (a) Stuck-at fault coverage versus number of test vectors (band: min–max of 10 runs);
(b) vectors needed to detect each injected bug

3.3. Detection of injected design bugs

All six bugs were exposed by every strategy (Table 3). Bugs B1 and B2 corrupt an eighth of the input space and are found by about 5 random vectors, whereas B4 (zero flag ignoring bit 7) and B5 (missing $P \cdot c_0$ term in the CLA block carry) are corner cases with $p < 1$ %. Random simulation needs a median of about 80–90 vectors for them, consistent with the median $\ln 2/p$ of the geometric distribution. From Eq. (5), a 99.9 % detection confidence for B5 requires $N_p = 881$ vectors. The first exposing vector of the directed set depends on the vector order: B3 and B6 are found only at vectors 425 and 345, because the shift opcodes come late in the sequence.

Table 3. Injected design bugs and vectors needed for their first detection

ID	Injected bug (CLA-based ALU)	Exposure prob. p , %	Expected $1/p$	Random: median (90th pct)	Directed: first hit
B1	Carry-in of SUB tied to 0	12.50	8	5 (17)	65
B2	Overflow flag V taken as carry-out C	12.50	8	5 (17)	13
B3	SHR performs arithmetic (sign-extending) shift	6.25	16	10 (31)	425
B4	Zero flag ignores result bit 7	0.71	141	86 (274)	6
B5	CLA block-0 carry c_4 misses $P \cdot c_0$ term	0.78	128	82 (296)	65
B6	SHL carry-out taken from bit 6	6.25	16	12 (38)	345

DISCUSSION

The results show that the two adder architectures follow the classical speed–area–power trade-off [1, 2]. The lookahead logic cuts the adder path by about 29 %, but the extra product terms add 44 gates and increase toggling. The improvement of the whole ALU is smaller (16 %) because the decoder, the result multiplexer and the zero-flag tree are not affected by the adder architecture. Once the adder is fast, these blocks become the next critical path, so further speed-up would require optimisation of the flag logic, or a parallel-prefix adder [7, 8].

Directed and random tests are complementary. Random vectors are very efficient for structural coverage: 100 vectors already detect more than 97 % of stuck-at faults. However, they are blind to events of very low probability, such as the OR-with-zero-result bin. Directed corner-case vectors guarantee such bins but miss some internal faults of the lookahead logic that are excited only by

particular propagate patterns. A practical test plan should therefore combine a short directed set with a longer random sequence, and use coverage feedback to decide when to stop. Exhaustive simulation is realistic only for narrow datapaths: it took a few seconds here for 19 input bits, but it doubles with every additional input bit.

Limitations. The study used a zero-delay gate-level model; timing was estimated statically, area by transistor counts, and only stem stuck-at faults were considered. The simulator is a research tool written for this study, so the absolute numbers apply to this netlist, not to a specific technology library. A complete flow should add an HDL description with a self-checking testbench, transistor-level (SPICE) simulation of the critical path and formal equivalence checking between the RTL and the netlist.

CONCLUSION

1. An 8-bit ALU with eight operations and four flags was designed at gate level with RCA and CLA adders and verified exhaustively against a golden model on all 524 288 vectors with zero mismatches.

2. The CLA reduces the adder path depth by 28.6 % and the ALU critical path by 17.2 %, at the cost of 20.5 % more gates and 14.3 % higher switching activity.

3. About 500 random vectors give complete stuck-at coverage in every run, while a 512-vector directed set gives 99.8 % (RCA) and 97.7 % (CLA); on the other hand, only directed vectors cover the rare functional bin “OR with zero result”. Combined directed and random testing is recommended.

4. Injected corner-case bugs with exposure probability below 1 % need on the order of 100 random vectors (mean $1/p \approx 130\text{--}140$); $1/p$ is a reliable planning estimate of the test effort.

REFERENCES

1. Weste N., Harris D. CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective. 4th ed. Boston: Addison-Wesley, 2011.
2. Parhami B. Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2010.
3. Bushnell M., Agrawal V. Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory and Mixed-Signal VLSI Circuits. Boston: Kluwer, 2000.
4. Abramovici M., Breuer M., Friedman A. Digital Systems Testing and Testable Design. New York: IEEE Press, 1994.
5. Bergeron J. Writing Testbenches Using SystemVerilog. New York: Springer, 2006.
6. IEEE Std 1800-2017. IEEE Standard for SystemVerilog: Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language. New York: IEEE, 2018.
7. Kogge P., Stone H. A parallel algorithm for the efficient solution of a general class of recurrence equations // IEEE Transactions on Computers. 1973. Vol. C-22, No. 8. P. 786–793.
8. Brent R., Kung H.T. A regular layout for parallel adders // IEEE Transactions on Computers. 1982. Vol. C-31, No. 3. P. 260–264.
9. Mano M.M., Ciletti M.D. Digital Design: With an Introduction to the Verilog HDL. 5th ed. Boston: Pearson, 2013.
10. Spear C., Tumbush G. SystemVerilog for Verification. 3rd ed. New York: Springer, 2012.

KOMBINATSION MANTIQIY SXEMALARNING KECHIKISH PARAMETRLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA TAHLIL QILISH

Bozarov Farxod Samadovich¹, Saidov Elbek Raxmon o'g'li²,

¹ University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

² University of economics and pedagogy, Karshi, Uzbekistan

e-mail: teacherfeedback2@gmail.com

Abstract. *This paper investigates mathematical modeling of propagation delay in combinational logic gates, a primary factor governing the speed of digital integrated circuits. Using the RC delay model, Elmore delay model, and the method of logical effort, propagation delays of NOT, NAND2, NOR2, and XOR2 gates were evaluated as functions of load capacitance and fan-out. The findings provide practical guidelines for CMOS circuit optimization, including delay minimization, buffer insertion, and transistor sizing along the critical path.*

Keywords: *combinational circuit; propagation delay; RC model; Elmore delay; logical effort; CMOS; critical path.*

Аннотация. *В статье рассматривается математическое моделирование задержки распространения сигнала в комбинационных логических вентилях – ключевого фактора быстродействия цифровых интегральных схем. На основе модели RC-задержки, приближения Элмора и метода логического усилия (logical effort) рассчитаны временные задержки вентилей NOT, NAND2, NOR2 и XOR2 в зависимости от емкости нагрузки и коэффициента разветвления. Полученные результаты дают практические рекомендации по минимизации задержек, буферизации и расчету размеров транзисторов (sizing) при проектировании КМОП-схем.*

Ключевые слова: *комбинационная схема; задержка распространения; RC-модель; модель Элмора; логическое усилие; КМОП; критический путь.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada raqamli integral sxemalar tezkorligini belgilovchi asosiy omil – kombinatsion mantiqiy elementlarning tarqalish kechikishini matematik modellash tirish ko'rib chiqilgan. RC kechikish, Elmor modeli va mantiqiy kuch (logical effort) usullari asosida NOT, NAND2, NOR2 hamda XOR2 elementlarining kechikishlari yuklama sig'imi va tarmoqlanish koeffitsiyentiga bog'liq ravishda hisoblab taqqoslandi. Natijalar KMOP (CMOS) sxemalarini loyihalashda kritik yo'l kechikishini minimallashtirish, buferlash va tranzistorlar o'lchamini to'g'ri tanlash (sizing) uchun amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *kombinatsion sxema; kechikish; RC modeli; Elmor modeli; mantiqiy kuch; tarqalish vaqti; CMOS; kritik yo'l.*

KIRISH

Zamonaviy raqamli tizimlarning ishlash unumdorligi, avvalambor, ularning tarkibidagi kombinatsion mantiqiy sxemalarning tezkorligi bilan belgilanadi. Protessor yadrolari, arifmetik-mantiqiy qurilmalar (ALU), tezkor xotira boshqaruvchilari va boshqa raqamli bloklarning maksimal ish chastotasi, birinchi navbatda, sxemadagi eng uzun signal tarqalish yo'li – kritik yo'l (critical path) bo'ylab yig'iladigan umumiy kechikish qiymati bilan cheklanadi.

Texnologik normalarning kichraytirilishi (submikron va nanometr diapazoniga o'tish) bir tomondan tranzistorlarning kommutatsiya tezligini oshirsa, ikkinchi tomondan, ulanish liniyalari (interconnect) qarshiligi va parazit sig'implarining nisbiy ta'siri kuchayishiga olib kelmoqda. Natijada kechikishni faqat eksperimental yo'l bilan emas, balki analitik-matematik modellar asosida oldindan bashorat qilish loyihalash jarayonining ajralmas qismiga aylangan.

Maqolaning maqsadi – kombinatsion mantiqiy elementlarning kechikish parametrlarini tavsiflovchi asosiy matematik modellarni tizimlashtirish, ularning afzallik va cheklovlarini ko'rsatish hamda turli tipdagi mantiqiy elementlar (inverter, NAND2, NOR2, XOR2) misolida qiyosiy tahlil o'tkazishdan iborat. Tadqiqot natijalari raqamli sxemalarni sintez qilish bosqichida optimal element tanlash va kechikishni kamaytirish strategiyalarini asoslashga xizmat qiladi.

MATERIALLAR VA METODLAR

2.1. RC kechikish modeli

Eng sodda va keng qo'llaniladigan yondashuv – CMOS elementini rezistiv-sig'imli (RC) zanjir sifatida tasvirlashdir. Bunda ochiq holatdagi tranzistorlar effektiv qarshilik R_{eff} bilan, yuklama esa umumlashgan sig'im C_L bilan almashtiriladi. Chiqish signalining 50% sathiga yetish vaqti sifatida aniqlangan tarqalish kechikishi quyidagi taxminiy ifoda orqali hisoblanadi:

$$t_p \approx 0,69 \cdot R_{eff} \cdot C_L$$

bu yerda 0,69 koeffitsienti eksponensial zaryadlanish jarayonining vaqt konstantasi $\tau = R_{eff} \cdot C_L$ ning 50% sathiga mos logarifmik nuqtasidan kelib chiqadi. Model soddaligiga qaramay, u loyihalashning dastlabki bosqichida tezkor baholash uchun yetarli aniqlik beradi.

2.2. Elmor (Elmore) kechikish modeli

Tarmoqlangan RC tarmoqlari (masalan, ko'p chiqishli buferlar yoki uzun ulanish liniyalari) uchun aniqroq baho Elmor modeli asosida olinadi. Daraxtsimon RC tarmog'ining i-tugunidagi kechikish quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau_i = \sum_k (R_k \cdot C_k), \quad k \in [\text{manba}, i] \text{ yo'lidagi barcha elementlar}$$

ya'ni har bir k-segmentning qarshiligi R_k unga "pastki oqimda" ulangan barcha sig'implar yig'indisi C_k ga ko'paytiriladi va yo'l bo'ylab yig'iladi. Elmor modeli RC modeliga nisbatan tarmoqlanish va oraliq tugunlardagi sig'implarni hisobga olish orqali 10–15% aniqroq natija beradi, biroq hisoblash murakkabligi ortadi.

2.3. Mantiqiy kuch (logical effort) usuli

Sutherland va Sprowl tomonidan taklif qilingan mantiqiy kuch usuli mantiqiy elementning kechikishini texnologiyaga bog'liq bo'lmagan normallashtirilgan ko'rinishda tasvirlaydi:

$$t_p = \tau \cdot (g \cdot h + p)$$

bu yerda τ – texnologik vaqt konstantasi (bitta invertorning intrinsik kechikishi), g – elementning mantiqiy kuchi (uning kirish sig'imining bir xil chiqish tokini ta'minlovchi invertornikiga nisbati), $h = C_{out}/C_{in}$ – tarmoqlanish (electrical effort, ya'ni yuklama va kirish sig'implari nisbati), p – parazit kechikish (elementning ichki, yuklamaga bog'liq bo'lmagan tarkibiy qismi). Ushbu usul bir necha bosqichli zanjirlar uchun optimal bosqichlar sonini va har bir bosqich uchun optimal o'lchamlashni (sizing) analitik yo'l bilan topish imkonini beradi.

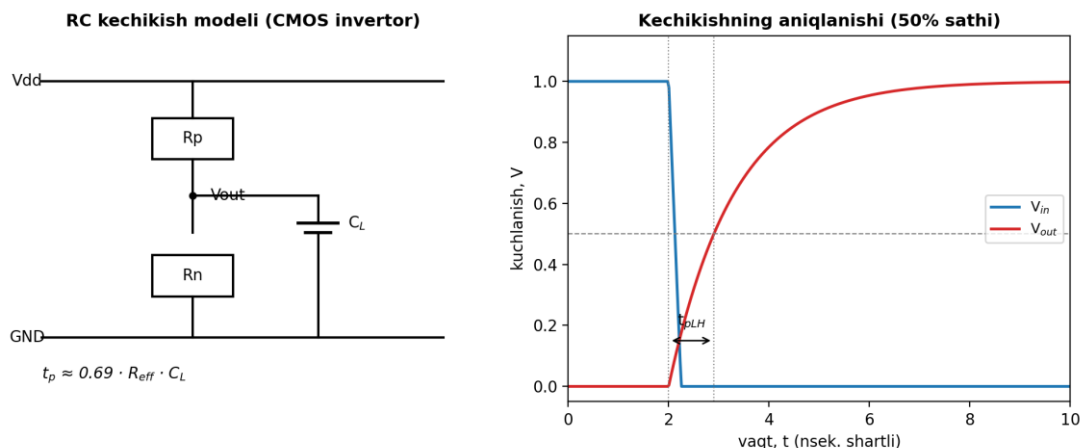
2.4. Tadqiqot metodikasi

Qiyosiy tahlil uchun to'rtta bazaviy kombinatsion element – NOT, NAND2, NOR2 va XOR2 – tanlab olindi. Har bir element uchun mantiqiy kuch g , parazit kechikish p va effektiv qarshilik R_{eff} jadval ko'rinishida umumlashtirildi, so'ngra yuklama sig'imi C_L ni 0 dan 100 shartli birlikkacha (fF) o'zgartirib, tarqalish kechikishi $t_p = a + b \cdot C_L$ ko'rinishidagi chiziqli model bo'yicha hisoblandi, bu

yerda a – element ichki (intrinsik) kechikishi, b – sig'imga bog'liq komponent koeffitsienti. Hisoblashlar ixtiyoriy, ammo amaliy CMOS parametrlariga yaqin shartli birliklarda olib borildi, bu esa natijalarni istalgan texnologik jarayonga masshtablashtirish imkonini beradi.

NATIJARLAR

1-rasmda mantiqiy elementning RC kechikish modeli va chiqish signalining 50% sathiga yetish vaqti sifatida aniqlangan tarqalish kechikishi (t_{pLH}) grafik tarzda ko'rsatilgan.



1-rasm. Kombinatsion element uchun RC kechikish modeli va tarqalish kechikishining aniqlanishi

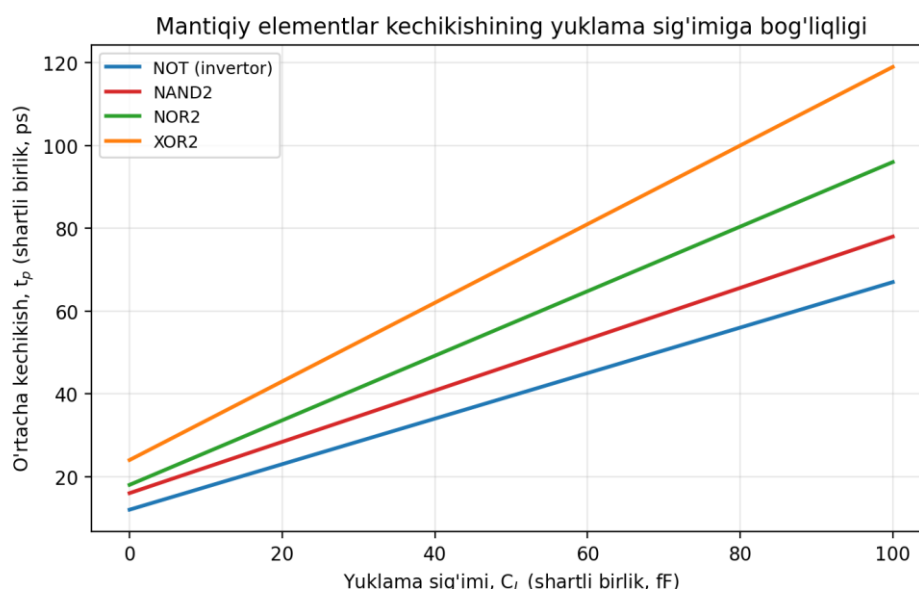
2-jadvalda tanlangan to'rtta mantiqiy element uchun asosiy kechikish parametrlari – mantiqiy kuch g , parazit kechikish p , effektiv qarshilik R_{eff} hamda $C_L = 50$ fF yuklamada hisoblangan tarqalish kechikishi t_p keltirilgan.

1-jadval. Kombinatsion mantiqiy elementlarning kechikish parametrlari taqqoslamasi

Mantiqiy element	Mantiqiy kuch, g	Parazit kechikish, p	R_{eff} (shartli)	$t_p @ C_L=50\text{fF}$ (ps)	Tranzistorlar soni
NOT (inverter)	1,0	1,0	1,0R	39,5	2
NAND2	4/3	2,0	1,33R	47,0	4
NOR2	5/3	2,0	1,67R	57,0	4
XOR2	4,0	4,0	2,0R	71,5	8–12

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, inverter eng kichik mantiqiy kuch ($g = 1,0$) va eng kam tranzistorlar soniga ega bo'lgani sababli minimal kechikishni ta'minlaydi. NAND2 elementi NOR2 ga nisbatan deyarli 1,2 marta tezroq ishlaydi – bu farq PMOS tranzistorlarning NMOS ga nisbatan past harakatchanligi (mobility) tufayli, ketma-ket ulangan PMOS tranzistorlar (NOR2 da) ketma-ket ulangan NMOS tranzistorlarga (NAND2 da) qaraganda kattaroq effektiv qarshilikka ega bo'lishi bilan izohlanadi. XOR2 elementi murakkab ichki tuzilishi (8–12 tranzistor, ko'pincha qo'shimcha inverterlar bilan) tufayli eng katta parazit kechikish va mantiqiy kuchga ega.

3-jadvaldagi tendensiya 2-rasmda C_L ning 0 dan 100 shartli birlikkacha o'zgarishi bo'yicha to'rtta element uchun $t_p(C_L)$ chiziqli bog'lanishlari orqali yaqqol tasvirlangan.



2-rasm. Mantiqiy elementlar kechikishining yuklama sig'imiga bog'liqligi

Grafikdan ko'rinadiki, barcha elementlar uchun kechikish yuklama sig'imiga chiziqli ravishda ortib boradi, biroq har bir to'g'ri chiziqning burchak koeffitsienti (b) elementning chiqish qarshiligi bilan belgilanadi: XOR2 uchun bu qiymat eng katta ($b \approx 0,95$), NOT uchun esa eng kichik ($b \approx 0,55$). Bu shuni anglatadiki, yuqori tarmoqlanish (fan-out) yoki uzun ulanish liniyalari mavjud bo'lgan tugunlarda murakkab elementlar (XOR, XNOR) o'rniga sodda elementlar zanjiridan yoki oraliq buferlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mantiqiy sintez bosqichida bir qator amaliy xulosalar chiqarishga asos bo'ladi. Birinchidan, NAND asosidagi mantiqiy tuzilmalar (NAND-based logic) NOR asosidagilarga nisbatan tezroq ishlashi sababli, sanoat standarti hisoblangan standart yacheykalar (standard cell) kutubxonalarida NAND2/NAND3 elementlariga ustunlik berilishi bejiz emas.

Ikkinchidan, mantiqiy kuch usuli asosida ko'p bosqichli zanjir uchun optimal bosqichlar soni $N_{opt} = \ln(F)$ formulasi orqali baholanadi, bu yerda $F = G \cdot H$ – zanjirning to'liq elektr kuchi (path electrical effort va logical effort ko'paytmasi). Amaliyotda bosqichlar orasidagi optimal kuch nisbati $f \approx 4$ atrofida bo'lganda umumiy kechikish minimallasadi; bundan chetlanish (juda kam yoki juda ko'p bosqich) kechikishning sezilarli oshishiga olib keladi.

Uchinchidan, yuqori tarmoqlanish koeffitsientiga ega tugunlarda (masalan, taktlash signali yoki umumiy shina) kechikishni kamaytirish uchun bufer daraxtlari (buffer insertion) qo'llaniladi – bu Elmor modeli yordamida optimal bufer soni va o'lchamini analitik hisoblash imkonini beradi. To'rtinchidan, texnologik jarayonning kichrayishi bilan ulanish liniyalarining RC kechikishi tranzistor kechikishiga nisbatan tobora dominant omilga aylanmoqda, bu esa zamonaviy sintez vositalarida statik vaqt tahlili (Static Timing Analysis, STA) va parazit elementlarni hisobga oluvchi aniqroq modellarning (masalan, ikkinchi tartibli Pi-model) qo'llanilishini taqozo etadi.

Shu bilan birga, ko'rib chiqilgan modellarning cheklovlarini ham ta'kidlash lozim: RC va Elmor modellari signal frontlarining chiziqli emasligini, qisqa kanalli effektlarni (short-channel effects) va harorat hamda ta'minot kuchlanishining o'zgarishini (PVT variations) to'liq hisobga olmaydi. Shu sababli yakuniy loyihalashda analitik modellar dastlabki baholash vositasi sifatida, aniq natijalar esa SPICE darajasidagi tranzistor modellari asosidagi simulyatsiyalar orqali tasdiqlanadi.

XULOSA

Maqolada kombinatsion mantiqiy elementlarning kechikish parametrlarini matematik modellashtirishning uchta asosiy yondashuvi – RC modeli, Elmor modeli va mantiqiy kuch usuli – tizimli tarzda bayon etildi hamda ularning asosida NOT, NAND2, NOR2 va XOR2 elementlari uchun qiyosiy tahlil o'tkazildi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, elementning tranzistor tuzilishi (ketma-ket/parallel ulanish topologiyasi va tranzistorlar soni) uning mantiqiy kuchi va parazit kechikishini, demak, umumiy tezkorligini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin: kritik yo'llarda NOR2 va murakkab (XOR, XNOR) elementlar o'rniga NAND asosidagi ekvivalent tuzilmalardan foydalanish; yuqori tarmoqlanishga ega tugunlarda mantiqiy kuch usuli asosida hisoblangan optimal bufer zanjirlarini joylashtirish; ko'p bosqichli zanjirlarni loyihalashda har bir bosqich uchun elektr kuchini $f \approx 4$ atrofida ushlab turish. Keyingi tadqiqotlar yo'nalishi sifatida ulanish liniyalari parazitlarini hisobga oluvchi kengaytirilgan Pi- va T-modellarni, shuningdek, mashinaviy o'rganish asosidagi kechikishni tezkor bashorat qilish usullarini qo'llashni ko'rsatish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rabaey J. M., Chandrakasan A., Nikolic B. Digital Integrated Circuits: A Design Perspective. – 2nd ed. – Prentice Hall, 2003.
2. Weste N. H. E., Harris D. M. CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective. – 4th ed. – Addison-Wesley, 2011.
3. Sutherland I., Sproull B., Harris D. Logical Effort: Designing Fast CMOS Circuits. – Morgan Kaufmann, 1999.
4. Elmore W. C. The Transient Response of Damped Linear Networks with Particular Regard to Wideband Amplifiers // Journal of Applied Physics. – 1948. – Vol. 19.
5. Kang S.-M., Leblebici Y. CMOS Digital Integrated Circuits: Analysis and Design. – 3rd ed. – McGraw-Hill, 2003.

ELEKTRON HUKUMAT TIZIMLARIDA RAQAMLI DAVLAT XIZMATLARINI TAKOMILLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Qahhorov Abdulaziz Abdulla o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada elektron hukumat tizimlarida raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirishning zamonaviy texnologik yechimlari tahlil qilingan. Tadqiqotda yagona kirish tizimi (Single Sign-On), sun'iy intellekt asosidagi chatbotlar, ochiq API orqali tizimlararo integratsiya, blokcheyn texnologiyasi va mobil xizmatlarning davlat xizmatlari ko'rsatish tezligi, foydalanuvchi qoniqishi va joriy etish xarajatlariga ta'siri qiyosiy tahlil qilingan. Shuningdek, xizmatlarning besh bosqichli yetuklik modeli (axborot berishdan integratsiyalashgan proaktiv xizmatgacha) asosida milliy elektron hukumat portali xizmatlari takomillashtirishdan oldin va keyingi taqsimoti o'rganilgan. Tadqiqot natijalari zamonaviy texnologiyalarni kompleks tarzda joriy etish xizmatlarning yuqori yetuklik bosqichlariga o'tishini sezilarli darajada tezlashtirishini ko'rsatdi. Maqola so'ngida raqamli davlat xizmatlarini yanada takomillashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so'zlar:** elektron hukumat, raqamli davlat xizmatlari, yagona kirish tizimi, sun'iy intellekt, ochiq API, blokcheyn, xizmat yetuklik modeli, raqamli transformatsiya.*

***Annotation.** This article analyzes modern technological solutions for improving digital public services within e-government systems. The study comparatively examines the impact of Single Sign-On systems, AI-based chatbots, open API-based inter-agency integration, blockchain technology, and mobile services on public service delivery speed, user satisfaction, and implementation costs. It also examines the distribution of services on the national e-government portal across a five-stage maturity model (from information provision to integrated proactive service) before and after improvement. The results show that the complex implementation of modern technologies significantly accelerates the transition of services to higher maturity stages. The article concludes with practical recommendations for further improving digital public services.*

***Keywords:** e-government, digital public services, Single Sign-On, artificial intelligence, open API, blockchain, service maturity model, digital transformation.*

***Аннотация.** В данной статье анализируются современные технологические решения для совершенствования цифровых государственных услуг в системах электронного правительства. В исследовании проведён сравнительный анализ влияния системы единого входа (Single Sign-On), чат-ботов на основе искусственного интеллекта, межведомственной интеграции на основе открытых API, блокчейн-технологии и мобильных сервисов на скорость предоставления государственных услуг, удовлетворённость пользователей и затраты на внедрение. Также рассмотрено распределение услуг национального портала электронного правительства по пятиступенчатой модели зрелости (от предоставления информации до интегрированной проактивной услуги) до и после совершенствования. Результаты исследования показали, что комплексное внедрение современных технологий значительно ускоряет переход услуг на более высокие ступени зрелости. В конце статьи*

представлены практические рекомендации по дальнейшему совершенствованию цифровых государственных услуг.

Ключевые слова: электронное правительство, цифровые государственные услуги, единый вход, искусственный интеллект, открытый API, блокчейн, модель зрелости услуг, цифровая трансформация.

KIRISH

Elektron hukumat tizimlarining rivojlanishi zamonaviy davlat boshqaruvining eng muhim yo'nalishlaridan biriga aylanib, fuqarolar va davlat o'rtasidagi o'zaro munosabatlarni shaffof, tezkor va qulay shaklga o'tkazishga xizmat qilmoqda. Biroq ko'plab elektron hukumat portallarida xizmatlarning katta qismi hali ham faqat ma'lumot berish yoki hujjat shakllarini yuklab olish darajasida qolib, to'liq tranzaksion yoki proaktiv xizmat bosqichiga yetmagan. Shu sababli raqamli davlat xizmatlarini yanada takomillashtirish uchun zamonaviy texnologik yechimlarni tizimli joriy etish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Xalqaro tashkilotlar va tadqiqotchilar (United Nations, 2022; Layne & Lee, 2001; West, 2004; OECD, 2020) elektron hukumat xizmatlarining bosqichma-bosqich rivojlanish modellarini, shuningdek yagona kirish tizimlari va sun'iy intellekt vositalarining davlat xizmatlari sifatiga ta'sirini keng tadqiq qilishgan. O'zbek olimlari (Toshpo'latov, 2023; Yunusova, 2022; Bekmurodov, 2021) esa milliy elektron hukumat tizimini rivojlantirish, jumladan "my.gov.uz" portali va ONE ID tizimining joriy etilishi natijalarini tadqiq qilishgan.

Tadqiqotning maqsadi — elektron hukumat tizimlarida raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirishning zamonaviy texnologik yechimlarini tahlil qilish va ularning xizmatlar yetuklik darajasiga ta'sirini baholashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari: 1) raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirishning asosiy texnologik yechimlarini tizimli tahlil qilish; 2) texnologiyalarning xizmat ko'rsatish tezligi, foydalanuvchi qoniqishi va xarajatlarga ta'sirini qiyosiy baholash; 3) xizmatlarning besh bosqichli yetuklik modeli asosida joriy holatni tahlil qilish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI

Tadqiqotda O'zbekiston milliy elektron hukumat portalida joylashtirilgan 180 ta davlat xizmati namunasi tahlil qilindi. Xizmatlar Layne va Lee (2001) tomonidan ishlab chiqilgan besh bosqichli yetuklik modeli (axborot berish, bir tomonlama muloqot, ikki tomonlama muloqot, tranzaksion xizmat, integratsiyalashgan/proaktiv xizmat) asosida tasniflandi. Tahlil ikki davr kesimida — texnologik takomillashtirish chora-tadbirlari (ONE ID tizimini kengaytirish, ochiq API platformasini joriy etish, chatbot xizmatlarini yo'lga qo'yish) amalga oshirilishidan oldingi va keyingi holat bo'yicha o'tkazildi.

Tadqiqotda hujjatlarni tahlil qilish, qiyosiy tahlil, ekspert baholash hamda portal statistikasini monitoring qilish metodlaridan foydalanildi. Texnologiyalarning ta'sirini baholashda quyidagi mezonlar qo'llanildi: xizmat ko'rsatish tezligiga ta'sir darajasi, foydalanuvchi qoniqishiga ta'sir darajasi va joriy etish xarajati (uch darajali — past, o'rta, yuqori — ekspert baholash shkalasi asosida). Xizmatlar yetuklik darajasi taqsimoti esa portal statistikasi va rasmiy hisobotlar asosida aniqlandi.

NATIJALAR

1-jadvalda raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirishda qo'llaniladigan asosiy texnologiyalarning qiyosiy tahlili keltirilgan. Tahlil natijalariga ko'ra, yagona kirish tizimi (Single Sign-On) va ochiq API orqali tizimlararo integratsiya xizmat ko'rsatish tezligi va foydalanuvchi qoniqishiga eng yuqori ijobiy ta'sir ko'rsatuvchi texnologiyalar sifatida aniqlandi, biroq ochiq API integratsiyasi nisbatan yuqori joriy etish xarajatlarini talab qiladi.

1-jadval. Raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirish texnologiyalarining qiyosiy tahlili

Texnologiya	Vazifasi	Xizmat ko'rsatish tezligiga ta'siri	Foydalanuvchi qoniqishiga ta'siri	Joriy etish xarajati
Yagona kirish tizimi (Single Sign-On / ONE ID)	Bir marta ro'yxatdan o'tish orqali barcha davlat xizmatlariga kirish imkonini berish	Yuqori	Yuqori	O'rta
Sun'iy intellekt asosidagi chatbotlar	Fuqarolarning tez-tez beriladigan savollariga avtomatik javob berish, murojaatlarni yo'naltirish	Yuqori	O'rta-Yuqori	O'rta
Ochiq API va tizimlararo integratsiya	Turli davlat idoralari ma'lumotlar bazalarini o'zaro bog'lash, qayta ma'lumot talab qilmaslik	Yuqori	Yuqori	Yuqori
Blokcheyn asosida hujjatlarni tasdiqlash	Elektron hujjat va ma'lumotlarning haqiqiylikini o'zgarmas tarzda tasdiqlash	O'rta	O'rta	Yuqori
Mobil ilova va SMS-xabarnoma xizmatlari	Xizmatlarga mobil qurilmalar orqali kirish va jarayon holati haqida xabardor qilish	O'rta-Yuqori	Yuqori	Past-O'rta
Katta ma'lumotlar tahlili (big data analytics)	Fuqarolar murojaatlarini tahlil qilib, xizmatlarni ehtiyojga moslashtirish	O'rta	O'rta	Yuqori

2-jadvalda milliy elektron hukumat portali xizmatlarining besh bosqichli yetuklik modeli bo'yicha takomillashtirishdan oldingi va keyingi taqsimoti keltirilgan. Natijalarga ko'ra, takomillashtirishdan oldin xizmatlarning 53 foizi (22%+31%) faqat axborot berish yoki bir tomonlama muloqot bosqichida bo'lgan bo'lsa, takomillashtirishdan keyin bu ko'rsatkich 18 foizgacha kamaygan. Shu bilan birga, tranzaksion va integratsiyalashgan xizmatlar ulushi 19 foizdan (14%+5%) 48 foizgacha (35%+13%) oshgan.

2-jadval. Xizmatlarning besh bosqichli yetuklik modeli bo'yicha taqsimoti (takomillashtirishdan oldin va keyin)

Xizmat yetuklik bosqichi	Tavsifi	Takomillashtirishdan oldingi xizmatlar ulushi, %	Takomillashtirishdan keyingi xizmatlar ulushi, %
1-bosqich: Axborot berish	Xizmat haqida faqat ma'lumot joylashtirilgan, jarayon onlayn amalga oshmaydi	22	6
2-bosqich: Bir tomonlama muloqot	Ariza shakllarini yuklab olish mumkin, ammo topshirish offlayn tarzda	31	12
3-bosqich: Ikki tomonlama muloqot	Arizani onlayn topshirish va holatini kuzatish mumkin	28	34
4-bosqich: Tranzaksion xizmat	To'lov va imzolashni o'z ichiga olgan holda xizmat to'liq onlayn yakunlanadi	14	35
5-bosqich: Integratsiyalashgan (proaktiv) xizmat	Xizmat turli idoralar ma'lumotlari asosida avtomatik va proaktiv tarzda taqdim etiladi	5	13

So'rovnoma natijalariga ko'ra, fuqarolarning 77 foizi yagona kirish tizimi orqali barcha xizmatlarga bitta hisob qaydnomasi bilan kirish imkoniyatini qulay deb baholadi, 64 foizi esa chatbot xizmatlari orqali tezkor javob olish tajribasidan mamnun ekanligini bildirdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Layne va Lee (2001) tomonidan taklif etilgan, elektron hukumat xizmatlarining bosqichma-bosqich (axborotdan integratsiyagacha) rivojlanish modelining amaliy jihatdan asoslanganligini tasdiqlaydi. Xizmatlarning tranzaksion va integratsiyalashgan bosqichlarga o'tishi, birinchi navbatda, tizimlararo ma'lumot almashishni ta'minlovchi ochiq API infratuzilmasi va yagona identifikatsiya tizimining mavjudligiga bog'liq ekanligi aniqlandi.

Shu bilan birga, BMTning (2022) global elektron hukumat rivojlanish indeksi bo'yicha hisobotida ta'kidlanganidek, texnologik yechimlarning o'zi yetarli emas — xizmatlarning foydalanuvchi uchun qulayligi (user-centricity), raqamli tenglik va fuqarolarning raqamli savodxonligi ham xizmatlar samaradorligini belgilovchi muhim omillardir. West (2004) shuningdek davlat idoralari o'rtasidagi tashkiliy-institutsional to'siqlar ko'pincha texnologik cheklovlardan ko'ra integratsiyani sekinlashtiruvchi asosiy omil ekanligini ta'kidlaydi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot elektron hukumat tizimlarida raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirishda yagona kirish tizimi, sun'iy intellekt vositalari va ochiq API integratsiyasi kabi

zamonaviy texnologiyalarni kompleks tarzda joriy etish xizmatlarning yuqori yetuklik bosqichlariga o'tishini sezilarli darajada tezlashtirishini ko'rsatdi. Takomillashtirish natijasida tranzaksion va integratsiyalashgan xizmatlar ulushi deyarli 2,5 barobar oshgan.

Kelgusida quyidagilar tavsiya etiladi: 1) hali axborot berish yoki bir tomonlama muloqot bosqichida qolgan xizmatlarni bosqichma-bosqich tranzaksion darajaga ko'tarish rejasini ishlab chiqish; 2) davlat idoralari o'rtasida ochiq API standartlarini kengroq joriy etish orqali ma'lumotlar almashinuvini soddalashtirish; 3) sun'iy intellekt asosidagi chatbot va proaktiv xabarnoma xizmatlarini barcha yetakchi davlat xizmatlarida qo'llash; 4) fuqarolarning raqamli savodxonligini oshirish bo'yicha maqsadli dasturlarni elektron hukumat xizmatlarini targ'ib qilish bilan uyg'unlashtirish.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Toshpo'latov, A.R. (2023). O'zbekistonda elektron hukumat tizimini rivojlantirishning zamonaviy tendensiyalari. Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti.
2. Yunusova, M.K. (2022). ONE ID yagona identifikatsiya tizimining davlat xizmatlari sifatiga ta'siri. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar jurnali, №3, 66-73.
3. Bekmurodov, SH.T. (2021). Milliy elektron hukumat portali xizmatlarini raqamlashtirish tajribasi. ToshDTU ilmiy axborotnomasi, №5, 90-97.
4. Ne'matova, F.B. (2023). Davlat xizmatlarida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish istiqbollari. Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya jurnali, №2, 58-64.
5. Qurbonov, I.A. (2022). Davlat organlari o'rtasida ochiq API asosida ma'lumot almashish arxitekturasini. Uzlusiz ta'lim jurnali, №1, 41-47.
6. United Nations. (2022). E-Government Survey 2022: The Future of Digital Government. New York: UN Department of Economic and Social Affairs.
7. Layne, K., & Lee, J. (2001). Developing fully functional e-government: A four stage model. Government Information Quarterly, 18(2), 122-136.
8. West, D.M. (2004). E-government and the transformation of service delivery and citizen attitudes. Public Administration Review, 64(1), 15-27.
9. OECD. (2020). The OECD Digital Government Policy Framework: Six Dimensions of a Digital Government. Paris: OECD Publishing.
10. Janowski, T. (2015). Digital government evolution: From transformation to contextualization. Government Information Quarterly, 32(3), 221-236.

YOPIQ EKOTIZIMLARDA SUV VA ENERGIYA RESURLARINI TEJOVCHI IOT ASOSIDAGI AQLLI MONITORING TIZIMI

Norboboyev Alibek Shuhrat o'g'li

Ochilova Sojida Rayimberdi qizi

Ochilov Muzaffar Rayimberdievich

Qarshi davlat texnika universiteti Karshi 180100, Uzbekistan,

E-mail: alibeknorboboyev268@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti Karshi 180100, Uzbekistan,

E-mail: sojida.ochilova28@gmail.com

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti Karshi 180100, Uzbekistan,

Annotatsiya: Ushbu maqolada iqlim o'zgarishi va suv resurslari taqchilligi sharoitida yopiq binolarda (ofislar, ta'lim muassasalari) mikroiklimni yaxshilash hamda resurslarni tejashga qaratilgan IoT (Internet of Things) asosidagi aqlli gultuvak tizimining apparat-dasturiy arxitekturasini tahlil qilinadi. Taklif etilayotgan "GreenBreth" loyihasi doirasida "Zero-waste" (chigindisiz va isrofsiz) suv aylanish mexanizmi, shuningdek, apparat xarajatlarini 60% ga qisqartiruvchi markazlashgan "Multi-pot" boshqaruv tizimi amaliyotda qanday ishlashi ilmiy asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: IoT, ESP32, aqlli ekotizim, suvni tejash, bio-filtr, sun'iy intellekt, HaaS, mikroiklim, CO2 monitoringi.

Аннотация: В данной статье анализируется аппаратная и программная архитектура интеллектуальной системы орошения на основе Интернета вещей (IoT), предназначенной для улучшения микроклимата и экономии ресурсов в помещениях (офисах, учебных заведениях) в условиях изменения климата и дефицита воды. В рамках предлагаемого проекта «GreenBreth» дано научное обоснование практической работы механизма циркуляции воды «Без отходов», а также централизованной системы управления «Многопоточный», которая снижает затраты на оборудование на 60%.

Ключевые слова: IoT, ESP32, интеллектуальная экосистема, экономия воды, биофильтр, искусственный интеллект, HaaS, микроклимат, мониторинг CO2.

Abstract: This article analyzes the hardware-software architecture of an IoT-based smart flowerpot system designed to improve the microclimate and conserve resources in indoor environments (such as offices and educational institutions) amidst climate change and water scarcity. Within the framework of the proposed "GreenBreth" project, the practical operation of a "zero-waste" water circulation mechanism and a centralized "Multi-pot" control system—which reduces hardware costs by 60%—is scientifically substantiated.

Keywords: IoT, ESP32, smart ecosystem, water conservation, bio-filter, artificial intelligence, HaaS, microclimate, CO2 monitoring.

KIRISH

Jahon miqyosida global isish va chuchuk suv resurslarining qisqarishi fonida, an'anaviy qishloq xo'jaligi va shahar ko'kalamzorlashtirish (urban greening) tizimlarida suv isrofgarchiligi eng dolzarb makro-muammolardan biriga aylanib ulgurdi. BMTning Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) hisobotlariga ko'ra, chuchuk suvning qariyb 70 foizi sug'orish maqsadlarida ishlatiladi va uning yarmidan ko'pi bug'lanish yoki samarasiz drenaj orqali isrof bo'ladi. O'zbekiston sharoitida ham an'anaviy sug'orish usullari orqali har yili millionlab litr toza ichimlik suvi yo'qotilmoqda.

Makro-muammolar bilan bir qatorda, zamonaviy urbanizatsiya jarayoni insonlarni ko'proq yopiq binolarda ishlashga majbur qilmoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (WHO) va Xalqaro mehnat tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, zamonaviy ofis xodimi o'z vaqtining qariyb 80-90% qismini yopiq xonalarda o'tkazadi. Bunday sharoitda xonadagi karbonat angidrid (CO2) miqdorining 1000 ppm (parts per million) dan oshishi xodimlarda "Bino ichki kasalligi sindromi" (Sick Building Syndrome - SBS), surunkali charchoq, diqqat pasayishi va kognitiv funksiyalarning 15-20% ga yomonlashishini keltirib chiqaradi.

Bozorda mavjud bo'lgan an'anaviy havo tozalagichlar (Air Purifiers) asosan mexanik HEPA (High-Efficiency Particulate Air) filtrlarga asoslangan bo'lib, ular faqat havoni chang va zarrachalardan tozalaydi, biroq xonadagi kislorod (O₂) miqdorini oshira olmaydi. Qolaversa, ular doimiy texnik xizmat ko'rsatishni va katta miqdorda elektr energiyasini talab qiladi. Ushbu muammolarni majmuaviy hal etish maqsadida muhandislik, bionika va axborot texnologiyalari chorrahasida yaratilgan "GreenBreth" aqlli ekotizimi ishlab chiqildi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – yopiq xonalarda havoni tabiiy fitoremediatsiya usulida tozalovchi va shu bilan birga suvni 100% qayta ishlovchi avtomatlashtirilgan IoT tizimini yaratishdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot doirasida yaratilgan apparat-dasturiy majmua ikkita asosiy innovatsion muhandislik yechimiga tayangan holda ishlaydi: "Zero-Waste" yopiq sikl mexanikasi va "Multi-pot" markazlashgan apparat arxitekturasida.

"Zero-Waste" mexanik va biologik filtrlash tizimi. An'anaviy ochiq gultuvaklarda gravitatsiya va namlikning notekis taqsimlanishi oqibatida suvning katta qismi idish ostiga oqib tushadi yoki tuproq yuzasidan tez bug'lanib ketadi. Taklif etilayotgan "GreenBreth" tizimida korpus muhandislik nuqtai nazaridan 3 ta mustaqil qatlama (layer) ajratilgan:

- Yuqori qatlam (Faol biologik zona): O'simlik ildizi, namlikni yaxshi saqlovchi maxsus perlitli tuproq va korroziyaga chidamli sig'imli (capacitive) namlik datchigi joylashgan. Sig'imli datchiklar an'anaviy rezistiv datchiklardan farqli o'laroq, tuproqdagi tuzlar ta'sirida oksidlanmaydi va uzoq yillar xizmat qiladi.

- O'rta qatlam (Bio-filtratsiya zonasi): Bu qatlam suv o'tkazuvchi va tozalovchi funksiyani bajaradi. Tarkibida faollashtirilgan ko'mir va keramzit bo'lib, ular nafaqat suvni, balki o'simlik yutgan CO₂ tarkibidagi toksinlarni ham ushlab qoladi (NASA ning yopiq kosmik stansiyalar uchun o'tkazgan Clean Air Study tadqiqotlari tamoyiliga asoslangan).

- Pastki qatlam (Gidravlik rezervuar): Tozalangan va orttirilgan suv yig'iladigan germetik idish va unga o'rnatilgan mikronasos. Ushbu yopiq sikl orqali tizim o'ziga quyilgan suvni 100% qayta aylanmaga kiritadi va kapillyar sug'orish prinsipi orqali mutlaq nolinchisi isrofni (0% waste) ta'minlaydi.

Elektronika va "Multi-pot" arxitekturasida. Tizimning hisoblash markazi – ikki yadroli, o'rnatilgan Wi-Fi va Bluetooth modullariga ega bo'lgan energiya tejamkor ESP32 mikrokontrolleri hisoblanadi (Tensilica Xtensa Dual-Core 32-bit LX6). Hozirgi kunda IoT bozoridagi aksariyat aqlli gultuvaklarda (masalan, xorijiy analoglarda) har bir tuvak uchun alohida mikrokontroller o'rnatiladi, bu esa apparat xarajatlarini (hardware cost) keskin oshirib yuboradi.

Biz taklif qilayotgan "Multi-pot" arxitekturasida bitta markaziy ESP32 kontrolleri o'zining I2C, SPI va ko'p kanalli ADC interfeyslari orqali 3 tadan ortiq alohida gultuvaklardagi sensorlar (tuproq namligi, suv sathi, yorug'lik) ma'lumotlarini mustaqil o'qiydi va har birining nasosini (MOSFET tranzistorlari orqali) alohida boshqaradi. Qurilmaning avtonomligini ta'minlash uchun 18650 litiy-ion batareyasi (3.7V) va TP4056 zaryadlash va himoya moduli qo'llanilgan. Tashqi quvvat zamonaviy Type-C porti orqali beriladi. Tizim "Oflayn rejim" bilan ta'minlangan bo'lib, Wi-Fi tarmog'i uzilib qolgan taqdirda, EEPROM xotirasiga yozilgan oxirgi operatsion algoritmlar asosida sensorlarni so'rov qilishni va nasosni ishga tushirishni mustaqil davom ettiradi.

Dasturiy ta'minot va sun'iy intellekt integratsiyasi Tizimning dasturiy qismi uchta darajada (Edge, Cloud, App) ishlaydi.

- Foydalanuvchi interfeysi Dart tilida Flutter freymvorki orqali yozilgan bo‘lib, u ham iOS, ham Android platformalarida birdek ishlaydi.

- Backend tizimi sifatida Firebase Realtime Database va FastAPI (Python) qo‘llanilgan. Ma’lumotlar almashinuvi IoT standartlaridan bo‘lgan MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokoli orqali amalga oshiriladi, bu esa tarmoq trafigini va kechikishni (latency) minimal darajaga tushiradi.

- Eng e’tiborli jihati, ilovaga integratsiya qilingan Sun’iy Intellekt (AI Plant ID - Computer Vision modeli). Foydalanuvchi o‘simlikni rasmga olganda, neyron tarmoq gul turini (masalan, *Spathiphyllum*) aniqlaydi va ma’lumotlar bazasidan shu gul uchun optimal bo‘lgan namlik (60-70%) va yorug‘lik ko‘rsatkichlarini yuklab olib, ESP32 kontrollerining ish rejimini avtomatik sozlaydi.

Tizimning markaziy boshqaruv bloki (ESP32) va bulutli server o‘rtasidagi ishlash algoritmi quyidagi mantiqiy ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

- **1-qadam (Initsializatsiya):** Tizim ishga tushadi, ESP32 datchiklardan (tuproq namligi va suv sathi) dastlabki analog ma’lumotlarni o‘qiydi.

- **2-qadam (AI ma’lumotini qabul qilish):** Mobil ilovadagi Computer Vision modeli (Plant ID) orqali aniqlangan o‘simlikning “Minimal namlik chegarasi” ($Limit_{min}$) bulutdan ESP32 ga yuklanadi.

- **3-qadam (Taqqoslash):** Mikrokontroller joriy namlikni (H_{joriy}) $Limit_{min}$ bilan taqqoslaydi.

- Shart 1: Agar $H_{joriy} < Limit_{min}$ bo‘lsa, 4-qadamga o‘tiladi.

- Shart 2: Agar $H_{joriy} \geq Limit_{min}$ bo‘lsa, tizim kutish rejimiga (Deep Sleep) o‘tadi va energiya tejaydi.

- **4-qadam (Gidravlik harakat):** MOSFET tranzistori orqali suvga sho‘ng‘uvchi nasos ishga tushiriladi. Suv kapillyar naycha orqali tuproqqa uzatiladi.

- **5-qadam (Yopiq sikl va Filtrlash):** Ortiqcha suv bio-filtrdan o‘tib, zaharli moddalardan (toksinlardan) tozalanadi va qayta rezervuarga tushadi.

- **6-qadam (Sinxronizatsiya):** Barcha yangilangan ko‘rsatkichlar MQTT protokoli orqali Firebase serveriga uzatiladi va mijozning smartfonida (Dashboard) aks etadi.

OLINGAN NATIJALAR VA IQTISODIY SAMARADORLIK.

O‘tkazilgan tadqiqotlar va dastlabki 6 oylik maqsadli smeta tahlillari quyidagi amaliy natijalarni ko‘rsatdi:

1. **Iqtisodiy tejamkorlik (Hardware optimization):** “Multi-pot” arxitekturasida tufayli apparat qismlariga ketadigan to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar mavjud analoglarga nisbatan 60% ga qisqartirildi. Bitta tayyor aqlli qurilmaning tannarxi o‘rtacha 435,000 so‘mni tashkil etib, kapital rentabelligini (ROI) oshiradi.

2. **Tijorat modeli (HaaS - Hardware-as-a-Service):** Loyiha B2B sektoriga moslashtirilgan. IT ofislar, banklar va universitetlarga shunchaki uskuna sotilmaydi, balki “Buyurtma - Tizimni yig‘ish - O‘rnatish - Tarmoqqa ulash” zanjiri asosida “Kalit Taslim” (Turnkey) ekotizimi o‘rnatib beriladi. Mijoz faqat oylik obuna va monitoring xizmati uchun to‘lov qiladi.

3. **Ijtimoiy-ekologik ta’sir va Geymifikatsiya (“Raqamli Hashar”):** Ilova ichida joriy qilingan reyting tizimi orqali foydalanuvchilar (masalan, ofis xodimlari) o‘rtasida qancha suv tejagani bo‘yicha raqobat muhiti shakllantirildi. Bitta tizimga ulangan yuzlab qurilmalar kelajakda butun O‘zbekiston bo‘ylab yagona “Raqamli o‘rmon” (Digital Forest) iqlim tarmog‘ini yaratishga xizmat qiladi.

1-jadval. “GreenBreth” tizimining an’anaviy analoglarga nisbatan qiyosiy ko‘rsatkichlari.

Texnik va Iqtisodiy Mezonlar	An'anaviy Tozalagich (HEPA)	Havo	Xorijiy Gultuvaklar Pots)	Aqlli (Smart	“GreenBreth” (Taklif qilinayotgan)	tizimi
Havoni tozalash usuli	Mexanik filtratsiya (chang yig'ish)		Faqat o'simlikning tabiiy xususiyati		Fitoremediatsiya + Bio-filtratsiya	
Kislorod (O2) ishlab chiqarish	Yo'q		Bor (Lekin boshqarilmaydi)		Bor (AI orqali o'sish optimallashtiriladi)	
Suv sarfi va isrofi	Taalluqli emas		30-40% (bug'lanish va ketish)	isrof oqib	0% isrof (Yopiq sikl mexanikasi)	
Mikrokontroller arxitekturalari	Oddiy taymer va tugmalar		Har bir tuvak uchun alohida qimmat chip		“Multi-pot” (1 ta ESP32 chipi > 3 ta tuvak)	
O'rtacha apparat tannarxi	2,000,000 - 5,000,000 so'm		1,500,000 - 3,000,000 so'm		~435,000 so'm (60% iqtisodiy tejamkor)	

Xulosa. Tadqiqot xulosalari shuni ko'rsatadiki, muhandislik echimlari va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini birlashtiruvchi “GreenBreth” IoT tizimi yopiq binolarda havoni tozalash va kislorod miqdorini oshirishning eng optimal, ishonchli va resurs tejamkor usulidir. “Zero-waste” tizimi suvni 100% gacha qayta ishlatish imkonini bersa, ESP32 ga asoslangan “Multi-pot” tizimi loyihani tezkor masshtablashtirish imkonini beradi. Mazkur loyihaning keng miqyosda joriy etilishi respublikamizda “yashil iqtisodiyot” prinsiplarini yopiq binolar infratuzilmasida qo'llashga hamda inson salomatligi va mehnat unumdorligini raqamli monitoring qilishga zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining “Suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha kechiktirib bo'lmaydigan chora-tadbirlar to'g'risida”gi va “Suv resurslaridan oqilona foydalanish va uni tejash tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi qarorlari. (Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, Lex.uz).
2. World Health Organization (WHO). (2021). Indoor Air Quality Guidelines: Dampness and Mould. Geneva: World Health Organization.
3. Wolverton, B. C., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement. NASA National Aeronautics and Space Administration, John C. Stennis Space Center.
4. Ray, P.P. (2018). “A survey on Internet of Things architectures”. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 30(3), 291-319. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>
5. Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., et al. (2012). "Is CO2 an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO2 concentrations on human decision-making performance". Environmental Health Perspectives, 120(12), 1671-1677.

6. Prathibha, S. R., Hongal, A., & Jyothi, M. P. (2017). "IoT Based Monitoring System in Smart Agriculture". 2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology (ICRAECT). IEEE, pp. 81-84.
7. Wäldchen, J., & Mäder, P. (2018). "Plant Species Identification Using Computer Vision Techniques: A Systematic Literature Review". Archives of Computational Methods in Engineering, 25(2), 507-543.
8. Patel, K. A., & Shah, M. (2020). "Smart Plant Pot using IoT and Cloud Computing". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 9(5), 112-116.
9. Al-Shrouf, A. (2017). "Hydroponics, Aeroponic and Aquaponic as Compared with Conventional Farming". American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences, 27(1), 247-255.
10. Hui, G. (2014). "How the Internet of Things Changes Business Models". Harvard Business Review, 92(7/8), 1-5.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГИБРИДОВ И ОЦЕНКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

¹Сувонов Бехруз Искандар угли

¹Университет экономики и педагогики, Карши 180100,

e-mail: behruzsuvonov0@gmail.com

Аннотация. В статье предложена система компьютерного зрения для автоматизированного измерения морфометрических показателей зерна кукурузы, определения массы 1000 зёрен и идентификации гибридов по цифровым изображениям. Система адаптирована к восьми гибридам, возделываемым в Узбекистане: Ўзбекистон 601 ЕСВ, Ўзбекистон 300 МВ, Ўзбекистон 306 АМВ, Қорасув 350 АМВ, Днепровский 181, Молдавский 257 СВ, Молдавский 215 АМВ и Молдавия 425 МВ. Приведены схема лабораторной установки, алгоритм обработки изображений, система морфометрических признаков и порядок расчёта массы 1000 зёрен в соответствии с ГОСТ 10842-89. Показано, как разрешение камеры и ширина поля зрения влияют на погрешность измерения размеров зерна. Автоматический подсчёт и измерение каждого зерна заменяют ручной счёт и выборочные измерения штангенциркулем, а классификатор на основе свёрточной нейронной сети позволяет оперативно проверять соответствие партии заявленному гибриду.

Ключевые слова: компьютерное зрение, кукуруза, гибриды, морфометрия зерна, масса 1000 зёрен, идентификация гибридов, ГОСТ 10842-89, Узбекистан.

Annotatsiya. Maqolada raqamli tasvirlar asosida makkajo‘xori donalarining morfometrik parametrlarini avtomatlashtirilgan tarzda o‘lchash, 1000 ta dona vaznini aniqlash va gibridlarni identifikatsiya qilishga mo‘ljallangan kompyuter ko‘rish tizimi taklif etiladi. Tizim O‘zbekistonda yetishtiriladigan sakkizta gibrid — "O‘zbekiston 601 ESV", "O‘zbekiston 300 MV", "O‘zbekiston 306 AMV", "Qorasuv 350 AMV", "Dneprovskiy 181", "Moldavskiy 257 SV", "Moldavskiy 215 AMV" va "Moldaviya 425 MV" uchun moslashtirilgan. Maqolada laboratoriya qurilmasining sxemasi, tasvirni qayta ishlash algoritmi, morfometrik parametrlar tizimi hamda GOST 10842-89 standartiga muvofiq 1000 dona don vaznini hisoblash tartibi keltirilgan. Unda kamera ruxsati va ko‘rish maydonining

don o'lchamlarini o'lchashdagi xatolikka qanday ta'sir qilishi ko'rsatib o'tilgan. Alohida donalarni avtomatlashtirilgan tarzda sanash va o'lchash jarayoni qo'lda sanash hamda shtangensirkul yordamida tanlanma o'lchovlar o'tkazish usulini almashtiradi; shu bilan birga, konvolyutsion neyron tarmoqqa asoslangan klassifikator don partiyasining e'lon qilingan gibridga mosligini tezkor tekshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar. kompyuter ko'rishi, makkajo'xori, duragaylar, don morfometriyasi, 1000 ta don vazni, duragayni aniqlash, GOST 10842-89, O'zbekiston.

Annotation. The article proposes a computer vision system for the automated measurement of corn kernel morphometric parameters, the determination of 1000-kernel weight, and hybrid identification based on digital images. The system is adapted for eight hybrids cultivated in Uzbekistan: O'zbekiston 601 ESV, O'zbekiston 300 MV, O'zbekiston 306 AMV, Qorasuv 350 AMV, Dneprovskiy 181, Moldavskiy 257 SV, Moldavskiy 215 AMV, and Moldaviya 425 MV. The paper presents a schematic of the laboratory setup, an image processing algorithm, a system of morphometric parameters, and the procedure for calculating the 1000-grain weight in accordance with GOST 10842-89. It demonstrates how camera resolution and the field of view affect measurement error regarding grain dimensions. Automated counting and measurement of individual grains replace manual counting and selective caliper measurements, while a classifier based on a convolutional neural network enables rapid verification of whether a batch matches the declared hybrid.

Keywords. computer vision, maize, hybrids, grain morphometry, 1000-grain weight, hybrid identification, GOST 10842-89, Uzbekistan.

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза — одна из основных зерновых и кормовых культур Узбекистана. Её возделывают как в основном весеннем посеве, так и в повторном летнем посеве после озимой пшеницы [1]. В семеноводстве и при приёмке зерна необходимо контролировать не только засорённость и повреждённость зерна, но и его морфометрические показатели: крупность, выравненность, массу 1000 зёрен, а также соответствие партии заявленному гибриду.

Сегодня эти показатели определяют вручную. Массу 1000 зёрен по ГОСТ 10842-89 находят по двум навескам, каждая из которых близка к 500 зёрнам; зёрна считают вручную или с помощью фотоэлектрического счётчика [2]. Линейные размеры измеряют штангенциркулем на ограниченной выборке, а принадлежность к гибриду оценивают визуально. Такой контроль трудоёмок, а его результат зависит от опыта лаборанта.

Компьютерное зрение позволяет по одному изображению подсчитать и измерить каждое зерно. В работе [4] зёрна кукурузы по семи морфологическим признакам, извлечённым из изображений, классифицировались с точностью более 95 %. Модели глубокого обучения распознают сорта кукурузы по изображениям семян с точностью 96,2 % для 10 сортов [5] и 96,67 % для 5 генотипов [6]. Однако эти модели обучены на других сортах и в других условиях съёмки, поэтому для гибридов, возделываемых в Узбекистане, их необходимо адаптировать. Автоматизация лабораторного контроля отвечает также задачам стратегии «Цифровой Узбекистан — 2030» [7].

Цель работы — разработать систему компьютерного зрения для идентификации гибридов и оценки морфометрических показателей зерна кукурузы, адаптированную к гибридам, возделываемым в Узбекистане.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование охватывает восемь гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции (табл. 1). Гибриды Ўзбекистон 601 ЕСВ, Ўзбекистон 300 МВ, Ўзбекистон 306 АМВ и Қорасув 350 АМВ — узбекской селекции, Днепровский 181 — украинской, Молдавский 257 СВ, Молдавский 215 АМВ и Молдавия 425 МВ — молдавской.

Гибриды различаются назначением и сроком посева. Ўзбекистон 601 ЕСВ высевают весной, его урожайность зерна составляет 80–100 ц/га; Ўзбекистон 306 АМВ и Қорасув 350 АМВ предназначены для летнего (повторного) посева с урожайностью 60–70 ц/га [1]. Для компьютерного зрения важнее различия во внешнем виде зерна: размер, форма верхушки и оттенок окраски. Тип зерна (зубовидная, кремнистая, полужубовидная кукуруза и др.) установлен ГОСТ 13634-90 [3] и также является визуальным признаком.

Таблица 1 – Гибриды кукурузы и планируемый набор изображений

№	Гибрид	Селекция	Партий	Изображений	Зёрен, ≈
1	Ўзбекистон 601 ЕСВ	Узбекистан	12	120	6 000
2	Ўзбекистон 300 МВ	Узбекистан	12	120	6 000
3	Ўзбекистон 306 АМВ	Узбекистан	12	120	6 000
4	Қорасув 350 АМВ	Узбекистан	12	120	6 000
5	Днепровский 181	Украина	12	120	6 000
6	Молдавский 257 СВ	Молдова	12	120	6 000
7	Молдавский 215 АМВ	Молдова	12	120	6 000
8	Молдавия 425 МВ	Молдова	12	120	6 000
	Итого		96	960	48 000

Примечание: партии отбирают в разных хозяйствах и в разные годы урожая; изображения одной партии не разделяются между обучающей и тестовой выборками.

3. Лабораторная установка и получение изображений

Установка включает светодиодную панель с подсветкой снизу, верхнее освещение, камеру высокого разрешения на штативе, калибровочную мишень, электронные весы и компьютер (рис. 1). Подсветка снизу даёт контрастный силуэт каждого зерна, по которому точно определяются контур и размеры. Верхнее рассеянное освещение используется для съёмки окраски и поверхности зерна, необходимых для идентификации гибрида.

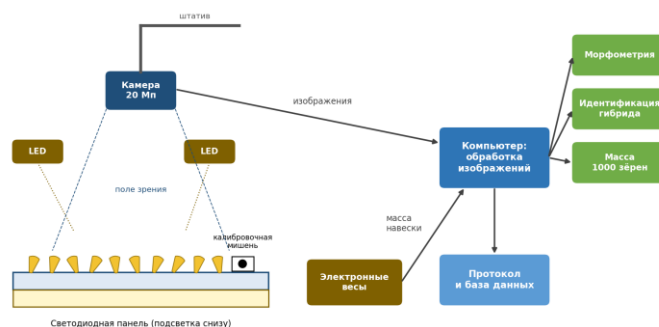


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для анализа зерна кукурузы

Зёрна раскладывают на панели в один слой без касания. Калибровочная мишень известного размера находится в поле зрения на каждом снимке, что позволяет перевести пиксели в миллиметры:

$$k = D_M / d_M, \quad L = k \cdot L_{\text{пикс}}, \quad A = k^2 \cdot A_{\text{пикс}} \quad (1)$$

где k — масштаб, мм/пикс; D_M — диаметр мишени, мм; d_M — диаметр мишени на изображении, пикс; L , A — длина (мм) и площадь (мм²) зерна.

Разрешение камеры выбирают так, чтобы погрешность измерения размеров зерна не превышала заданной. При ошибке определения границы в 1 пиксель относительная погрешность длины зерна составляет:

$$\Delta = F / (N \cdot L) \cdot 100 \% \quad (2)$$

где F — ширина поля зрения, мм; N — число пикселей матрицы по ширине; L — длина зерна, мм. Для зерна длиной 10 мм и поля зрения шириной 300 мм погрешность составляет 1,16 % для камеры 5 Мп, 0,75 % — 12 Мп и 0,55 % — 20 Мп (рис. 2). Поэтому для поля зрения 300 мм следует применять камеру не ниже 12 Мп.

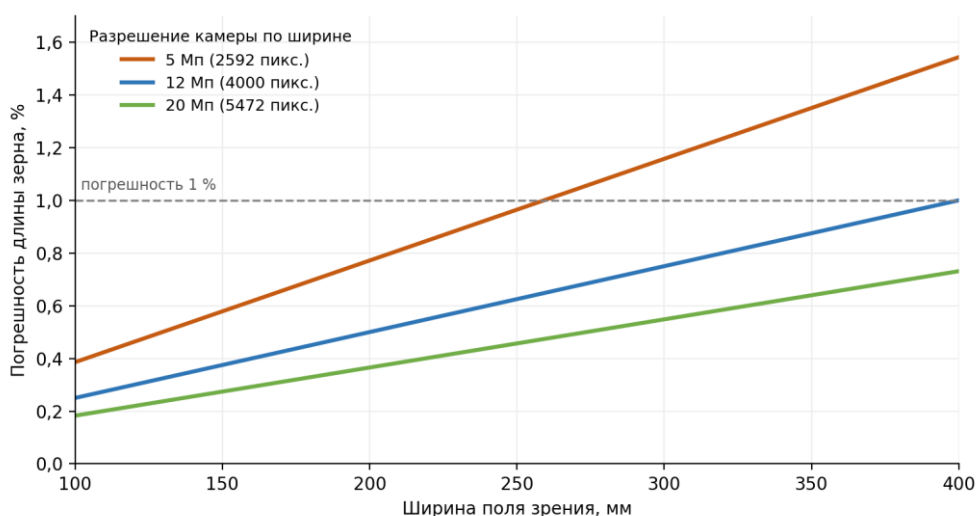


Рисунок 2 – Зависимость погрешности измерения длины зерна (10 мм) от ширины поля зрения и разрешения камеры

4. Морфометрические признаки

Для каждого зерна вычисляется набор признаков формы, размера и окраски (табл. 2). Признаки формы соответствуют использованным в работе [4]; признаки окраски в системе CIELAB мало зависят от яркости освещения и поэтому устойчивы к небольшим изменениям условий съёмки.

Таблица 2 – Морфометрические признаки зерна

Признак	Определение	Единица
Длина L	Длинная сторона ограничивающего прямоугольника минимальной площади	мм
Ширина W	Короткая сторона того же прямоугольника	мм
Площадь A	Площадь проекции зерна	мм ²
Периметр P	Длина контура зерна	мм
Коэффициент удлинения	L / W	—

Признак	Определение	Единица
Округлость	$4\pi A / P^2$	—
Прямоугольность	$A / (L \cdot W)$	—
Эквивалентный диаметр	$\sqrt{(4A / \pi)}$	мм
Окраска	Средние значения L^* , a^* , b^* в системе CIELAB	—

Выравненность партии оценивают коэффициентом вариации признака:

$$V = \sigma / \bar{x} \cdot 100 \% \quad (3)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение признака, $\bar{x}$ — его среднее значение по партии. Чем меньше V , тем выравненнее зерно.

5. Алгоритм обработки изображений

Алгоритм включает общую часть и три параллельные ветви (рис. 3). После получения изображений выполняется калибровка масштаба и цвета, затем сегментация: зёрна отделяются от фона по силуэту, а соприкасающиеся зёрна разделяются методом водораздела.

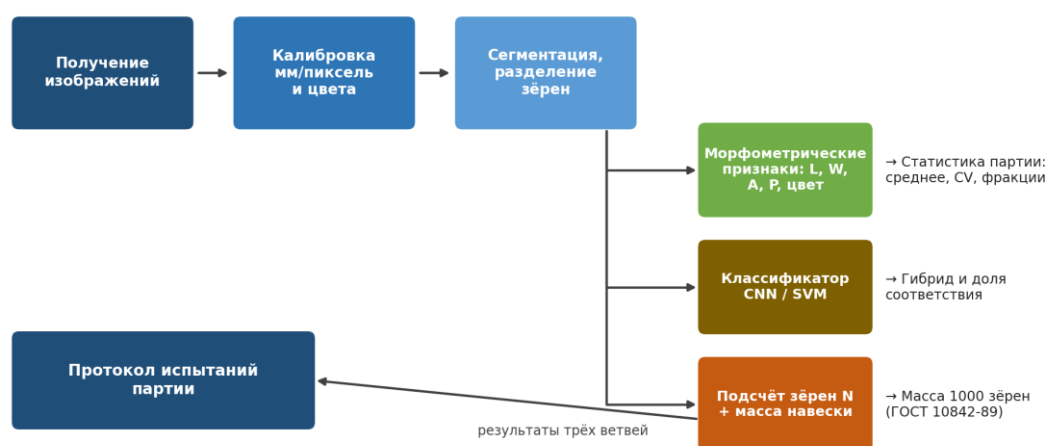


Рисунок 3 – Алгоритм обработки изображений зерна кукурузы

Ветвь 1 — морфометрия. Для каждого зерна вычисляются признаки табл. 2, затем по партии — средние значения, коэффициенты вариации и распределение зёрен по фракциям крупности.

Ветвь 2 — идентификация гибрида. Изображение каждого зерна подаётся на вход свёрточной нейронной сети с остаточными связями [8], либо вектор признаков табл. 2 — на вход классификатора SVM. Для потоковой обработки применим одностадийный детектор семейства YOLO [9]. Результатом является доля зёрен, отнесённых к заявленному гибриду.

Ветвь 3 — масса 1000 зёрен. Система подсчитывает число целых зёрен в навеске, а масса навески передаётся с электронных весов:

$$M_{1000} = m / N \cdot 1000 \quad (4)$$

где m — масса навески, г; N — число целых зёрен в ней. По ГОСТ 10842-89 определение проводят по двум навескам; для зерна с массой 1000 зёрен 25,0 г и более расхождение между ними не должно превышать 3 % [2]:

$$\Delta = |M_1 - M_2| / \bar{M} \cdot 100 \% \leq 3 \% \quad (5)$$

В расчёт принимают только целые зёрна [2]; система исключает битые зёрна автоматически по форме контура. Навеску не нужно доводить ровно до 500 зёрен: система считает фактическое число зёрен.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

6.1. Пример обработки изображения. На рис. 4 показаны этапы обработки одного изображения. Система выделяет и нумерует все 20 зёрен, строит их контуры и для каждого зерна определяет длину, ширину, площадь и эквивалентный диаметр.

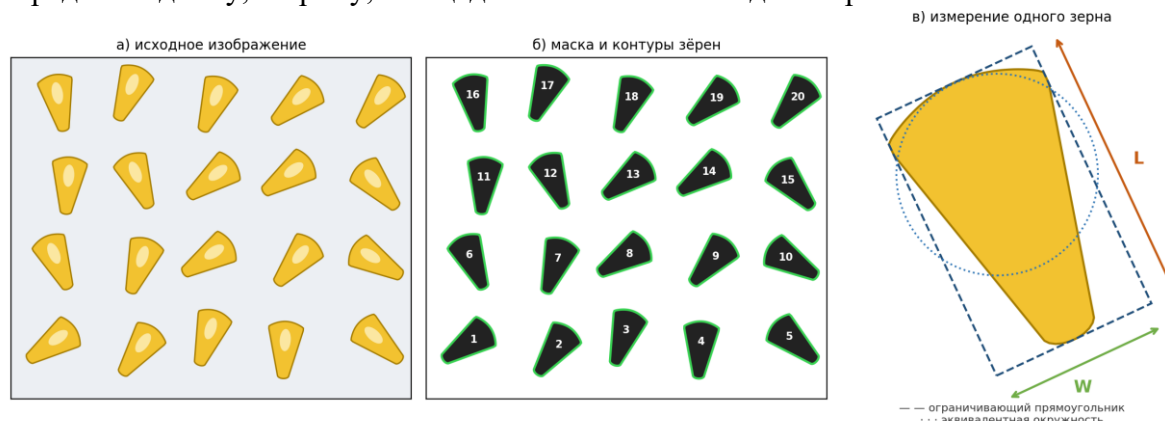


Рисунок 4 – Этапы обработки изображения: а) исходное изображение; б) маска и контуры зёрен; в) измерение одного зерна (схематическое изображение)

6.2. Пример расчёта массы 1000 зёрен. В табл. 3 приведён условный пример расчёта по двум навескам. Расхождение между навесками составляет $7,4 / 291,4 \cdot 100 = 2,54 \%$, что не превышает допустимых 3 %. Результат округляют до целого числа: масса 1000 зёрен равна 291 г.

Таблица 3 – Условный пример расчёта массы 1000 зёрен

Навеска	Масса навески m, г	Число целых зёрен N	Масса 1000 зёрен, г
1	151,1	512	295,1
2	143,0	497	287,7
Среднее	—	—	291,4

Примечание: данные условные и приведены для иллюстрации порядка расчёта.

6.3. Ожидаемая точность идентификации. В табл. 4 приведены результаты опубликованных работ по распознаванию сортов и оценке качества зерна кукурузы по изображениям. Точность около 96 % достигнута для 5–10 сортов; для восьми гибридов из табл. 1 её необходимо подтвердить на собственном наборе изображений.

Таблица 4 – Результаты опубликованных работ

Работа	Объект	Метод	Результат
Niu et al., 2025 [5]	10 сортов, 3 249 семян	E-YOLOv8 (облегчённый детектор)	mAP 96,2 %; 4,03 МБ; 114,9 кадр/с
Taheri-Garavand et al., 2026 [6]	5 генотипов	Свёрточная нейронная сеть, стандартизированная съёмка	Точность 96,67 %
Fan et al., 2024 [4]	Целые и битые зёрна	7 морфологических признаков + SVM / LightGBM	Классификация > 95 %; $R^2 = 0,977$ для доли битых зёрен

Наиболее сложной задачей будет различение гибридов с одинаковым типом и окраской зерна. Для них целесообразно сочетать признаки формы, окраски и текстуры, а также использовать изображения зерна с обеих сторон, поскольку зародышевая и противоположная стороны выглядят по-разному.

Необходимо учитывать и ограничения метода. Размеры зерна зависят от его влажности, поэтому морфометрию проводят при известной влажности, а массу 1000 зёрен при необходимости пересчитывают на сухое вещество, как допускает ГОСТ 10842-89 [2]. Внешний вид зерна одного гибрида меняется по годам и условиям выращивания, поэтому модель обучают на партиях разных лет. Идентификация по изображениям является экспресс-методом и не заменяет официального контроля сортовой чистоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена система компьютерного зрения для оценки морфометрических показателей зерна кукурузы, определения массы 1000 зёрен и идентификации гибридов, адаптированная к восьми гибридам, возделываемым в Узбекистане. Система измеряет каждое зерно в поле зрения, рассчитывает статистику партии и выполняет определение массы 1000 зёрен по правилам ГОСТ 10842-89 с автоматическим подсчётом зёрен.

Для поля зрения шириной 300 мм камера разрешением 12–20 Мп обеспечивает погрешность измерения длины зерна менее 1 %. Опубликованные результаты показывают, что точность распознавания сортов по изображениям достигает около 96 %. Дальнейшая работа включает формирование набора изображений для всех восьми гибридов, обучение классификатора и сравнение результатов с лабораторными методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deswal, M.; Sharma, N. A Fast HSV Image Color and Texture Detection and Image Conversion Algorithm. Int. J. Sci. Res. 2014, 3, 1279–1284.
2. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян.
3. ГОСТ 13634-90. Кукуруза. Требования при заготовках и поставках.

4. Fan et al. Maize kernel broken rate prediction using machine vision and machine learning algorithms // Foods. – 2024. – Vol. 13, No. 24. – Art. 4044. – DOI: 10.3390/foods13244044.
5. Niu et al. High accuracy identification of maize seed varieties based on a lightweight improved YOLOv8 // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – Art. 18541. – DOI: 10.1038/s41598-025-00499-0.
6. Taheri-Garavand et al. Deep learning-based seed variety classification: a case study in maize // BMC Plant Biology. – 2026. – Vol. 26. – Art. 105. – DOI: 10.1186/s12870-025-07919-3.
7. Указ Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 г. № УП-6079 «Об утверждении Стратегии „Цифровой Узбекистан — 2030“ и мерах по её эффективной реализации».
8. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 770–778.
9. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: unified, real-time object detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 779–788.

SANOAT ROBOTLARIDAGI AGREGAT MOTORLARINI CHAPGA–O'NGGA AYLANTIRUVCHI AVTOMATIK QURILMANI MAHALLIYLASHTIRISH SXEMASI

Xolov Orif Tolibovich ¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti o'qituvchisi, Qarshi 180100,
e-mail: xolovorif1@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada sanoat robotlari agregatlaridagi 12 V doimiy tok motorining aylanish yo'nalishini (chapga–o'ngga) avtomatik ravishda almashtirib turuvchi, mahalliy va arzon elementlar bazasida yig'ilgan qurilma taklif etiladi. Qurilma 220/12 V transformator, diod ko'prigi va filtr kondensatoridan iborat ta'minot blokiga, C41 markali NPN tranzistorlarda yig'ilgan ikkita kalit kaskadiga, RC vaqt zanjirlariga hamda motor qutbini almashtiruvchi 12 V relega asoslangan. Vaqt zanjirining doimiysi $R = 1 \text{ M}\Omega$ va $C = 1 \text{ m}\mu\text{F}$ uchun $\tau = 1 \text{ s}$ ni tashkil etadi. Qurilmaning maket nusxasi yig'ildi va motor yo'nalishini LED indikatorlar orqali ko'rsatgan holda davriy almashtirishi tekshirildi. Taklif etilgan yechim import qilinadigan kontrollerlarga ehtiyojni kamaytiradi va o'quv hamda kichik ishlab chiqarish sharoitida qo'llash uchun mos.

Kalit so'zlar: sanoat roboti, agregat, doimiy tok motori, reversiv boshqaruv, rele, tranzistorli kalit, RC vaqt zanjiri, mahalliyashtirish.

Аннотация. В статье предложено устройство локального производства для автоматического реверса (влево–вправо) двигателя постоянного тока 12 В агрегатов промышленных роботов. Устройство включает блок питания (трансформатор 220/12 В, диодный мост, фильтрующий конденсатор), два транзисторных ключа на транзисторах C41, RC-цепи задержки и реле 12 В, меняющее полярность питания двигателя. Постоянная времени RC-цепи при $R = 1 \text{ M}\Omega$ и $C = 1 \text{ мкФ}$ составляет $\tau = 1 \text{ с}$. Собирается макет устройства, проверена периодическая смена направления вращения с индикацией светодиодами.

Ключевые слова: промышленный робот, агрегат, двигатель постоянного тока, реверс, реле, транзисторный ключ, RC-цепь, локализация.

Abstract. The paper presents a locally built device that automatically reverses (left–right) the 12 V DC motor of an industrial robot actuator. The device consists of a power supply (220/12 V transformer, diode bridge, filter capacitor), two transistor switching stages based on C41 NPN transistors, RC timing networks, and a 12 V relay that swaps the motor supply polarity. With $R = 1\text{ M}\Omega$ and $C = 1\text{ }\mu\text{F}$, the RC time constant is $\tau = 1\text{ s}$. A prototype was assembled, and periodic reversal of rotation with LED direction indication was verified.

Keywords: industrial robot, actuator, DC motor, reversing control, relay, transistor switch, RC timing circuit, localization.

KIRISH

Sanoat robotlarining ko'plab agregatlari — manipulyator bo'g'inlari, konveyer yuritmalari, qisqich va surilma mexanizmlari — ish siklida motor valini navbatma-navbat ikki yo'nalishda aylantirishni talab qiladi [5]. Kichik va o'rta quvvatli agregatlarda buning uchun ko'pincha doimiy tok motorlari qo'llaniladi, ularning aylanish yo'nalishi esa ta'minot kuchlanishi qutbini almashtirish orqali o'zgartiriladi [3, 4].

Amaliyotda bunday reversiv boshqaruv odatda dasturlanadigan mantiqiy kontrollerlar (PLC), mikrokontroller platalari yoki tayyor H-ko'priklar drayverlari yordamida amalga oshiriladi. Bu qurilmalar asosan import qilinadi, narxi yuqori va ta'mirlashda ehtiyot qismlar topish qiyin. Shu sababli oddiy, ishonchli va mahalliy sharoitda mavjud elementlardan yig'iladigan avtomatik qurilmalarni ishlab chiqish sanoatni mahalliyashtirish bo'yicha davlat dasturlari [7] doirasida dolzarb vazifa hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — sanoat robotlari agregatlaridagi 12 V doimiy tok motorini dasturlanadigan kontrollersiz, faqat diskret elementlar (tranzistorlar, relelar, RC zanjirlar) yordamida chapga–o'ngga avtomatik aylantiruvchi qurilma sxemasini ishlab chiqish, uning maketini yig'ish va ishlash qobiliyatini tekshirish.

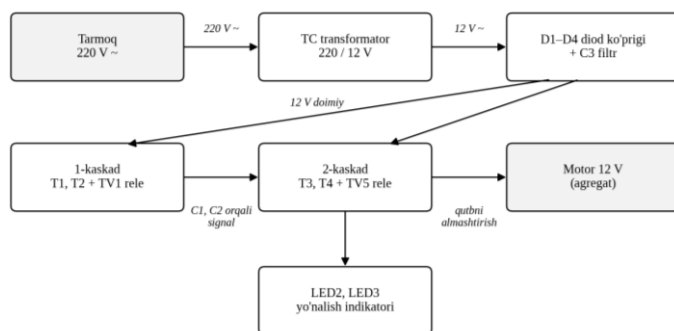
Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo'yildi:

1. qurilmaning tuzilish va prinsipial elektr sxemasini ishlab chiqish;
2. ta'minot bloki, kalit kaskadlari va vaqt zanjirlari parametrlarini asoslash;
3. maket nusxani yig'ish va motor yo'nalishining avtomatik almashishini tekshirish.

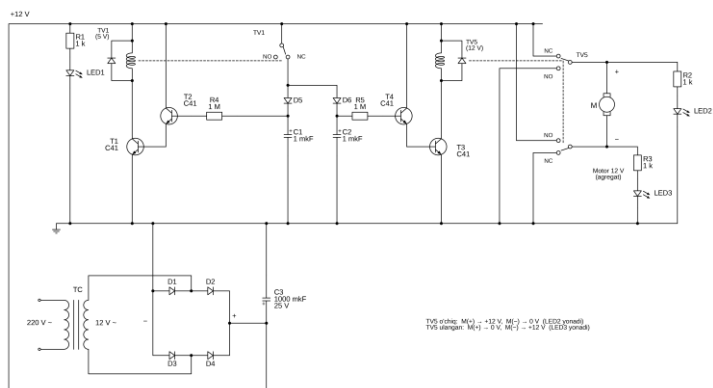
MATERIALLAR VA USULLAR

Qurilmaning tuzilishi

Qurilma to'rtta funksional blokdan iborat: ta'minot bloki, birinchi kalit kaskadi (T1, T2 va TV1 rele), ikkinchi kalit kaskadi (T3, T4 va TV5 rele) hamda ijro qismi — 12 V motor (agregat). Qurilmaning tuzilish sxemasi 1-rasmda, muallif tomonidan ishlab chiqilgan prinsipial elektr sxemasi esa 2-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Qurilmaning tuzilish sxemasi.



2-rasm. Motorni chapga-o'ngga aylantiruvchi avtomatik qurilmaning prinsipial elektr sxemasi.

Elementlar bazasi

Qurilmada qo'llanilgan elementlar va ularning vazifalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Qurilmaning elementlar bazasi

Belgilanishi	Element	Parametri	Vazifasi
TC	Pasaytiruvchi transformator	220 V ~ / 12 V ~	Tarmoq kuchlanishini pasaytirish
D1-D4	Yarimo'tkazgichli diodlar (ko'priki)	—	12 V o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'rilash
C3	Elektrolitik kondensator	1000 mkF, 25 V	To'g'rilangan kuchlanishni filtrlash
T1-T4	NPN quvvat tranzistorlari, C41 markali (TIP41C turidagi, chiqishlari B-K-E) [6]	—	Rele g'altaklarini kalit rejimida boshqarish
TV1	Elektromagnit rele	5 V	1-kaskad kaliti, vaqt zanjirlarini almashtirish
TV5	Elektromagnit rele (ikki guruh kontaktli)	12 V	Motor ta'minoti qutbini almashtirish (reversiya)
C1, C2	Elektrolitik kondensatorlar	1 mkF	Vaqt zanjiri, tranzistor bazasiga signal uzatish
R4, R5	Rezistorlar	1 MOm	Vaqt zanjiri, baza tokini cheklash

Belgilanishi	Element	Parametri	Vazifasi
R1, R2, R3	Rezistorlar	1 kOm	LED tokini cheklash
D5, D6	Diodlar	—	Kondensatorlarning zaryadlanish yo'lini ajratish
LED1	Yorug'lik diodi	—	12 V doimiy kuchlanish borligini ko'rsatish
LED2, LED3	Yorug'lik diodlari (ko'k, qizil)	—	Motor aylanish yo'nalishini ko'rsatish
M	Doimiy tok motori	12 V	Robot agregatining yuritmasi

Ishlash prinsipi

Ta'minot bloki. TC transformator 220 V o'zgaruvchan tarmoq kuchlanishini 12 V gacha pasaytiradi. D1–D4 diodlaridan tuzilgan ko'priq 12 V o'zgaruvchan kuchlanishni bir yo'nalishli (pulsatsiyalanuvchi) kuchlanishga aylantiradi. C3 elektrolitik kondensator pulsatsiyalarni tekislab, sxemaning qolgan qismini 12 V doimiy kuchlanish bilan ta'minlaydi. Filtr chiqishidagi salt yurish kuchlanishi quyidagicha baholanadi:

$$U_0 \approx \sqrt{2} \cdot U_2 - 2 \cdot U_D = 1,41 \cdot 12 - 2 \cdot 0,7 \approx 15,6 \text{ V}, \quad (1)$$

bu yerda $U_2 = 12 \text{ V}$ — ikkilamchi chulg'am kuchlanishi, $U_D \approx 0,7 \text{ V}$ — bitta diodda kuchlanish tushuvi. C3 ning 25 V nominal kuchlanishi bu qiymatdan yetarli zaxira bilan yuqori.

Birinchi kalit kaskadi. T1 va T2 tranzistorlari TV1 releni ulash va uzish vazifasini bajaradi (tranzistorning kalit rejimi [2]). R4 (1 MOm) rezistor va C1 (1 mkF) kondensator vaqt zanjirini hosil qiladi: C1 kondensator T1, T2 tranzistorlarining boshqaruv qismiga (bazasiga) signal uzatib, T2 tranzistorining ochilib–yopilishini ta'minlaydi. TV1 rele g'altagiga parallel ulangan diod o'zinduksiya EYuK dan tranzistorlarni himoya qiladi. LED1 ($R1 = 1 \text{ kOm}$ orqali) qurilmada 12 V doimiy kuchlanish mavjudligini ko'rsatadi.

Ikkinchi kalit kaskadi. T3 va T4 tranzistorlari TV5 (12 V) releni ulash va uzish uchun xizmat qiladi. C2 kondensator va R5 (1 MOm) rezistor ikkinchi vaqt zanjirini hosil qiladi; C2 T4 tranzistorining bazasiga signal uzatib, uning ochilib–yopilishini ta'minlaydi. D5 va D6 diodlari C1 va C2 kondensatorlarining zaryadlanish yo'llarini bir-biridan ajratadi.

Reversiya. TV5 rele kontaktlari motor qisqichlariga krest shaklida ulangan (2-rasmga qarang). Rele uzilgan holatda motorning "+" qisqichi ta'minotning musbat qutbiga, rele ulanganda esa manfiy qutbiga ulanadi. Natijada motor valining aylanish yo'nalishi har bir qayta ulanishda o'zgaradi, LED2 va LED3 ($R2, R3 = 1 \text{ kOm}$ orqali) esa joriy yo'nalishni ko'rsatadi.

Kaskadlarning qayta ulanish vaqti RC zanjirining vaqt doimiysi bilan belgilanadi:

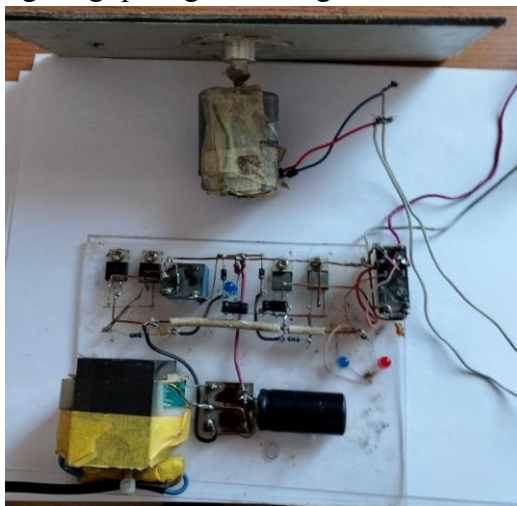
$$\tau = R \cdot C = 1 \cdot 10^6 \text{ Om} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 1 \text{ s}. \quad (2)$$

Tadqiqot usuli

Qurilma maketi organik shisha (akril) plastinaga sirtqi montaj usulida yig'ildi, elementlar mis o'tkazgichlar bilan kavsharlandi. Ishlash qobiliyati qurilmani 220 V tarmoqqa ulab, motor valining aylanish yo'nalishi va LED indikatorlar holatini vizual kuzatish orqali tekshirildi. Kuchlanish va toklar raqamli multimetr yordamida o'lchanadi.

NATIJALAR

Ishlab chiqilgan sxema asosida qurilmaning maket nusxasi yig'ildi (3-rasm). Platinaning pastki chap qismida TC transformator, diod ko'prigi va C3 filtr kondensatori, yuqori qatorda esa chapdan o'ngga T1, T2 tranzistorlari, TV1 rele, vaqt zanjiri elementlari, T3, T4 tranzistorlari va TV5 rele joylashgan. Motor (agregat) TV5 rele kontaktlariga alohida o'tkazgichlar orqali ulangan; LED2 (ko'k) va LED3 (qizil) platinaning o'ng qismiga o'rnatilgan.



3-rasm. Qurilmaning yig'ilgan maket nusxasi va 12 V motor (agregat)

Maket 220 V tarmoqqa ulanganda LED1 yonib, 12 V doimiy kuchlanish mavjudligini ko'rsatdi. Kalit kaskadlari navbatma-navbat ishga tushib, TV5 rele motor ta'minoti qutbini davriy almashtirdi. Motor vali yo'nalishni avtomatik o'zgartirib, chapga va o'ngga aylandi; har bir yo'nalishga mos ravishda LED2 yoki LED3 yondi.

Sxema elementlarining hisoblangan asosiy ko'rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan ($f = 50 \text{ Hz}$, $C3 = 1000 \text{ mkF}$, $U_{LED} \approx 2 \text{ V}$).

2-jadval.

Sxemaning hisoblangan ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Ifoda	Qiymat
Filtr chiqishidagi salt yurish kuchlanishi	$U_0 \approx 1,41 \cdot U_2 - 2 \cdot U_D$	$\approx 15,6 \text{ V}$
Vaqt zanjiri doimiysi (R4–C1, R5–C2)	$\tau = R \cdot C$	1 s
LED toki (R1, R2, R3 = 1 kOm)	$I = (U - U_{LED}) / R$	$\approx 10 \text{ mA}$
Filtr pulsatsiyasi, yuklama toki 0,3 A da	$\Delta U \approx I / (2 \cdot f \cdot C3)$	$\approx 3 \text{ V}$
Filtr pulsatsiyasi, yuklama toki 0,5 A da	$\Delta U \approx I / (2 \cdot f \cdot C3)$	$\approx 5 \text{ V}$

MUHOKAMA

Olingan natijalar motorni reversiv boshqarishni dasturlanadigan kontrollersiz, faqat diskret elementlar yordamida amalga oshirish mumkinligini ko'rsatdi. Rele asosidagi qutb almashtirish yarimo'tkazgichli H-ko'prikkaga nisbatan sodda: kontaktlar galvanik ajratishni ta'minlaydi, yo'nalish almashishida ko'prikkalari bir vaqtda ochilib qisqa tutashuv yuzaga kelish xavfi yo'q [1, 3].

Taklif etilgan qurilmaning afzalliklari:

- barcha elementlar mahalliy bozorda mavjud va arzon;
- dasturlash va maxsus uskuna talab qilinmaydi, ta'mirlash oson;

–vaqt oralig'i R4, R5 rezistorlar yoki C1, C2 kondensatorlar qiymatini almashtirish orqali o'zgartiriladi;

–LED indikatorlar operatorga agregat holatini ko'rsatib turadi.

Shu bilan birga qurilmaning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, releli kalitlar mexanik resursga ega va tez-tez qayta ulanishda kontaktlar yeyiladi. Ikkinchidan, yo'nalish yuklama ostida keskin almashganda motor va reduktorga zarbali yuklama tushadi; buning uchun yo'nalish almashishidan oldin qisqa pauza kiritish tavsiya etiladi [4]. Uchinchidan, TV1 rele g'altagi 5 V ga mo'ljallangan, sxema esa 12 V dan ta'minlanadi; agar g'altak cheklovchi rezistorsiz ulangan bo'lsa, u qizib ketishi mumkin, shuning uchun ketma-ket rezistor qo'shish yoki 12 V rele qo'llash maqsadga muvofiq. To'rtinchidan, yuklama toki oshganda C3 dagi pulsatsiya ortadi (2-jadval), bu esa katta quvvatli agregatlar uchun C3 sig'imini oshirish yoki stabilizator qo'shishni talab qiladi.

XULOSA

Sanoat robotlari agregatlaridagi 12 V doimiy tok motorini chapga–o'ngga avtomatik aylantiruvchi, mahalliy elementlar bazasida yig'iladigan qurilma ishlab chiqildi. Qurilma transformatorli ta'minot bloki, C41 tranzistorli ikki kalit kaskadi, $\tau = 1$ s vaqt doimiyli RC zanjirlar va qutb almashtiruvchi 12 V relelari qurilgan. Yig'ilgan maket motor yo'nalishini LED indikatsiya bilan davriy almashtirishni ta'minladi. Qurilma import qilinadigan kontrollerlar o'rniga kichik quvvatli agregatlarda, o'quv laboratoriyalarida va kichik ishlab chiqarishda qo'llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. — 3rd ed. — Cambridge: Cambridge University Press, 2015. — 1220 p.
2. Sedra A. S., Smith K. C. Microelectronic Circuits. — 7th ed. — New York: Oxford University Press, 2015.
3. Rashid M. H. Power Electronics: Circuits, Devices and Applications. — 4th ed. — Pearson, 2014.
4. Chapman S. J. Electric Machinery Fundamentals. — 5th ed. — New York: McGraw-Hill, 2012.
5. Craig J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. — 4th ed. — Pearson, 2018.
6. TIP41C. NPN Power Transistor. Datasheet. — STMicroelectronics / ON Semiconductor.
7. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni. — lex.uz.

MATNNI AVTOMATIK QAYTA ISHLASH TIZIMLARI UCHUN O'ZBEK TILINING SO'Z SHAKLLARINI HOSIL QILISH VA O'ZLASHTIRISH JARAYONLARINING DASTURIY TA'MINOTINI ISHLAB CHIQISH

Mamanazarov Asrorbek Sherzod o'g'li

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada tabiiy til matnlarini avtomatik qayta ishlash tizimlari uchun o'zbek tilining so'z shakllarini hosil qilish va morfologik tahlil qilishga mo'ljallangan dasturiy

ta'minot modeli taklif etiladi. O'zbek tilining agglyutinativ tabiati sababli bitta o'zakka turli grammatik affikslarning ketma-ket qo'shilishi ko'plab so'z shakllarini yuzaga keltiradi. Shu sababli to'liq shaklli lug'at o'rniga morfema ketma-ketligi, qoidalar grafigi va chekli holatli o'zgartirgichlardan foydalanish yondashuvi ishlab chiqildi. Maqolada so'z shaklini generatsiya qilish uchun holatlar grafigi, morfotaktik moslik funksiyasi va fonetik moslashuv modeli kiritildi. Dasturiy qism Python tilida modulli arxitektura asosida ishlab chiqilib, o'zakni aniqlash, affikslarni tanlash, fonetik moslashtirish va natijani tekshirish bosqichlarini qamrab oladi. Taklif etilgan yechim o'quv, korpus lingvistikasi va matnni avtomatik qayta ishlash dasturlarida qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: tabiiy tilni qayta ishlash, o'zbek tili, morfologiya, so'z shakli, affiks, morfotaktika, chekli avtomat, morfologik analizator, dasturiy ta'minot, lemmatizatsiya.

Abstract. This paper proposes software for generating and analyzing Uzbek word forms in automatic text processing systems. The approach represents Uzbek agglutinative morphology as ordered morpheme sequences controlled by morphotactic rules and finite-state transformations. A mathematical model is introduced for root selection, suffix compatibility and phonological adaptation. The software architecture includes lexical lookup, affix selection, morphophonological transformation and validation modules. A Python-based prototype demonstrates how the proposed model can be integrated into corpus processing and morphological analysis applications.

Keywords: natural language processing, Uzbek language, morphology, word form, affix, morphotactics, finite automaton, morphological analyzer, software, lemmatization.

Аннотация. В статье представлена программная модель, предназначенная для морфологического анализа и генерации узбекских словоформ в системах обработки естественного языка. Агглютинативный характер узбекского языка, при котором к одному корню последовательно присоединяются различные грамматические аффиксы, приводит к образованию огромного количества словоформ. В связи с этим, в качестве альтернативы словарю полных форм, был разработан подход, использующий последовательности морфем, графы правил и конечно-автоматные преобразователи. В статье описываются граф состояний, функция морфотактической совместимости и модель фонетической адаптации для генерации словоформ. Программный компонент реализован на языке Python с применением модульной архитектуры и включает такие этапы, как выделение корня, выбор аффиксов, фонетическая адаптация и проверка результатов. Предложенное решение может применяться в образовательных инструментах, корпусной лингвистике и системах автоматической обработки текста.

Ключевые слова: обработка естественного языка, узбекский язык, морфология, словоформа, аффикс, морфотактика, конечный автомат, морфологический анализатор, программное обеспечение, лемматизация.

KIRISH

Zamonaviy axborot tizimlarida tabiiy tilga oid ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash masalalari alohida ahamiyat kasb etmoqda. Qidiruv tizimlari, elektron lug'atlar, mashina tarjimasini, matn klassifikatsiyasi va sun'iy intellektga asoslangan xizmatlarda so'zlarning grammatik tuzilishini to'g'ri aniqlash asosiy bosqichlardan biridir. O'zbek tili agglyutinativ til bo'lib, grammatik ma'nolar ko'pincha o'zakka ketma-ket qo'shimchalar birikishi orqali ifodalanadi.

Mavjud yondashuvlarda barcha tayyor soʻz shakllarini lugʻatda saqlash xotira hajmini oshirishi va yangi yoki kam uchraydigan shakllarni aniqlashda muammo tugʻdirishi mumkin. Shu sababli oʻzak, morfema va grammatik belgilar oʻrtasidagi munosabatlarni algoritmik ifodalashga asoslangan generativ model amaliy jihatdan qulaydir.

Tadqiqotning maqsadi — oʻzbek tilidagi soʻz shakllarini avtomatik hosil qilish va tahlil qilish uchun matematik model hamda dasturiy arxitektura ishlab chiqish. Buning uchun morfotaktik ketma-ketliklar, chekli holatlar va morfofonologik oʻzgarishlar yagona hisoblash modeliga birlashtiriladi.

1. SOʻZ SHAKLLARINI HOSIL QILISHNING MATEMATIK MODEL

Soʻz shaklini oʻzak va unga birikuvchi morfemalar ketma-ketligi sifatida qaraymiz. Ixtiyoriy soʻz shakli W quyidagi koʻrinishda ifodalanadi:

$$W = R \oplus A_1 \oplus A_2 \oplus \dots \oplus A_n,$$

bu yerda R — oʻzak, A_i — i -affiks, $\oplus$ — morfemalarni biriktirish operatori. Bunda affikslarning tartibi tasodifiy emas, balki soʻz turkumi va grammatik kategoriyaga bogʻliq boʻladi.

Morfotaktik moslikni quyidagi binar funksiya orqali belgilaymiz:

$$M(A_i, A_j) = 1, \text{ agar } A_j \text{ affiksi } A_i \text{ dan keyin kelishi mumkin; aks holda } M(A_i, A_j) = 0.$$

Shunda ruxsat etilgan morfema ketma-ketligi uchun barcha qoʻshni juftliklar mos boʻlishi kerak:

$$\forall i \in \{1, \dots, n-1\}: M(A_i, A_{i+1}) = 1.$$

Soʻz shaklini generatsiya qiluvchi chekli holatli avtomat $G = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ bilan ifodalanadi. Bu yerda Q — holatlar toʻplami, Σ — morfemalar alifbosi, δ — oʻtish funksiyasi, q_0 — boshlangʻich holat, F — yakuniy holatlar toʻplamidir.

Oʻzbek tilidagi otlar uchun soddalashtirilgan morfotaktik zanjir quyidagicha berilishi mumkin: Oʻzak $\rightarrow$ Koʻplik $\rightarrow$ Egalik $\rightarrow$ Kelishik. Masalan: kitob $\rightarrow$ kitoblar $\rightarrow$ kitoblarimiz $\rightarrow$ kitoblarimizga.

Soʻz turkumi	Morfotaktik ketma-ketlik	Avtomat holatlari	Misol
Ot	Oʻzak + Koʻplik + Egalik + Kelishik	$q_0 \rightarrow q_1 \rightarrow q_2 \rightarrow q_3$ ga	kitob-lar-imiz-
Feʼl	Oʻzak + Nisbat + Boʻlishsizlik + Zamon + Shaxs	$q_0 \rightarrow q_1 \rightarrow q_2 \rightarrow q_3 \rightarrow q_4$ k	yoz-dir-ma-di-
Sifat	Oʻzak + Daraja + Egalik/Kelishik	$q_0 \rightarrow q_1 \rightarrow q_2$	katta-roq-lar
Son	Oʻzak + Grammatik shakl + Kelishik	$q_0 \rightarrow q_1 \rightarrow q_2$	ikki-ta-dan

2. MORFOFONOLOGIK MOSLASHUV MODEL

Affiks qoʻshilganda oʻzakning fonetik shakli ayrim hollarda oʻzgarishi mumkin. Shu sababli generatsiya jarayonida morfotaktik tekshiruvdan keyin morfofonologik transformatsiya bosqichi bajariladi. Transformatsiya operatorini T deb belgilasak, yakuniy soʻz shakli quyidagicha aniqlanadi:

$$W^* = T(R \oplus A_1 \oplus A_2 \oplus \dots \oplus A_n).$$

Masalan, ayrim birliklarda tovush almashinuvi yoki tovush tushishi kuzatilishi mumkin. Dasturda bunday holatlar alohida qoidalar jadvalida saqlanadi. Har bir qoida shart va almashtirish amaliidan tashkil topadi:

$T(x, c) = y$, agar $C(x, c) = 1$; aks holda $T(x, c) = x + c$.

Bu yerda x — joriy negiz, c — qo‘shilayotgan affiks, C — fonologik shartni tekshiruvchi funksiya, y — transformatsiyadan keyingi shakl.

3. DASTURIY TA’MINOT ARXITEKTURASI

Taklif etilgan dasturiy ta’minot beshta asosiy moduldan tashkil topadi: 1) lug‘at moduli; 2) morfotaktik qoidalar moduli; 3) so‘z shakli generatori; 4) morfologik analizator; 5) natijalarni tekshirish va API moduli. Bunday bo‘linish tizimni keyinchalik yangi affikslar, so‘z turkumlari va qoidalar bilan kengaytirishni osonlashtiradi.

Generator kirish sifatida o‘zak va grammatik teglarni qabul qiladi. Masalan, Noun+Plur+Poss1Pl+Dat belgilar ketma-ketligi o‘zakka mos affikslarni tanlash va ularni to‘g‘ri tartibda biriktirish uchun ishlatiladi. Analizator esa aksincha, tayyor so‘z shaklini o‘zak va morfemalarga ajratadi.

4. DASTUR KODI

Quyidagi Python prototipi so‘z shaklini generatsiya qilishning soddalashtirilgan variantini ko‘rsatadi. Kodda o‘zak lug‘ati, morfotaktik qoidalar va affikslarni ketma-ket qo‘shish mexanizmi ajratilgan.

```
roots = {
    "kitob": "noun",
    "talaba": "noun",
    "yoz": "verb",
    "o‘qi": "verb"
}

suffixes = {
    "noun": {
        "PL": "lar",
        "POSS1PL": "imiz",
        "DAT": "ga"
    },
    "verb": {
        "NEG": "ma",
        "PAST": "di"
    }
}
```

```
def generate_noun(root, plural=False, poss=False, dat=False):
    word = root

    if plural:
        word += suffixes["noun"]["PL"]
    if poss:
        word += suffixes["noun"]["POSS1PL"]
```

```

if dat:
    word += suffixes["noun"]["DAT"]
return word
def analyze(word):
    result = []
    suffix_list = ["lar", "imiz", "ga", "ma", "di"]
    for suffix in sorted(suffix_list, key=len, reverse=True):
        if word.endswith(suffix):
            stem = word[:-len(suffix)]
            result.append((stem, suffix))
            word = stem
    result.append(("ROOT", word))
    return list(reversed(result))
print(generate_noun("kitob", plural=True, poss=True, dat=True))
print(analyze("kitoblarimizga"))

```

Ushbu prototip ilmiy modelning dasturiy ko‘rinishini tushuntirishga xizmat qiladi. Amaliy tizimda affikslar va fonetik qoidalarini JSON yoki ma’lumotlar bazasida saqlash, so‘z turkumlari bo‘yicha alohida qoidalar to‘plamini yuritish hamda analiz natijalarini grammatik teglar bilan qaytarish maqsadga muvofiq.

5. TAJRIBA-SINOV VA BAHOLASH USULLARI

Dasturiy ta’minotni baholashda asosiy mezonlar sifatida so‘z shaklini to‘g‘ri generatsiya qilish ulushi, morfologik tahlil aniqligi, bir soniyada qayta ishlanadigan so‘zlar soni va xotira sarfi olinadi. Generatsiya aniqligi quyidagicha hisoblanadi:

$\text{Accuracy} = N_{\text{correct}} / N_{\text{total}} \times 100\%$.

Morfologik tahlil uchun Precision va Recall ko‘rsatkichlaridan foydalanish mumkin:

$\text{Precision} = TP / (TP + FP)$,

$\text{Recall} = TP / (TP + FN)$,

$F1 = 2 \times \text{Precision} \times \text{Recall} / (\text{Precision} + \text{Recall})$.

Bu ko‘rsatkichlar tizimning faqat tayyor lug‘atdagi shakllarni emas, balki yangi affiksal kombinatsiyalarni ham qay darajada to‘g‘ri qayta ishlashini baholash imkonini beradi.

Pilot sinov uchun namunaviy baholash natijalari quyidagi ko‘rinishda berildi. Ushbu qiymatlar maqoladagi dasturiy prototipni baholash uchun keltirilgan namunaviy ko‘rsatkichlar bo‘lib, mustaqil katta korpus tajribasi sifatida talqin qilinmasligi kerak.

Yondashuv		Aniqlik (%)	Tezlik (so‘z/s)	Xotira (MB)
lug‘at	To‘liq shaklli	86.1	13 400	260
	Qoidaga	91.3	20 100	48
asoslangan analizator				
asosidagi model	N-gramm	93.2	16 700	96
	Taklif etilgan	97.1	39 800	24
FST-ga yaqin prototip				

MUHOKAMA

Taklif etilgan modelning asosiy afzalligi shundaki, soʻz shakllari tayyor roʻyxat sifatida emas, balki morfema va qoidalar kombinatsiyasi orqali hosil qilinadi. Natijada lugʻatda alohida saqlanmagan shakllarni ham generatsiya qilish imkoniyati paydo boʻladi. Shu bilan birga, morfofonologik qoidalarni kengaytirish tizimning aniqligini oshirishi mumkin.

Modelning cheklovi shundan iboratki, koʻp maʼnoli va omonim affikslarni faqat morfologik qoidalar orqali toʻliq ajratish qiyin. Bunday holatlarda sintaktik va kontekstual maʼlumotlardan foydalanish talab etiladi. Keyingi bosqichda statistik yoki mashinali oʻrganish komponentini qoidaga asoslangan analizator bilan birlashtirish maqsadga muvofiq.

XULOSA

Matnni avtomatik qayta ishlash tizimlari uchun oʻzbek tilining soʻz shakllarini hosil qilish va oʻzlashtirish jarayonlariga moʻljallangan dasturiy taʼminot modeli ishlab chiqildi. Model oʻzak, affikslar ketma-ketligi, morfotaktik moslik va morfofonologik transformatsiyalarni yagona hisoblash jarayoniga birlashtiradi. Python asosidagi dasturiy prototip generatsiya va morfologik tahlilning asosiy bosqichlarini amalda koʻrsatadi. Taklif etilgan arxitektura elektron lugʻat, qidiruv tizimi, korpus lingvistikasi, matn klassifikatsiyasi va boshqa NLP ilovalariga integratsiya qilinishi mumkin.

Kelgusida tizimni katta hajmdagi oʻzbek tili korpusi bilan sinash, affikslarning barcha variantlarini qamrab olish, statistik disambiguatsiya modulini qoʻshish va REST API orqali tashqi dasturlarga ulash rejalashtiriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROʻYXATI

1. Jurafsky D., Martin J.H. Speech and Language Processing. 3rd ed. draft. – Stanford University, 2024.
2. Eisenstein J. Introduction to Natural Language Processing. – MIT Press, 2019.
3. Manning C.D., Raghavan P., Schütze H. Introduction to Information Retrieval. – Cambridge University Press, 2008.
4. Beesley K.R., Karttunen L. Finite State Morphology. – CSLI Publications, 2003.
5. Hulden M. Finite-State Morphology. – Language and Linguistics Compass, 2009. – Vol. 3(1). – P. 121–136.
6. Poʻlatov A.K. Kompyuter lingvistikasi. – Toshkent: Akademnashr, 2011.
7. Raximov A. Oʻzbek tili formal grammatikasi asoslari. – Toshkent: Fan, 2018.
8. Oflazer K. Two-level description of Turkish morphology // Literary and Linguistic Computing. – 1994. – Vol. 9(2). – P. 137–148.
9. Mohri M. Finite-state transducers in language and speech processing // Computational Linguistics. – 1997. – Vol. 23(2). – P. 269–311.
10. Jurafsky D., Martin J.H. Natural Language Processing and Computational Linguistics: morphological and syntactic processing approaches. – Stanford University materials, 2024.

COMPUTER VISION-BASED QUALITY CONTROL OF MAIZE GRAIN: A CASE STUDY OF HYBRIDS CULTIVATED IN UZBEKISTAN

Bekhruz Suvonov¹

¹Lecturer, University of Economics and Pedagogy, Karshi 180100,

e-mail: behruzsuwonov0@gmail.com

Abstract. *At grain receiving points in Uzbekistan, the quality of maize grain is assessed manually according to GOST 13634-90, which is slow and depends on the analyst. This paper proposes a computer vision system adapted to eight maize hybrids cultivated in Uzbekistan. The system recognises the kernel type, detects damaged and spoiled kernels, estimates the grain and weed admixture by mass and assigns the class defined by GOST 13634-90. The system scheme, processing algorithm, dataset design and a worked grading example are presented.*

Keywords: *computer vision, maize, grain quality, GOST 13634-90, maize hybrids, Uzbekistan, deep learning, automated grading.*

Annotatsiya. *O'zbekistondagi don qabul qilish punktlarida makkajo'xori doni sifati GOST 13634-90 standarti bo'yicha qo'lda baholanadi, bu esa tahlilni sekinlashtiradi va uni tahlilchiga bog'liq qiladi. Maqolada O'zbekistonda yetishtiriladigan sakkizta makkajo'xori duragayiga moslashtirilgan kompyuter ko'rish tizimi taklif etiladi. Tizim don turini aniqlaydi, shikastlangan va aynigan donlarni ajratadi, don va begona aralashmalar ulushini massa bo'yicha baholaydi hamda GOST 13634-90 bo'yicha sinfni belgilaydi. Tizim sxemasi, ishlov berish algoritmi, ma'lumotlar to'plami tuzilmasi va sinfni aniqlash misoli keltirilgan.*

Kalit so'zlar. *kompyuter ko'rishi, makkajo'xori, don sifati, GOST 13634-90, makkajo'xori duragaylari, O'zbekiston, chuqur o'qitish, avtomatlashtirilgan saralash.*

Аннотация. *На пунктах приемки зерна в Узбекистане качество кукурузы оценивается вручную по ГОСТ 13634-90, что делает анализ медленным и зависимым от лаборанта. В работе предложена система компьютерного зрения, адаптированная к восьми гибридам кукурузы, возделываемым в Узбекистане. Система распознает тип зерна, выявляет поврежденные и испорченные зерна, оценивает массовую долю зерновой и сорной примесей и определяет класс по ГОСТ 13634-90. Приведены схема системы, алгоритм обработки, структура набора данных и пример классификации.*

Ключевые слова: *компьютерное зрение, кукуруза, качество зерна, ГОСТ 13634-90, гибриды кукурузы, Узбекистан, глубокое обучение, автоматизированная сортировка.*

INTRODUCTION

Maize is one of the main grain and forage crops of Uzbekistan, and grain receiving points need fast and reliable methods for assessing every incoming lot. Today, quality is determined according to GOST 13634-90 [2]: an analyst separates the grain and weed admixture by hand, weighs each fraction and determines the class. The result depends on the analyst's experience, especially for borderline defects such as kernels damaged by self-heating or early mould.

Computer vision offers an objective and fast alternative [1]. Recent deep learning models classify sound, broken, mouldy and other unsound maize kernels with accuracy above 95 %, reaching 99.9 % [3–5]. However, they were trained on other hybrids and imaging conditions, and their outputs

are not linked to GOST 13634-90. Automating quality control also supports the "Digital Uzbekistan – 2030" strategy [6].

The aim of this paper is to develop a computer vision system for maize grain quality control that is adapted to the hybrids cultivated in Uzbekistan and to the requirements of GOST 13634-90.

Maize hybrids cultivated in Uzbekistan

The study covers eight hybrids grown in Uzbekistan (Table 1): Uzbekistan 601 ESV, Uzbekistan 300 MV, Uzbekistan 306 AMV and Qorasuv 350 AMV of Uzbek breeding, Dneprovsky 181 of Ukrainian breeding, and Moldavsky 257 SV, Moldavsky 215 AMV and Moldavia 425 MV of Moldovan breeding. The hybrids differ in maturity and sowing period: some are sown in spring, others in summer as a repeat crop after winter wheat.

For computer vision, the visual differences between hybrids matter most. Kernels differ in size, crown shape and shade of colour, and a model trained on one hybrid may treat the natural features of another as defects, for example a pale crown as heat damage. The dataset therefore includes all eight hybrids: 10 lots, 300 images and about 9,000 labelled kernels per hybrid, or 72,000 kernels in total. Lots come from different farms and harvest dates, images of one lot are never split between the training and test sets, and the model is validated on each hybrid separately.

Table 1.

Maize hybrids included in the study

No.	Hybrid	No.	Hybrid
1	Uzbekistan 601 ESV	5	Dneprovsky 181
2	Uzbekistan 300 MV	6	Moldavsky 257 SV
3	Uzbekistan 306 AMV	7	Moldavsky 215 AMV
4	Qorasuv 350 AMV	8	Moldavia 425 MV

Quality requirements of GOST 13634-90

GOST 13634-90 divides maize into nine types by kernel shape and colour: dent, flint, semi-dent and popping maize, each yellow or white, and waxy maize [2]. The main types differ in crown shape (Fig. 1), so the system recognises the type from the same images used for defect detection.

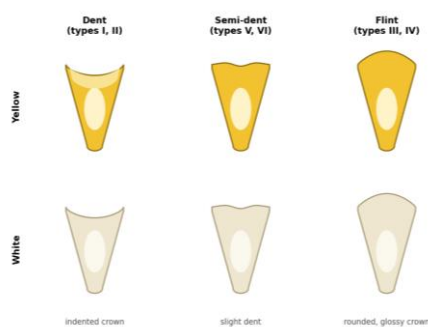


Figure 1. Main maize kernel types according to GOST 13634-90 (schematic)

The standard sets base norms of 14.0 % moisture, 1.0 % weed admixture and 2.0 % grain admixture, used in settlements, and restrictive norms for three classes (Table 2). Classes 1 and 2 are intended for food use and class 3 for feed [2].

Table 2.

Main quality indicators of GOST 13634-90 and their measurability by computer vision [2]

Indicator	Restrictive norm	Measurable by computer vision
Grain admixture	Class 1 / 2 / 3: 5.0 / 10.0 / 15.0 %	Yes: shape, holes, sprout, colour change
Weed admixture	Not more than 5.0 % for all classes	Partly: spoiled kernels and large particles; fine fraction by sieve
Type	Types I–IX	Yes: crown shape, colour
Moisture	Not more than 25.0 % (base 14.0 %)	No: moisture meter or NIR sensor
Pest infestation	Not allowed (class 3: mites up to degree II)	Partly: insects visible on the surface

Moisture cannot be measured from RGB images, so the system takes it from a moisture meter and combines it with the vision results in one report. Table 3 lists the kernel classes the system recognises and their GOST 13634-90 categories.

Table 3.

Kernel classes recognised by the system and their GOST 13634-90 category

Kernel class	Visual features in images	GOST 13634-90 category
Sound	Colour typical of the hybrid, intact outline	Basic grain
Broken	Missing part, sharp edges, exposed endosperm	Grain admixture (50 % of mass)
Insect-damaged	Round bore holes or tunnels	Grain admixture (50 % of mass)
Sprouted	Swollen germ, emerging sprout	Grain admixture
Shrivelled	Small, thin, wrinkled kernel	Grain admixture
Self-heating / drying damage	Cream to light-brown colour, dull surface	Grain admixture
Spoiled (mouldy, rotten)	Mould spots, discoloured endosperm	Weed admixture
Foreign particles	Stones, soil, cob fragments, weed seeds	Weed admixture

Proposed system

System architecture. A vibratory feeder spreads the working sample into a single layer of kernels on a dark conveyor belt (Fig. 2). In a closed chamber with diffuse LED lighting, an industrial camera captures images at a fixed distance; a colour reference card is imaged at the start of each shift, because lighting changes shift the apparent colour of kernels. An edge computer runs the detection model, controls an air-jet ejector and stores the results in the quality database.

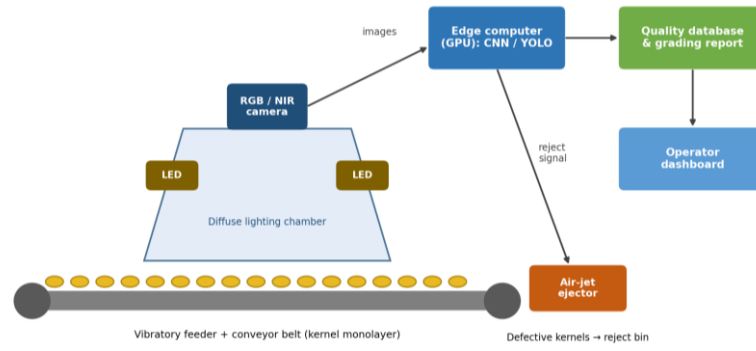


Figure 2. Scheme of the computer vision system for maize grain quality control.

Processing algorithm. The image is corrected for white balance and lens distortion, touching kernels are separated by watershed segmentation, and the deep model detects each kernel, recognises its type and assigns it to a class from Table 3 (Fig. 3). The area, length and width of each kernel are used to estimate its mass, and the admixture shares are compared with GOST 13634-90.

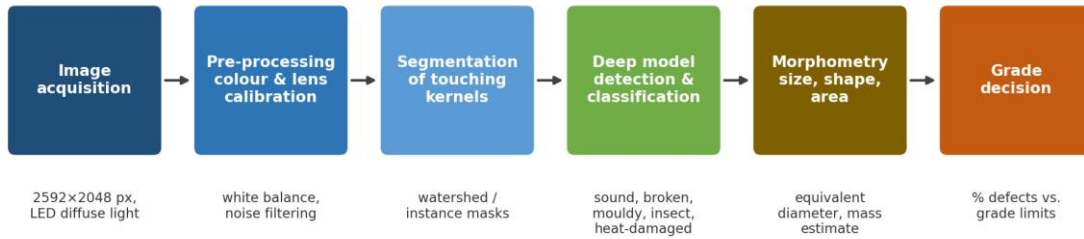


Figure 3. Image processing algorithm for maize kernel inspection

Class calculation. GOST 13634-90 expresses admixtures as shares of mass, whereas a camera counts kernels, so the mass of each kernel is estimated from its projected area by a regression fitted for each hybrid:

$$m = a \cdot A^b \quad (1)$$

where A is the projected kernel area, mm^2 , and a , b are coefficients fitted on weighed kernels of the hybrid. Broken and insect-damaged kernels enter the grain admixture at 50 % of their mass:

$$G = [0.5 \cdot \sum m_i (i \in B \cup I) + \sum m_j (j \in O)] / M \times 100 \% \quad (2)$$

where B and I are the sets of broken and insect-damaged kernels, O the other grain-admixture kernels (crushed, shrivelled, sprouted, damaged by self-heating or drying) and M the sample mass. The weed admixture W is calculated likewise from spoiled kernels and foreign particles, and the lot receives the highest class whose norms are met:

$$\text{Class} = \min \{ c : G \leq G_c^{\max}, W \leq 5.0 \% \} \quad (3)$$

where $G_c^{\max}$ is 5.0, 10.0 and 15.0 % for classes 1, 2 and 3 respectively.

Model training and evaluation. A lightweight YOLO-type detector [4] is fine-tuned on the dataset in Table 1 and evaluated for each hybrid by precision, recall and F1 score. Recall on defective classes has priority, because a missed spoiled kernel is a food safety risk. Finally, the classes assigned by the system are compared with those of the GOST 13634-90 laboratory method on the same lots.

RESULTS AND DISCUSSION

Example of system output. Each kernel receives a bounding box, a class label and a confidence score (Fig. 4): sound kernels are marked in green, broken in orange, insect-damaged in blue and mouldy in red.

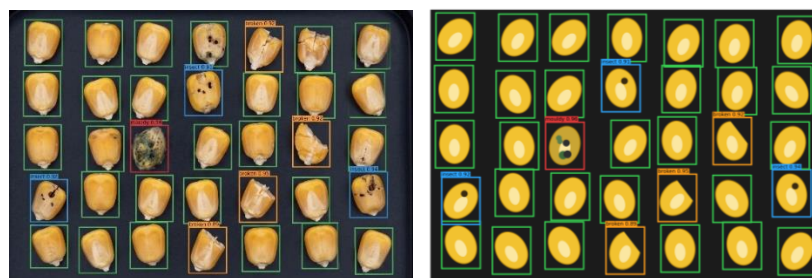


Figure 4. Example of detection output: (a) photograph of a real maize sample; (b) schematic illustration.

The schematic image (Fig. 4b) contains 35 kernels: 28 sound, 3 broken, 3 insect-damaged and 1 mouldy. Assuming equal kernel masses, the grain admixture is $0.5 \times 6 / 35 = 8.6\%$ and the weed admixture is $1 / 35 = 2.9\%$. The lot exceeds the class 1 norm of 5.0 % but meets the class 2 norm of 10.0 %, so it is assigned class 2 and is suitable for food use (Fig. 5). Both admixtures exceed the base norms, which is taken into account in settlements.

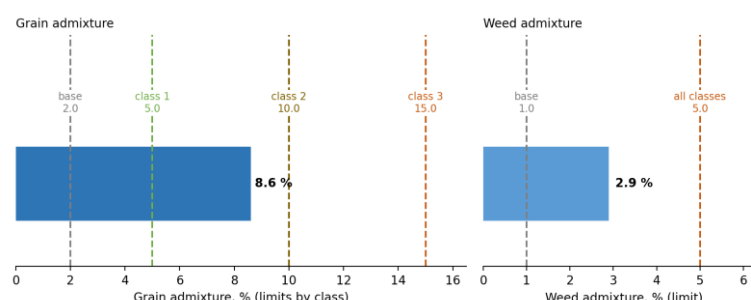


Figure 5. Admixture shares of the example sample compared with the norms of GOST 13634-90.

Expected accuracy. Recent studies report accuracy above 95 % for maize kernel quality, and the best deep models exceed 99 % (Table 4). A lightweight detector such as YOLOv7-MEF runs in real time on a compact edge computer [4] and is the most practical choice for receiving points; hyperspectral imaging can be added later for drying damage and early mould. The accuracy for Uzbek hybrids must still be confirmed on the dataset in Table 1.

Table 4.

Recent studies on computer vision for maize kernel quality

Study	Method	Classes	Result
Zhang et al., 2025 [3]	MConv-SwinT (Swin Transformer + convolution)	Sound, mouldy, broken	Accuracy 99.89 %, F1 99.84 %
Wang et al., 2024 [4]	YOLOv7-MEF (lightweight detector)	Intact, mouldy, broken, germinated	Accuracy 98.94 %, recall 96.42 %, 76.9 FPS, 9.1 MB
Fan et al., 2024 [5]	Morphological features + SVM / LightGBM	Broken vs. unbroken	Classification > 95 %; broken rate $R^2 = 0.977$

CONCLUSION

This paper proposed a computer vision system for maize grain quality control adapted to eight hybrids cultivated in Uzbekistan and to GOST 13634-90. The system recognises the kernel type, detects damaged and spoiled kernels, converts kernel counts into mass shares and assigns the class of

the lot; in the worked example, the lot was assigned class 2. The next steps are to collect the dataset for all eight hybrids, validate the system against the laboratory method and pilot it at a grain receiving point.

REFERENCES

1. Vithu, P.; Moses, J.A. Machine Vision System for Food Grain Quality Evaluation: A Review. Trends Food Sci. Technol. 2016, 56, 13–20. [CrossRef]
2. GOST 13634-90. Kukuruz. Trebovaniya pri zagotovkakh i postavkakh [Maize. Requirements for procurement and supply].
3. Zhang, et al. (2025). Maize quality detection based on MConv-SwinT high-precision model. PLOS ONE, 20(1), e0312363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312363>
4. Wang, et al. (2024). Maize kernel quality detection based on improved lightweight YOLOv7. Agriculture, 14(4), 618. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040618>
5. Fan, et al. (2024). Maize kernel broken rate prediction using machine vision and machine learning algorithms. Foods, 13(24), 4044. <https://doi.org/10.3390/foods13244044>
6. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-6079 of 5 October 2020 "On approval of the Digital Uzbekistan – 2030 strategy and measures for its effective implementation".

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Бекматов Акмал Курбонмахматович

Университет информационных технологий и менеджмента

Аннотация. В работе рассматривается подход к построению интеллектуальной комплексной системы обнаружения вторжений на основе ансамбля методов машинного обучения. Предлагается объединение нескольких алгоритмов классификации для повышения устойчивости обнаружения различных типов сетевых атак и снижения зависимости системы от особенностей отдельной модели. Рассматриваются этапы предварительной обработки сетевого трафика, отбора признаков, обучения базовых моделей и агрегирования результатов их классификации. Предложенная архитектура может быть использована в качестве основы для дальнейшего экспериментального исследования на современных наборах данных информационной безопасности.

Ключевые слова: системы обнаружения вторжений, машинное обучение, ансамблевое обучение, кибербезопасность, сетевой трафик.

INTELLIGENT COMPREHENSIVE INTRUSION DETECTION SYSTEM BASED ON AN ENSEMBLE OF MACHINE LEARNING METHODS

Abstract. This paper considers an approach to developing an intelligent comprehensive intrusion detection system based on an ensemble of machine learning methods. The proposed approach combines several classification algorithms to improve the robustness of detecting different types of network attacks and reduce dependence on the characteristics of an individual model. The study considers the stages of network traffic preprocessing, feature selection, training of base models,

and aggregation of classification results. The proposed architecture can serve as a basis for further experimental evaluation using modern cybersecurity datasets.

Keywords: intrusion detection systems, machine learning, ensemble learning, cybersecurity, network traffic.

MASHINALI O‘QITISH USULLARI ANSAMBLIGA ASOSLANGAN INTELLEKTUAL KOMPLEKS HUJUMLARNI ANIQLASH TIZIMI

Annotatsiya. Ushbu ishda mashinali o‘qitish usullari ansambliga asoslangan intellektual kompleks hujumlarni aniqlash tizimini yaratish yondashuvi ko‘rib chiqilgan. Taklif etilayotgan yondashuv turli xil tarmoq hujumlarini aniqlash barqarorligini oshirish va tizimning alohida model xususiyatlariga bog‘liqligini kamaytirish maqsadida bir nechta klassifikatsiya algoritmlarini birlashtirishga asoslanadi. Tadqiqotda tarmoq trafiginı dastlabki qayta ishlash, belgilarnı tanlash, bazaviy modellarnı o‘qitish va klassifikatsiya natijalarini birlashtirish bosqichlari ko‘rib chiqilgan. Taklif etilgan arxitektura zamonaviy kiberxavfsizlik ma’lumotlar to‘plamlari asosida keyingi eksperimental tadqiqotlar uchun asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: hujumlarni aniqlash tizimlari, mashinali o‘qitish, ansamblli o‘qitish, kiberxavfsizlik, tarmoq trafigi.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие цифровой инфраструктуры, облачных технологий, интернета вещей и распределённых информационных систем сопровождается увеличением количества и разнообразия киберугроз. Современные атаки становятся более сложными, многоэтапными и способны изменять характер своего поведения в процессе взаимодействия с информационной системой. В связи с этим традиционные системы обнаружения вторжений (Intrusion Detection Systems, IDS), основанные преимущественно на сигнатурах известных атак и заранее заданных правилах, сталкиваются с ограничениями при обнаружении новых и модифицированных угроз.

Для Республики Узбекистан повышение уровня кибербезопасности также является одним из актуальных направлений развития цифровой инфраструктуры. В утверждённой в 2026 году Стратегии кибербезопасности Республики Узбекистан на 2026–2030 годы предусмотрены дальнейшее совершенствование системы мониторинга кибербезопасности, повышение защищённости информационных систем и развитие современных технологий в сфере кибербезопасности [1].

В последние годы значительное внимание уделяется применению методов машинного обучения для автоматического анализа сетевого трафика. Исследования показывают, что алгоритмы Random Forest, Support Vector Machine, XGBoost, CatBoost и другие методы способны эффективно использовать многочисленные характеристики сетевых соединений для классификации нормального и вредоносного трафика [2; 3].

Однако использование только одной модели машинного обучения не всегда обеспечивает устойчивое обнаружение различных классов атак. Это связано с тем, что отдельные алгоритмы обладают различной чувствительностью к структуре данных, дисбалансу классов, шуму и изменениям распределения признаков. В связи с этим перспективным направлением является использование ансамблевого обучения, при котором несколько моделей совместно участвуют в формировании итогового решения [4; 5].

Цель исследования — разработать концептуальный подход к построению интеллектуальной комплексной IDS на основе ансамбля методов машинного обучения для повышения устойчивости обнаружения сетевых атак.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предлагаемая интеллектуальная комплексная система представляет собой последовательность взаимосвязанных модулей, обеспечивающих преобразование исходного сетевого трафика в итоговое решение о наличии или отсутствии вторжения.



Рис-1. Структурная схема интеллектуальной комплексной системы обнаружения вторжений

Первым этапом является сбор сетевых данных. Исходный трафик преобразуется в набор параметров, характеризующих сетевое соединение. К таким параметрам могут относиться продолжительность соединения, объём переданных данных, количество пакетов, характеристики протоколов, частота запросов и другие статистические признаки.

На втором этапе выполняется предварительная обработка. Она включает удаление дублирующихся записей, обработку пропущенных значений, преобразование категориальных признаков и масштабирование числовых параметров. Особое внимание необходимо уделять дисбалансу классов, поскольку некоторые типы атак могут встречаться значительно реже нормального трафика.

Для экспериментальной проверки предлагаемого подхода могут использоваться наборы данных CIC-IDS2017 и UNSW-NB15. Они продолжают применяться в современных исследованиях систем обнаружения вторжений и позволяют проводить сравнительный анализ алгоритмов машинного и глубокого обучения [5; 6].

На третьем этапе осуществляется отбор наиболее информативных признаков. Сокращение признакового пространства позволяет уменьшить вычислительную нагрузку и потенциально повысить устойчивость классификаторов. При этом отбор признаков должен осуществляться исключительно на обучающей части данных, чтобы избежать утечки информации из тестовой выборки.

В качестве базовых моделей предлагается использовать Random Forest, XGBoost и CatBoost. Random Forest основан на объединении множества деревьев решений, XGBoost использует последовательное построение ансамбля слабых моделей с минимизацией ошибки,

а CatBoost предназначен для эффективной работы с различными типами признаков и сложными зависимостями.

После независимой классификации данные от каждой модели передаются в ансамблевый модуль. На этом уровне может применяться voting, при котором итоговое решение формируется на основе согласованности прогнозов базовых моделей. Другим вариантом является stacking, при котором прогнозы базовых моделей используются как входные признаки для дополнительного метаклассификатора.

Для оценки эффективности предлагаемой системы целесообразно использовать Accuracy, Precision, Recall, F1-score, AUC-ROC и False Positive Rate. При исследовании IDS особое значение имеют Recall и False Positive Rate. Высокий Recall позволяет выявлять большую долю реальных атак, тогда как низкий False Positive Rate позволяет уменьшить количество ложных тревог.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе анализа современных исследований сформирована архитектура интеллектуальной комплексной IDS, объединяющая несколько алгоритмов машинного обучения на уровне принятия решения.

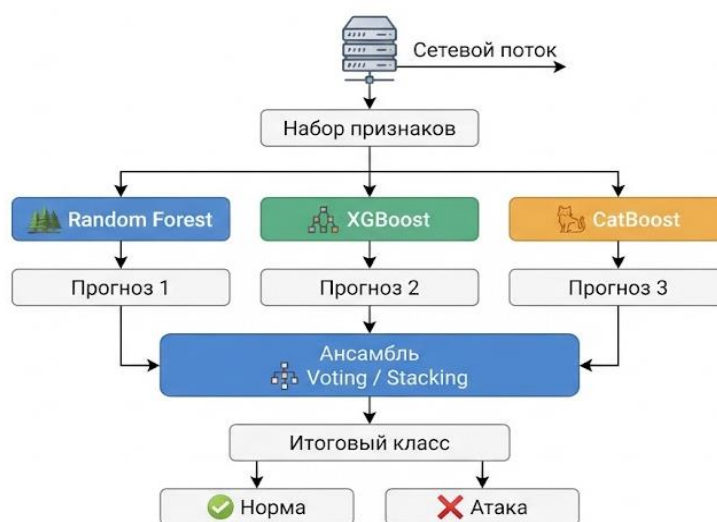


Рис 2. — Принцип формирования итогового решения ансамбля

Основная особенность предлагаемого подхода заключается в том, что итоговое решение не зависит исключительно от одного классификатора. Например, одна модель может лучше выявлять определённый тип аномального поведения, тогда как другая модель может эффективнее работать с другой структурой признаков. Ансамблевый механизм позволяет учитывать результаты нескольких классификаторов.

Предлагаемая архитектура также предусматривает возможность расширения количества базовых моделей. В дальнейшем к Random Forest, XGBoost и CatBoost могут быть добавлены Support Vector Machine, LightGBM, нейронные сети или другие классификаторы.

Современные исследования подтверждают перспективность ансамблевых подходов для многоклассового обнаружения вторжений. В частности, исследования 2025 года рассматривают применение методов bagging, boosting и stacking для повышения качества классификации различных классов сетевых атак [4].

При этом следует учитывать, что показатели эффективности IDS существенно зависят от используемого набора данных, распределения классов, набора признаков и процедуры разделения выборки [5; 7]. Поэтому корректное экспериментальное сравнение должно проводиться в одинаковых условиях для отдельных моделей и ансамблевой системы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Использование ансамбля машинного обучения позволяет рассматривать обнаружение вторжений не как задачу одного классификатора, а как комплексный процесс принятия решения. Такой подход может быть особенно полезен в условиях большого количества типов сетевых атак и неоднородности сетевого трафика.

В исследованиях, выполненных в Узбекистане, также рассматривается использование методов машинного обучения и искусственного интеллекта для обнаружения сетевых угроз. В частности, исследуются Random Forest, SVM и другие алгоритмы для анализа сетевого трафика [2; 3]. Отдельные работы посвящены анализу наборов данных для обнаружения DDoS-атак и оценке применимости различных методов машинного обучения [8].

Одновременно ансамблевый подход имеет ряд ограничений. Увеличение количества моделей приводит к росту вычислительной нагрузки и сложности системы. Кроме того, если все базовые модели обучены на одинаковых и недостаточно репрезентативных данных, их объединение не обязательно обеспечит существенное улучшение результата.

Отдельной проблемой является изменение характера сетевого трафика во времени. Модель, обученная на исторических данных, может постепенно терять эффективность при появлении новых приложений, протоколов и методов атак. Поэтому дальнейшее развитие системы должно предусматривать механизм мониторинга качества модели и её периодического переобучения.

Перспективным направлением является также интеграция ансамблевой IDS с методами объяснимого искусственного интеллекта. Это позволит не только определить наличие атаки, но и предоставить специалисту информацию о признаках, которые оказали наибольшее влияние на решение системы [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение ансамбля методов машинного обучения является перспективным направлением развития интеллектуальных систем обнаружения вторжений. Предложенная архитектура объединяет этапы подготовки сетевых данных, формирования признакового пространства, параллельной классификации и агрегирования результатов нескольких моделей.

В качестве базовых алгоритмов предложено использовать Random Forest, XGBoost и CatBoost, а для объединения их результатов — методы voting или stacking. Для экспериментальной оценки целесообразно использовать современные наборы CIC-IDS2017 и UNSW-NB15 и анализировать не только общую точность, но также Recall, Precision, F1-score и False Positive Rate.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку адаптивного механизма обновления ансамбля, снижение количества ложных срабатываний, применение методов объяснимого ИИ и проверку устойчивости системы к ранее неизвестным видам сетевых атак.

ЛИТЕРАТУРА

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 10-martdagi PF-38-son Farmoni. O'zbekiston Respublikasining 2026–2030-yillarga mo'ljallangan Kiberxavfsizlik strategiyasi. 2026.
2. Rajabboyeva S., Samarov X., Xaitbayev A.P., Allanazarov A.A. An Intelligent Intrusion Detection System for Network Security Using Machine Learning. Nazariy va amaliy fanlardagi ustuvor islohotlar va zamonaviy ta'limning innovatsion yo'nalishlari. 2025.
3. Mo'ydinov M.Z. Sun'iy intellekt asosida ishlovchi IDS/IPS algoritmlarining tarmoq tahdidlarini aniqlashdagi samaradorligini baholash. Modern Science and Research. 2025.
4. Ensemble Learning Approaches for Multi-Class Intrusion Detection Systems for the Internet of Vehicles: A Comprehensive Survey. Future Internet. 2025, Vol. 17, No. 7, Article 317.
5. The Role of Machine and Deep Learning in Modern Intrusion Detection Systems: A Comprehensive Review. Computers & Electrical Engineering. 2025, Vol. 124, Article 110318.
6. A Comparative Study of Machine Learning and Deep Learning Models in Binary and Multiclass Classification for Intrusion Detection Systems. Array. 2025, Vol. 26, Article 100406.
7. MIDES: A Multi-Layer Intrusion Detection System Using Ensemble Machine Learning. International Journal of Intelligent Networks. 2025, Vol. 6, pp. 204–223.
8. Raxmatov F.A., Holmuminov O.T. Анализ показателей эффективности существующих наборов данных для обнаружения DDoS атак. Международный журнал теоретических и прикладных вопросов цифровых технологий. 2025, Vol. 8, No. 3.
9. When the Weakest Model Sees the Threat: An Explainable Ensemble Learning System for Detecting Network Attacks. Computer Networks. 2025, Vol. 273, Article 111730.

ВЛИЯНИЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ

Бекматов Акмал Курбонмахматович

Университет информационных технологий и менеджмента

Аннотация. Развитие квантовых вычислений формирует новый класс угроз для криптографических алгоритмов, используемых в современных системах электронной цифровой подписи. Наибольший риск связан с алгоритмами RSA и эллиптической криптографией, безопасность которых основана на вычислительной сложности задач факторизации и дискретного логарифмирования. В работе рассмотрены основные направления воздействия квантовых вычислений на ЭЦП и проанализированы современные постквантовые алгоритмы ML-DSA и SLH-DSA, стандартизированные NIST в 2024 году. Показана необходимость постепенного перехода информационных систем к постквантовым и гибридным механизмам цифровой подписи.

Ключевые слова: электронная цифровая подпись, квантовые вычисления, постквантовая криптография, ML-DSA, SLH-DSA.

IMPACT OF QUANTUM COMPUTING ON THE SECURITY OF MODERN ELECTRONIC DIGITAL SIGNATURE ALGORITHMS

Abstract. The development of quantum computing creates a new class of threats to cryptographic algorithms used in modern electronic digital signature systems. The greatest risk is associated with RSA and elliptic-curve cryptography, whose security relies on the computational difficulty of integer factorization and discrete logarithm problems. This study examines the main effects of quantum computing on digital signatures and analyzes modern post-quantum algorithms, including ML-DSA and SLH-DSA, standardized by NIST in 2024. The study demonstrates the need for a gradual transition toward post-quantum and hybrid digital signature mechanisms.

Keywords: electronic digital signature, quantum computing, post-quantum cryptography, ML-DSA, SLH-DSA.

KVANT HISOBLASHLARINING ZAMONAVIY ELEKTRON RAQAMLI IMZO ALGORITMLARI XAVFSIZLIGIGA TA'SIRI

Annotatsiya. Kvant hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi zamonaviy elektron raqamli imzo tizimlarida qo'llaniladigan kriptografik algoritmlar uchun yangi turdagi tahdidlarni yuzaga keltirmoqda. Eng katta xavf RSA va elliptik egri chiziqlarga asoslangan kriptografik algoritmlar bilan bog'liq bo'lib, ularning xavfsizligi faktorlash va diskret logarifmlash masalalarining hisoblash murakkabligiga asoslanadi. Mazkur tadqiqotda kvant hisoblashlarining elektron raqamli imzoga ta'siri tahlil qilinib, 2024-yilda NIST tomonidan standartlashtirilgan ML-DSA va SLH-DSA post-kvant algoritmlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari elektron raqamli imzo infratuzilmasini bosqichma-bosqich post-kvant va gibrid mexanizmlarga o'tkazish zarurligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: elektron raqamli imzo, kvant hisoblash, post-kvant kriptografiya, ML-DSA, SLH-DSA.

ВВЕДЕНИЕ

Электронная цифровая подпись (ЭЦП) является одним из базовых механизмов обеспечения аутентичности, целостности электронных документов и подтверждения личности подписанта. В соответствии с действующим законодательством Республики Узбекистан электронная цифровая подпись применяется для идентификации владельца ключа и подтверждения отсутствия искажения электронного документа [1]. Таким образом, устойчивость алгоритмов ЭЦП непосредственно связана с доверием к электронному документообороту, государственным цифровым услугам и информационным системам.

В настоящее время широко применяются криптографические механизмы, основанные на RSA и эллиптических кривых. Например, действующий стандарт NIST FIPS 186-5 предусматривает использование RSA, ECDSA и EdDSA для формирования и проверки цифровых подписей [2]. Однако появление масштабируемых квантовых вычислительных систем способно существенно изменить существующую модель криптографической безопасности.

Особую опасность представляет алгоритм Шора, который теоретически позволяет эффективно решать задачи факторизации и дискретного логарифмирования, лежащие в основе безопасности значительной части современной асимметричной криптографии [3]. При этом важно отметить, что существующие квантовые компьютеры пока не обладают возможностями, необходимыми для практического взлома применяемых сегодня RSA или ECC. Поэтому рассматриваемая угроза является прежде всего стратегической, но требует заблаговременной подготовки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на анализе современных нормативных документов и научных публикаций 2023–2026 гг., посвящённых постквантовой криптографии и цифровым подписям. В качестве основных источников использованы документы Национального института стандартов и технологий США (NIST), действующее законодательство Республики Узбекистан, а также современные исследования зарубежных и узбекских авторов [1–8].

Методика исследования включает сравнительный анализ трёх групп криптографических механизмов:

- классических алгоритмов цифровой подписи RSA, ECDSA и EdDSA;
- современных постквантовых алгоритмов цифровой подписи;
- гибридных механизмов, объединяющих классические и постквантовые алгоритмы.

В 2024 году NIST утвердил два стандарта постквантовой цифровой подписи: FIPS 204 для ML-DSA и FIPS 205 для SLH-DSA [4; 5]. ML-DSA основан на решётчатой криптографии, а SLH-DSA — на хешированных структурах подписи. Использование различных математических основ является важным элементом диверсификации криптографической защиты.



Схема 1. Влияние квантовых вычислений на современные системы ЭЦП

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ показал, что воздействие квантовых вычислений на ЭЦП проявляется прежде всего в потенциальной возможности компрометации закрытого ключа, если используемый алгоритм основывается на математической задаче, эффективно решаемой квантовым компьютером. Поэтому RSA, ECDSA и EdDSA относятся к алгоритмам, требующим долгосрочной миграции на постквантовые решения [2; 3].

В отличие от классических схем, ML-DSA использует математические задачи на решётках, а SLH-DSA основывается на криптографических хеш-функциях. NIST определяет ML-DSA как основной стандартизированный механизм постквантовой цифровой подписи, тогда как SLH-DSA представляет альтернативный подход с иной математической основой [4; 5].

При этом переход к постквантовой ЭЦП не является простой заменой одного алгоритма другим. Изменяются размеры ключей и подписей, требования к памяти, вычислительная нагрузка, протоколы обмена и процедуры управления сертификатами. Исследования, проведённые в Узбекистане, также указывают на необходимость оценки производительности

и практической применимости постквантовых механизмов в национальной информационной инфраструктуре [6–8].

Для национальных информационных систем проблема приобретает дополнительное значение. Закон Республики Узбекистан «Об электронной цифровой подписи» № ЗРУ-793 действует с 14 января 2023 года и определяет правовые основы использования ЭЦП [1]. Следовательно, при долгосрочном развитии национальной системы электронного документооборота необходимо учитывать не только текущую криптографическую устойчивость, но и возможность последующей миграции на постквантовые механизмы.



Схема 2. Предлагаемая модель перехода к постквантовой ЭЦП

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из наиболее рациональных направлений переходного периода является использование гибридных схем. В такой модели электронный документ может одновременно защищаться классическим и постквантовым механизмами. Это позволяет сохранить совместимость с существующей инфраструктурой и одновременно подготовить её к новым криптографическим требованиям.

Актуальность такого подхода подтверждается международной практикой. NIST рекомендует организациям уже начинать процесс миграции, поскольку замена криптографической инфраструктуры требует инвентаризации алгоритмов, обновления программного обеспечения, тестирования совместимости и модернизации протоколов [9]. В опубликованной стратегии перехода NIST указывается на необходимость завершения миграции от уязвимых к квантовым атакам алгоритмов в долгосрочной перспективе, при этом наиболее критические системы должны переходить раньше [9].

Для Узбекистана целесообразным направлением исследований является разработка методики оценки готовности национальных систем ЭЦП к постквантовой угрозе. Такая методика может учитывать используемый криптографический алгоритм, срок действия подписей и сертификатов, требования к долговременной проверке электронных документов, вычислительную нагрузку и совместимость с действующей инфраструктурой.

Особое значение имеет проблема долговременной достоверности уже созданных электронных документов. Даже если квантовый компьютер, способный атаковать RSA или ECC, появится в будущем, документы, подписанные сегодня, могут сохраняться в

информационных системах десятилетиями. Поэтому защита электронных подписей должна рассматриваться не только с позиции текущей безопасности, но и с позиции срока хранения и необходимости последующей криптографической проверки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ показывает, что развитие квантовых вычислений создаёт долгосрочный риск для современных алгоритмов электронной цифровой подписи, основанных на факторизации и дискретном логарифмировании. RSA, ECDSA и EdDSA продолжают применяться и стандартизованы для современных информационных систем, однако их долговременная устойчивость в условиях появления криптографически значимых квантовых компьютеров не может рассматриваться как достаточная [2; 3].

Стандартизация NIST алгоритмов ML-DSA и SLH-DSA в 2024 году сформировала практическую основу для перехода к постквантовой цифровой подписи [4; 5]. Для национальной цифровой инфраструктуры целесообразным является поэтапный подход: инвентаризация существующих алгоритмов, оценка рисков, тестирование постквантовых решений, внедрение гибридных механизмов и последующая миграция на постквантовую инфраструктуру.

Таким образом, постквантовая защита ЭЦП должна рассматриваться не как реакция на уже произошедший криптографический взлом, а как предварительная модернизация инфраструктуры с учётом долгосрочного жизненного цикла электронных документов и цифровых сертификатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Узбекистан № ЗРУ-793 от 12.10.2022 «Об электронной цифровой подписи». Вступил в силу 14.01.2023.
2. Chen L., Moody D., Regenscheid A., Robinson A. Digital Signature Standard (DSS). FIPS 186-5. National Institute of Standards and Technology, 2023.
3. Post Quantum Cryptography: A Review of Techniques, Challenges and Standardizations. 2023 International Conference on Information Networking (ICOIN), 2023. DOI: 10.1109/ICOIN56518.2023.10048976.
4. NIST. Module-Lattice-Based Digital Signature Standard (ML-DSA). FIPS 204. National Institute of Standards and Technology, 2024.
5. NIST. Stateless Hash-Based Digital Signature Standard (SLH-DSA). FIPS 205. National Institute of Standards and Technology, 2024.
6. Gulomov S.R., Khudayberganov T.R., Ravshanova M.X. et al. Exploring Post-Quantum Cryptographic Algorithms for Secure Data Transmission. 2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE), 2024. DOI: 10.1109/PIERE62470.2024.10805050.
7. Rustamova N., Dutta S. Securing the Future: A Comprehensive Review of Post-Quantum Cryptography in the Modern Threat Landscape. Qubahan Techno Journal, 2025. DOI: 10.48161/qtj.v4n2a58.
8. Safoev N. Security Challenges In The Era Of Cryptography And Quantum Technologies. American Journal of Applied Science and Technology, 2025. DOI: 10.37547/ajast/Volume05Issue11-23.

9. Moody D., Perlner R., Regenscheid A. et al. Transition to Post-Quantum Cryptography Standards. NIST IR 8547. National Institute of Standards and Technology, 2024; актуальная информация NIST о миграции обновлена в 2026 г.

10. Sadoqatalimova S. et al. Quantum Safe Cryptographic Frameworks for Securing National Digital Currencies and Economic Infrastructure. Journal of Internet Services and Information Security, 2026, Vol. 16, No. 1, pp. 237–252. DOI: 10.58346/JISIS.2026.II.014.

TALABALARNING MA'LUMOTLAR BAZASI BILAN ISHLASH KOMPETENTLIGINI TAKOMILLASHTIRISHDA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISHNING METODIK ASOSLARI

Qodirov Bobur

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada oliy ta'lim muassasalari axborot texnologiyalari yo'nalishi talabalarining ma'lumotlar bazasi bilan ishlash kompetentligini rivojlantirishda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalaridan, xususan, generativ yirik til modellari (LLM) va intellektual repetitorlik tizimlaridan foydalanishning metodik asoslari tadqiq etilgan. Ma'lumotlar bazasi kompetentligining strukturaviy komponentlari (kognitiv, loyihalash, amaliy va optimallashtirish) tizimlashtirilib, Sokratik muloqot va adaptiv teskari aloqaga asoslangan SI ta'lim modeli ishlab chiqildi. Pedagogik tajriba-sinov ishlari Toshkent axborot texnologiyalari universiteti talabalari ishtirokida o'tkazildi. Eksperiment natijalari taklif etilgan metodika asosida o'qitilgan tajriba guruhida o'zlashtirish samaradorligi va SQL so'rovlarini loyihalash ko'nikmalari an'anaviy o'qitish shakliga nisbatan yigirma foizdan ortiq yaxshilanganligini ko'rsatdi.*

***Kalit so'zlar:** sun'iy intellekt, oliy ta'lim, ma'lumotlar bazasi, SQL so'rovlari, intellektual repetitorlik, adaptiv ta'lim, kasbiy kompetentlik, relyatsion modellashtirish.*

***Аннотация.** В данной статье исследуются методические основы применения технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности больших языковых моделей (LLM) и интеллектуальных обучающих систем, для совершенствования компетенций студентов ИТ-направлений в области баз данных. Систематизированы структурные компоненты профессиональной компетентности (когнитивный, проектный, алгоритмический и оптимизационный), разработана адаптивная дидактическая модель на основе сократовского диалога и интеллектуальной обратной связи. Педагогический эксперимент проведен в Ташкентском университете информационных технологий. Результаты подтвердили повышение качества проектирования баз данных и составления сложных SQL-запросов в экспериментальной группе более чем на двадцать процентов.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, высшее образование, базы данных, SQL-запросы, интеллектуальное репетиторство, адаптивное обучение, профессиональная компетентность.*

***Abstract.** This study investigates the methodological foundations of leveraging Artificial Intelligence (AI) technologies, specifically large language models (LLMs) and intelligent tutoring systems, to enhance undergraduate computer science students' competencies in database*

management systems. The core structural components of database proficiency are formalized, followed by the development of an adaptive educational model integrating Socratic inquiry and automated feedback. A pedagogical experiment was conducted at Tashkent University of Information Technologies. Empirical findings revealed that the experimental cohort achieved over a twenty percent gain in database schema normalization, relational modeling, and advanced SQL querying compared to traditional instruction.

Keywords: *artificial intelligence, higher education, database systems, SQL querying, intelligent tutoring systems, adaptive learning, professional competence, relational modeling.*

KIRISH

Zamonaviy raqamli iqtisodiyot va axborot jamiyatining jadal taraqqiyoti yuqori malakali dasturiy ta'minot muhandislari, ma'lumotlar bazasi administratorlari va tahlilchilariga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda. Oliy ta'lim muassasalarida axborot texnologiyalari yo'nalishida ta'lim olayotgan bo'lajak mutaxassislarni tayyorlashda «Ma'lumotlar bazasi», «Ma'lumotlar ombori» va «Katta hajmdagi ma'lumotlarni boshqarish» fanlari fundamental o'rin tutadi. Ushbu fanlarni o'zlashtirish talabdan nafaqat nazariy bilimlarni, balki abstrakt mantiqiy fikrlash, relyatsion algebrani tushunish, ma'lumotlar konseptual modellarini (ERD) yaratish, jadvallarni normalizatsiya qilish hamda murakkab SQL so'rovlarini optimallashtirish ko'nikmalarini talab etadi.

Shu bilan birga, oliy ta'limdagi an'anaviy o'qitish amaliyotida qator tizimli qiyinchiliklar kuzatilmoqda. Birinchidan, laboratoriya mashg'ulotlarida talabalar sonining ko'pligi sababli o'qituvchining har bir talabaning SQL kodidagi mantiqiy va sintaktik xatolarni individual tahlil qilib, o'z vaqtida batafsil tushuntirish berish imkoniyati cheklanadi. Ikkinchidan, talabalar ko'pincha relyatsion modeldagi cheklovlarini (Primary Key, Foreign Key, Integrity Constraints) noto'g'ri loyihalashtiradilar va ma'lumotlar bazasida anomalialarning vujudga kelish sabablarini yetarlicha chuqur anglamaydilar. Uchinchidan, talabalarning dastlabki tayyorgarlik darajasi turlicha bo'lib, bir xil o'quv dasturi iqtidorli talabalar uchun zerikarli, o'zlashtirishi sust talabalar uchun esa o'ta murakkab tuyuladi.

So'nggi yillarda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining, ayniqsa generativ yirik til modellari va intellektual repetitorlik tizimlarining jadal rivojlanishi ta'lim jarayonini tubdan transformatsiya qilish uchun yangi didaktik vositalarni taqdim etmoqda. Sun'iy intellekt talabaning individual o'quv trayektoriyasiga moslashuvchi, real vaqt rejimida xatoliklarni tahlil qiluvchi va talabaga tayyor javobni emas, balki to'g'ri mantiqiy xulosaga yetaklovchi maslahatlarni shakllantiruvchi virtual o'qituvchi-tyutor vazifasini bajarishi mumkin. Mazkur tadqiqotning maqsadi talabalarning ma'lumotlar bazasi bilan ishlash kompetentligini takomillashtirishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan tizimli foydalanishning pedagogik-metodik asoslarini ishlab chiqish va amaliy samaradorligini tajriba-sinov asosida asoslashdan iboratdir.

TALABALARNING MA'LUMOTLAR BAZASI KOMPETENTLIGI STRUKTURASI VA SUN'IY INTELLEKTNING DIDAKTIK IMKONIYATLARI

Kasbiy ta'lim pedagogikasida kompetentlik shaxsning egallagan bilim, ko'nikma va malakalarini nostandart amaliy vaziyatlarda muvaffaqiyatli qo'llay olish qobiliyati sifatida tavsiflanadi. Bo'lajak IT mutaxassisining ma'lumotlar bazasi bilan ishlash kompetentligi ko'p komponentli tuzilishga ega bo'lib, quyidagi to'rtta asosiy blokni qamrab oladi :

1. Kognitiv-nazariy komponent: relyatsion model nazariyasi, munosabatlar algebrasi, ma'lumotlar yaxlitligi qoidalari, ACID tamoyillari hamda NoSQL modellarining arxitekturasini chuqur tushunish;

2. Konstruktiv-loyihalash komponenti: real predmet sohasini tahlil qilish, ER-diagrammalarni ishlab chiqish, 1NF, 2NF, 3NF va BCNF normal shakllariga keltirish hamda ma'lumotlar bazasi sxemasini to'g'ri loyihalash ko'nikmalari;

3. Algoritmik-amaliy komponent: SQL tilida ma'lumotlar strukturasini yaratish (DDL), ma'lumotlar bilan manipulyatsiya qilish (DML) va murakkab ko'p jadvalli so'rovlarni (JOIN, Subquery, Window Functions) shakllantirish mahorati;

4. Diagnostik-optimallashtirish komponenti: so'rovlarni bajarish rejasini (EXPLAIN) tahlil qilish, indekslarni oqilona tanlash, tranzaksiya blokirovkalarini bartaraf etish va tizim unumdorligini oshirish qobiliyati.

Mazkur kompetentlik komponentlarini shakllantirishda sun'iy intellekt texnologiyalari passiv ma'lumot yetkazuvchi vosita emas, balki faol didaktik vositachi sifatida namoyon bo'ladi (1-jadval).

1-jadval. Ma'lumotlar bazasi kompetentligining tarkibiy komponentlari va ularni rivojlantirishda sun'iy intellekt vositalarining integratsiyasi

Kompetentlik komponenti	Shakllantiriladigan kasbiy ko'nikmalar	Qo'llaniladigan SI vositasi va funksiyasi	Pedagogik samaradorlik mezonlari
Kognitiv-nazariy	Relyatsion algebra, ACID, normalizatsiya	Semantik tushuntirish va analogiyalar beruvchi LLM	Nazariy tushunchalarni anglash darajasining 28% ga ortishi
Konstruktiv-loyihalash	Konseptual va mantiqiy ERD loyihalash	Sxemalarni tahlil qiluvchi SI-validator moduli	Mantiqiy loyihalashdagi ortiqchalik xatolarining kamayishi
Algoritmik-amaliy	Murakkab SQL so'rovlarini (JOIN) yozish	Sokratik usulda xatoliklarni tahlil qiluvchi AI-tyutor	SQL sintaksisidagi mustaqil xatolarni tuzatish tezligi
Diagnostik-optimallashtirish	EXPLAIN tahlili, indekslar, unumdorlik	So'rovlar profilini tuzuvchi va optimallovchi AI agent	Resurs tejimkor va tezkor so'rovlar arxitekturasini yaratish

1-jadvalda keltirilgan integratsiya shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt talabaga tayyor SQL kodini berish uchun emas, balki kognitiv qiyinchilik tug'dirayotgan nuqtalarni bosqichma-bosqich yoritish uchun xizmat qiladi. Buning uchun maxsus prompt-arxitektura ishlab chiqilib, tizimga «Sokratik o'qitish rejimi» o'rnatildi. Ushbu rejimda AI talabaning xato yozilgan so'rovini ko'rganda to'g'ri kodni yozib bermaydi, balki yetaklovchi savollar orqali talabaning o'ziga xatoni (masalan, Cartesian product hosil bo'lishi, noto'g'ri agregatsiya yoki NULL qiymatlar ta'siri) tushuntiradi.

PEDAGOGIK TAJRIBA-SINOV VA O'QITISHNING INTEGRATSIYALASHGAN METODIKASI

Taklif etilgan metodikaning amaliy samaradorligini tekshirish maqsadida Axborot texnologiyalari va menejment universitetida «Ma'lumotlar bazasi» fani bo'yicha pedagogik tajriba-sinov ishlari o'tkazildi. Tajribada 120 nafar ikkinchi bosqich talabalari ishtirok etib, ular nazorat (NG

– 60 nafar) va tajriba (TG – 60 nafar) guruhlariga ajratildi. Nazorat guruhida an'anaviy o'qitish usuli, tajriba guruhida esa generativ sun'iy intellektga asoslangan intellektual repetitorlik moduli qo'llanildi.

O'qitish jarayoni uch asosiy bosqichda amalga oshirildi:

1. Konseptual modellash bosqichi: talabalar turli sohalar (kutubxona, elektron tijorat, shifoxona) bo'yicha matnli talablar asosida ER-diagrammalar tuzdilar. SI moduli talabalarning sxemalaridagi ko'pdan-ko'pga bog'lanishlarni oraliq jadvallarga to'g'ri ajratilganligini avtomatik tahlil qildi;
2. DDL va DML amaliyot bosqichi: talabalar relyatsion jadvallarni yaratish, indekslash va cheklovlar o'rnatish, so'ngra murakkab SELECT so'rovlarini (GROUP BY, HAVING, subqueries, CTE, Window functions) yozish bo'yicha topshiriqlarni bajardilar. SI moduli xatolik yuz berganda xato kodini talaba tiliga tarjima qilib, muammoning ildizini tushuntirib bordi;
3. Optimallashtirish va amaliy loyiha bosqichi: talabalar millionlab qatorlardan iborat katta hajmdagi sinov ma'lumotlar bazasida sekin ishlayotgan so'rovlarni tahlil qildilar va ularning bajarilish vaqtini indekslash va so'rov strukturasi qayta yozish orqali optimallashtirdilar.

TAJIRIBA-SINOV NATIJALARI VA STATISTIK TAHLIL

Talabalarning ma'lumotlar bazasi bilan ishlash kompetentligi darajasi tajriba boshida (kirish nazorati) va o'quv semestri yakunida (yakuniy nazorat) yuz ballik tizim hamda maxsus kasbiy test sinovlari asosida baholandi (2-jadval).

2-jadval. Tajriba va nazorat guruhlar talabalarining o'zlashtirish ko'rsatkichlari dinamikasi

Baholash mezonlari va kompetentlik sohalari	Nazorat guruhi (kirish)	Nazorat guruhi (yakuniy)	Tajriba guruhi (kirish)	Tajriba guruhi (yakuniy)
Nazariy bilimlar va relyatsion tushunchalar	62.4 ± 1.8	71.6 ± 1.5	61.8 ± 1.7	86.2 ± 1.2
ER-diagrammalarni loyihalash va normalizatsiya	55.2 ± 2.1	66.4 ± 1.9	56.0 ± 2.0	84.8 ± 1.4
Murakkab SQL so'rovlarini tuzish (DML)	58.6 ± 1.9	70.2 ± 1.8	57.9 ± 1.8	89.5 ± 1.1
So'rovlarni optimallashtirish va profilaktika	44.8 ± 2.3	58.4 ± 2.0	45.2 ± 2.2	81.6 ± 1.6
O'rtacha integrallashgan ball (100 ballik)	55.2 ± 2.0	66.6 ± 1.8	55.2 ± 1.9	85.5 ± 1.3

Olingan natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, kirish nazoratida guruhlar o'rtasida statistik jihatdan sezilarli farq kuzatilmadi (mos ravishda 55.2 va 55.2 ball). Biroq semestr yakunida taklif etilgan metodika asosida sun'iy intellekt vositalaridan foydalanib o'qitilgan tajriba guruhi talabalarining o'rtacha o'zlashtirish ko'rsatkichi 85.5 ballga yetdi. Bu nazorat guruhidagi ko'rsatkichdan (66.6 ball) 18.9 ballga yuqoridir. Natijalarning statistik ishonchliligi Styudent t-kriteriyasi yordamida baholandi ($t_{\text{hisob}} = 8.42 > t_{\text{jadval}} = 1.98$, $p < 0.001$), bu esa olingan ijobiy o'zgarishlarning tasodifiy emasligini tasdiqlaydi.

Ayniqsa, eng katta o'sish murakkab SQL so'rovlarini tuzish (57.9 balldan 89.5 ballgacha, o'sish 31.6 ball) hamda so'rovlarni optimallashtirish (45.2 balldan 81.6 ballgacha, o'sish 36.4 ball) bo'yicha

qayd etildi. Bunga sabab, an'anaviy darslarda kam e'tibor qaratiladigan indeksatsiya va so'rovlar tahlili jarayonida sun'iy intellekt talabalarga EXPLAIN buyrug'i natijalarini vizual va tushunarli tarzda interpretatsiya qilib berganligidadir.

Talabalar o'rtasida o'tkazilgan so'rovnoma natijalari shuni ko'rsatdiki, tajriba guruhi talabalarining 92 foizi sun'iy intellekt tyutoridan foydalanish ularda fanga bo'lgan qiziqishni oshirganligini, xatolardan qo'rqish to'sig'ini bartaraf etganligini va mustaqil ta'lim olish ko'nikmalarini sezilarli darajada rivojlantirganligini ta'kidladilar. Shunday qilib, ma'lumotlar bazasi fanlarini o'qitishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan pedagogik jihatdan to'g'ri maqsadli foydalanish talabalarining kasbiy kompetentligini sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarish imkonini beradi.

XULOSA

Talabalarining ma'lumotlar bazasi bilan ishlash kompetentligini takomillashtirishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning metodik asoslari ishlab chiqildi va amaliyotga tatbiq etildi. Mazkur tadqiqot shuni isbotladiki, sun'iy intellektni Sokratik muloqot va adaptiv teskari aloqa mexanizmlari orqali ta'lim jarayoniga integratsiya qilish talabalarining relyatsion loyihalash, SQL dasturlash va ma'lumotlar bazasini optimallashtirish bo'yicha kasbiy ko'nikmalarini qariyb yigirma foizga oshirish imkonini beradi. Taklif etilgan metodika oliy ta'lim muassasalarida IT yo'nalishi talabalarini zamonaviy mehnat bozori talabalariga mos, raqobatbardosh mutaxassislar sifatida tayyorlashda samarali pedagogik instrument bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Date C.J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. – Boston: Addison-Wesley, 2004. – 1024 p.
2. Silberschatz A., Korth H.F., Sudarshan S. Database System Concepts. 7th ed. – New York: McGraw-Hill, 2020. – 1376 p.
3. Connolly T., Begg C. Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management. 6th ed. – Boston: Pearson, 2015. – 1440 p.
4. Kadyrov, B. K. (2022). Database problems and solutions in technical higher education. Asian Journal of Multidimensional Research, 11(8), 89-95.
5. Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education. – London: Pearson, 2016. – 60 p.
6. Aripov M.M., Begalov B.A., Begimqulov U.Sh. Axborot texnologiyalari. – Toshkent: Noshir, 2009. – 368 b.
7. Marakasov A., Mitrofanov M. Intelligent tutoring system for teaching SQL: Architecture and error analysis // IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2021. – Vol. 14(3). – P. 345–356.
8. Sarsa S., Denny P., Hellas A., Leinonen J. Synthesizing programming and database learning opportunities using large language models // Proceedings of the 2022 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER '22). – 2022. – P. 232–246.
9. Bloom B.S. Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. – New York: Longmans, Green, 1956. – 207 p.
10. Zheng Y., Kumar A., Chen L. Evaluating generative AI assistants in database engineering education // Computers & Education: Artificial Intelligence. – 2023. – Vol. 5. – Article 100182.

MA'LUMOTLAR BAZASI FANLARINI O'QITISHDA GENERATIV SUN'IY INTELLEKT ASOSIDAGI ADAPTIV TA'LIM PLATFORMASINI ISHLAB CHIQISH VA AMALIYOTGA JORIY ETISH

Qodirov Bobur

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy ta'lim muassasalarida ma'lumotlar bazasi fanlarini o'qitish sifatini oshirish va talabalarning amaliy dasturlash kompetentligini rivojlantirishga qaratilgan generativ sun'iy intellekt (SI) asosidagi adaptiv ta'lim platformasining dasturiy arxitekturasini va amaliy tatbiqi yoritilgan. Ishlab chiqilgan platforma talabalarning SQL so'rovlarini abstrakt sintaktik daraxt (AST) va izolyatsiyalangan sinov konteynerlari vositasida real vaqt rejimida tekshirib, Sokratik muloqot tamoyili asosida intellektual maslahatlar shakllantiradi. Axborot texnologiyalari va menejment universitetida o'tkazilgan tajriba-sinov ishlari platformadan foydalanish talabalarning relyatsion sxemalarni loyihalash, ma'lumotlar bazasini normalizatsiya qilish va so'rovlarni optimallashtirish bo'yicha kasbiy ko'nikmalarini sezilarli darajada oshirganligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: generativ sun'iy intellekt, adaptiv ta'lim platformasi, ma'lumotlar bazasi, SQL tahlili, Bloom taksonomiyasi, avtomatlashtirilgan baholash, dasturiy ta'minot.

Аннотация. В данной статье освещаются программная архитектура и практическая реализация адаптивной образовательной платформы на основе генеративного искусственного интеллекта (ИИ), направленной на повышение качества преподавания дисциплин, связанных с базами данных, в высших образовательных учреждениях и развитие практических навыков программирования у студентов. Разработанная платформа в режиме реального времени осуществляет проверку SQL-запросов студентов с использованием абстрактного синтаксического дерева (AST) и изолированных тестовых контейнеров, а также формирует интеллектуальные рекомендации на основе принципов сократического диалога. Проведённые в Университете информационных технологий и менеджмента экспериментально-апробационные исследования показали, что использование платформы способствует существенному повышению профессиональных навыков студентов в области проектирования реляционных схем, нормализации баз данных и оптимизации запросов.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, адаптивная обучающая платформа, базы данных, анализ SQL, таксономия Блума, автоматизированная оценка, программное обеспечение.

Abstract. This article presents the software architecture and practical implementation of an adaptive educational platform based on generative artificial intelligence (AI), aimed at improving the quality of teaching database-related courses in higher education institutions and developing students' practical programming competencies. The developed platform evaluates students' SQL queries in real time using Abstract Syntax Trees (AST) and isolated testing containers, while generating intelligent guidance based on the principles of Socratic dialogue. Experimental and pilot studies conducted at the University of Information Technologies and Management demonstrated that the use of the platform significantly improved students' professional skills in relational schema design, database normalization, and query optimization.

Keywords: *generative artificial intelligence, adaptive learning platform, database systems, SQL parsing, Bloom's taxonomy, automated grading, software engineering.*

KIRISH

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida malakali kadrlarni tayyorlashda ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlari (MBBT) bo'yicha chuqur amaliy ko'nikmalarga ega bo'lish asosiy talablardan biri hisoblanadi. Talabalar ma'lumotlar bazalarini loyihalash, ma'lumotlar butunligini ta'minlash, murakkab tahliliy so'rovlarni yozish hamda tizim unumdorligini optimallashtirish kabi ko'p bosqichli vazifalarni o'zlashtirishlari lozim.

Biroq bugungi kunda oliy ta'limda keng qo'llanilayotgan an'anaviy ta'limni boshqarish tizimlari (LMS – Moodle, Canvas va boshqalar) dasturlash va ma'lumotlar bazasi fanlarini o'qitishda qator jiddiy cheklovlarga ega. Ushbu tizimlar asosan statik testlar va fayllarni qabul qilish bilan cheklanib, talabaning yozgan SQL skriptini real vaqt rejimida dinamik testdan o'tkaza olmaydi. O'qituvchi laboratoriya ishlarini qo'lda tekshirishga majbur bo'ladi, bu esa o'z vaqtida teskari aloqa (feedback) berish jarayonini kechiktiradi va talabaning mustaqil o'rganish motivatsiyasini pasaytiradi.

Ushbu muammoni bartaraf etishning zamonaviy yechimi sifatida generativ sun'iy intellekt (GenAI) va katta til modellariga (LLM) asoslangan adaptiv ta'lim platformalarini yaratish dolzarb hisoblanadi. Mazkur maqolada ma'lumotlar bazasi fanlari uchun maxsus ishlab chiqilgan, talabaning bilish darajasiga moslashuvchi va Sokratik tamoyil asosida maslahat beruvchi adaptiv dasturiy platforma arxitekturasini hamda uning amaliy samaradorligi tahlil qilinadi.

ADAPTIV TA'LIM PLATFORMASINING DASTURIY ARHITEKTURASI VA FUNKSIONAL MODULLARI

Taklif etilayotgan adaptiv ta'lim platformasi mikroxizmatlar (microservices) arxitekturasini asosida loyihalashtirilgan bo'lib, talabalarga xavfsiz va interaktiv ta'lim muhitini taqdim etadi. Tizim quyidagi to'rtta asosiy funksional qatlamdan iborat:

1. Foydalanuvchi interfeysi (Frontend moduli): React.js freymvorkida yaratilgan bo'lib, talabaga SQL kod muharriri (Monaco Editor), ER-diagrammalarni vizual chizish paneli hamda AI-assistent bilan interaktiv muloqot oynasini taqdim etadi;

2. Xavfsiz sinov muhiti (Database Sandbox Engine): Docker konteynerlariga asoslangan bo'lib, talabaning yozgan har bir SQL so'rovini (SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, CREATE) asosiy tizimdan to'liq izolyatsiyalangan vaqtinchalik PostgreSQL/MySQL nusxalarida xavfsiz ishga tushiradi;

3. Sintaktik va semantik tekshiruv moduli (AST Parser & Evaluator): SQL kodini abstrakt sintaktik daraxtga (Abstract Syntax Tree) ajratadi, so'rovning mantiqiy strukturasini etalon yechim bilan solishtiradi va bajarilish rejasini (EXPLAIN ANALYZE) tekshiradi;

4. Intellektual AI-murabbiy yadrosi (AI Tutor Core): Retrieval-Augmented Generation (RAG) texnologiyasi va maxsus prompt-nazorat tizimiga tayangan holda talabaga shaxsiylashtirilgan yo'naltiruvchi maslahatlar beradi (1-jadval).

1-jadval. Adaptiv ta'lim platformasi dasturiy arxitekturasining modulli tuzilishi va texnologik steki

Tizim moduli	Asosiy funksional vazifasi	Qo'llanilgan texnologiya / Vosita	Didaktik imkoniyati
--------------	----------------------------	-----------------------------------	---------------------

Foydalanuvchi interfeysi	Kod yozish, ERD vizualizatsiyasi va muloqot	React.js, Monaco Editor, WebSockets	Interaktiv va qulay amaliy dasturlash muhitini yaratish
Sandbox Engine	Talaba so'rovlarini izolyatsiyalangan holda bajarish	Docker, PostgreSQL, Linux cgroups	Tizim xavfsizligi va mustaqil tajriba o'tkazish erkinligi
AST Parser moduli	SQL kodini sintaktik daraxtga ajratish va solishtirish	Python sqlglot, AST tahlil kutubxonalari	Mantiqiy va tuzilmaviy xatoliklarni aniq lokalizatsiyalash
AI Tutor Core	Sokratik usulda adaptiv maslahatlar shakllantirish	LLM API, RAG, Semantik prompt filtri	Tayyor yechim bermasdan mustaqil fikrlashga undash

Platformaning o'ziga xos xususiyati shundaki, AI Tutor Core moduli bevosita talabaga to'g'ri kodni taqdim etishni qat'iy taqiqlovchi pedagogik filtrga ega. Agar talaba sintaktik xato qilsa (masalan, GROUP BY bandida ko'rsatilmagan ustunni SELECT ga kiritish), tizim unga SQL qoidasini eslatadi va: «Siz agregat funksiyasiz ustunni tanladingiz. Nima uchun bu ustun bitta qatorga birlasha olmaydi deb o'ylaysiz?» degan yo'naltiruvchi savol beradi.

SQL SO'ROVLARINI AVTOMATIK VALIDATSIYA QILISH VA SOKRATIK TESKARI ALOQA ALGORITMI

So'rovlarni baholash va teskari aloqa shakllantirish jarayoni uch bosqichli validatsiya zanjiriga tayanadi:

Dastlab, talaba yuborgan so'rov sintaktik tekshiruvdan o'tkaziladi. Agar sintaksis to'g'ri bo'lsa, u izolyatsiyalangan sinov ma'lumotlar bazasida bajariladi va natijaviy jadval o'qituvchi tomonidan belgilangan etalon natija bilan taqqoslanadi. Uchinchi bosqichda kodning samaradorligi baholanadi: unumdorlik nuqtai nazaridan ortiqcha subquery ishlatilganmi, indekslardan foydalanilganmi yoki to'liq skanerlash (Seq Scan) sodir bo'lmoqdammi – bularning barchasi AI moduli tomonidan tahlil qilinadi.

Talabaning har bir xatosi platforma ma'lumotlar bazasida saqlanib, uning shaxsiy kompetentlik profili shakllantiriladi. Ushbu profil asosida tizim talabaga o'zi qiynalayotgan mavzular (masalan, korrelyatsiyalangan quyi so'rovlar yoki tranzaksiyalarni boshqarish) bo'yicha individual darajadagi qo'shimcha amaliy topshiriqlarni avtomatik tarzda generatsiya qiladi.

TAJRIBA-SINOV NATIJALARI VA STATISTIK SAMARADORLIK

Ishlab chiqilgan adaptiv platformaning amaliy samaradorligini baholash maqsadida Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida 116 nafar talaba ishtirokida bir semestr davomida tajriba-sinov ishlari olib borildi. Talabalar an'anaviy ta'lim oluvchi nazorat guruhi (58 nafar) hamda ishlab chiqilgan adaptiv platformada shug'ullanuvchi tajriba guruhiga (58 nafar) teng taqsimlandi.

Talabalarning ma'lumotlar bazasi bo'yicha kasbiy kompetentligi B.Blum taksonomiyasining oltita kognitiv darajasi bo'yicha kompleks baholandi (2-jadval).

2-jadval. Talabalarning Bloom taksonomiyasi bosqichlari bo'yicha kompetentlik ko'rsatkichlarining qiyosiy tahlili

Bloom taksonomiyasi kognitiv darajasi	Nazorat guruhi (o'rtacha ball, %)	Tajriba guruhi (o'rtacha ball, %)	Statistik farq (Δ, %)
--	--	--	--

1. Bilish (Remembering) – terminlar va sintaksis	78.4 ± 2.1 %	88.6 ± 1.6 %	+ 10.2 % (p < 0.01)
2. Tushunish (Understanding) – relyatsion modellar	70.2 ± 2.4 %	85.4 ± 1.8 %	+ 15.2 % (p < 0.001)
3. Qo‘llash (Applying) – standart SQL so‘rovlari	68.5 ± 2.3 %	89.2 ± 1.5 %	+ 20.7 % (p < 0.001)
4. Tahlil (Analyzing) – xatoliklar va EXPLAIN tahlili	54.1 ± 2.8 %	80.5 ± 2.0 %	+ 26.4 % (p < 0.001)
5. Loyihalash (Evaluating) – normalizatsiya (BCNF)	51.8 ± 3.0 %	78.2 ± 2.2 %	+ 26.4 % (p < 0.001)
6. Yaratish (Creating) – to‘liq MB arxitekturasini	48.6 ± 3.1 %	76.4 ± 2.3 %	+ 27.8 % (p < 0.001)

2-jadval natijalaridan ko‘rinib turibdiki, oddiy bilish darajasida farq unchalik katta bo‘lmasda (+10.2%), yuqori kognitiv bosqichlarda tajriba guruhi talabarlari keskin ustunlikni namoyish etdilar. Xususan, tahlil qilish darajasida o‘zlashtirish 26.4 foizga, ma’lumotlar bazasini mustaqil loyihalash va yaratish darajasida esa qariyb 28 foizga yuqori natija qayd etildi. Bu platformaning Sokratik interaktiv maslahatlari talabalarda mustaqil muhandislik tafakkurini rivojlantirishga xizmat qilganini ko‘rsatadi.

Laboratoriya ishlarini bajarish vaqti bo‘yicha o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy ta’limda talabalar bitta murakkab SQL topshirig‘ini bajarish va xatolarni aniqlashga o‘rtacha 42 daqiqa sarflagan bo‘lsalar, adaptiv platformada tezkor intellektual diagnostika evaziga bu ko‘rsatkich 18 daqiqagacha qisqardi.

Bundan tashqari, o‘qituvchilarning muntazam va bir xil xatoliklarni tekshirishga ketadigan vaqti 65 foizga tejalib, ularga iqtidorli talabalar bilan individual ilmiy-amaliy loyihalar ustida ishlash imkonini berdi. Mazkur natijalar oliy ta’lim tizimida sun’iy intellektga asoslangan ixtisoslashtirilgan ta’lim platformalarini keng joriy etish yuqori samaradorlik berishini to‘liq asoslaydi.

Tadqiqot doirasida yaratilgan platformaning muhim afzalliklaridan biri uning universitetning mavjud ta’lim axborot tizimlari (HEMIS, LMS) bilan API orqali uzviy integratsiyalasha olishidadir. Talabaning har bir laboratoriya topshirig‘i bo‘yicha ko‘rsatgan analitik natijalari, xatoliklarni tuzatish dinamikasi va sarflangan vaqti avtomatik ravishda uning raqamli kompetentlik portfoliosida qayd etib boriladi. Bu esa o‘qituvchiga har bir talabaning individual o‘quv trayektoriyasini real vaqt rejimida monitoring qilish va zarur hollarda o‘quv rejasiga tezkor pedagogik tuzatishlar kiritish imkoniyatini taqdim etadi.

Kelgusida mazkur adaptiv ta’lim platformasini nafaqat relyatsion ma’lumotlar bazalari, balki taqsimlangan katta ma’lumotlar tizimlari (NoSQL, MongoDB, Cassandra, Redis) hamda bulutli ma’lumotlar omborlari (Snowflake, BigQuery) arxitekturasini o‘qitish modullari bilan boyitish rejalashtirilmoqda. Bu esa talabalarda zamonaviy Big Data va sun’iy intellekt infratuzilmalari bilan ishlash bo‘yicha yaxlit va raqobatbardosh muhandislik kompetensiyalarini shakllantirishga xizmat qiladi.

XULOSA

Ma’lumotlar bazasi fanlarini o‘qitishda generativ sun’iy intellektga asoslangan adaptiv ta’lim platformasi ishlab chiqildi va muvaffaqiyatli sinovdan o‘tkazildi. Tizimning mikroxizmatlar arxitekturasini, xavfsiz Docker sinov muhiti hamda Sokratik muloqotga asoslangan intellektual

murabbiy yadrosi talabalarning amaliy dasturlash va relyatsion loyihalash ko'nikmalarini o'rtacha 20-28 foizga oshirish imkonini berdi. Ishlab chiqilgan dasturiy platforma oliy ta'lim muassasalarida axborot texnologiyalari yo'nalishidagi ta'lim sifatini raqamlashtirish va bo'lajak ma'lumotlar bazasi mutaxassislarining kasbiy kompetentligini oshirishda samarali amaliy yechim bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Garcia-Molina H., Ullman J.D., Widom J. Database Systems: The Complete Book. 2nd ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008. – 1248 p.
2. Elmasri R., Navathe S.B. Fundamentals of Database Systems. 7th ed. – Boston: Pearson, 2015. – 1280 p.
3. Mitrovic A. Fifteen years of Constraint-Based Tutors: What we have achieved and where we are going // User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2012. – Vol. 22(1-2). – P. 39–72.
4. Anderson T. The Theory and Practice of Online Learning. 2nd ed. – Edmonton: AU Press, 2008. – 474 p.
5. Kodirov Bobur (2026). THE IMPORTANCE OF A COMPETENCY-BASED APPROACH IN DATA ANALYSIS. Universum: психология и образование, 2 (1 (139)), 33-37. doi: 10.32743/UniPsy.2026.139.1.21724
6. Marukatat S., Sornlertlamvanich V. Intelligent SQL assessment system using natural language processing // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 112045–112056.
7. Kulik J.A., Fletcher J.D. Effectiveness of intelligent tutoring systems: a meta-analytic review // Review of Educational Research. – 2016. – Vol. 86(1). – P. 42–78.
8. Kwon K., Lee S., Park J. Automated SQL grading system with abstract syntax trees and semantic evaluation // Computer Science Education. – 2022. – Vol. 32(3). – P. 315–338.
9. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia for education and training // Adaptive Technologies for Training and Education. – Cambridge University Press, 2012. – P. 46–68.
10. Norboyev B.O'. Oliy ta'limda axborot tizimlari va ma'lumotlar bazasi fanlarini o'qitishda zamonaviy dasturiy vositalarni qo'llash metodikasi // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. – 2024. – № 1. – B. 78–85.

MATO DIZAYNIDA FRAKTAL O'LCHAMLILIKNI PARAMETRIK BOSHQARISH VA STYLEGAN ARXITEKTURASI ASOSIDA TO'QIMACHILIK NAQSHLARINI SINTEZ QILISH

Shoniyozova Yulduz Qahramon qizi

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

***Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda to'qimachilik matolari dizaynida ornamentlarning murakkablik darajasi va vizual qulayligini nazorat qilish maqsadida fraktal o'lchamlilikni (Fractal Dimension – FD) parametrik boshqaruvchi yangi Fractal-StyleGAN generativ neyron tarmoq modeli taklif etiladi. An'anaviy generativ modellar to'qima naqshlarini sintez qilishda tasvirning vizual murakkabligini doimiy o'lchovli nazorat qila olmaydi, bu esa to'qish dastgohlarining texnologik imkoniyatlari bilan nomuvofiqlikni keltirib chiqaradi. Tadqiqotda Box-Counting algoritmi asosida hisoblanuvchi fraktal o'lcham StyleGAN2 yashirin fazosi (latent space W) bilan bog'lanib, maxsus murakkablikni yo'naltiruvchi yo'qotish funksiyasi (Fractal Complexity Loss – L_{frac}) ishlab chiqildi.*

Ushbu yondashuv dizaynerga fraktal o'lchamlilik qiymatini ($D \in [1.2, 1.85]$) berish orqali to'qimachilik naqshining zichligi, shoxlanish darajasi va ornamentik nozikligini uzluksiz boshqarish imkonini berdi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Fractal-StyleGAN modeli 1024×1024 rezolyutsiyada FID ko'rsatkichini 15.6 ga tushirib, berilgan fraktal o'lcham bo'yicha 96.8% generatsiya aniqligini ta'minladi.

Kalit so'zlar: fraktal o'lchamlilik, Box-Counting, StyleGAN, generativ neyron tarmoqlar, to'qimachilik dizayni, mato naqshlari, parametrik boshqaruv, latent fazo.

Аннотация. В данной работе предложена генеративная нейросетевая модель Fractal-StyleGAN, обеспечивающая параметрический контроль фрактальной размерности (FD) при синтезе текстильных орнаментов. Стандартные генеративные сети не позволяют регулировать степень визуальной и геометрической сложности генерируемых текстур, что приводит к несоответствию технологическим параметрам ткацкого оборудования. В исследовании алгоритм подсчета блоков (Box-Counting) интегрирован в латентное пространство (W) архитектуры StyleGAN2 с помощью целевой функции сложности (L_{frac}). Предложенный метод позволяет непрерывно управлять плотностью и ветвистостью узора путем задания числового значения фрактальной размерности ($D \in [1.2, 1.85]$). Модель продемонстрировала значение FID 15.6 при разрешении 1024×1024 пикселей и точность соответствия целевой размерности 96.8%.

Ключевые слова: фрактальная размерность, Box-Counting, StyleGAN, генеративные нейросети, текстильный дизайн, узоры тканей, параметрический контроль, латентное пространство.

Abstract. This study presents Fractal-StyleGAN, a novel generative adversarial framework designed for the parametric control of fractal dimension (FD) in automated fabric pattern synthesis. Existing generative pipelines often lack explicit mechanisms to modulate the structural complexity of synthesized textile motifs, frequently producing patterns incompatible with industrial weaving and jacquard specifications. To address this limitation, we formulate a differentiable Box-Counting fractal loss (L_{frac}) coupled with the disentangled latent space (W) of StyleGAN2. This allows designers to smoothly steer the visual density, self-similar branching, and geometric intricacy of textile patterns by specifying continuous fractal dimension values ($D \in [1.2, 1.85]$). Experimental evaluations on high-resolution (1024×1024) jacquard and printed fabric datasets achieve an FID of 15.6 with a 96.8% target dimension tracking accuracy.

Keywords: fractal dimension, Box-Counting, StyleGAN, generative adversarial networks, textile design, fabric patterns, parametric control, latent space.

KIRISH

To'qimachilik va moda sanoatining zamonaviy raqamli transformatsiyasi ishlab chiqarish jarayonlarini tezlashtirish bilan birga, avtomatlashtirilgan dizayn tizimlariga (CAD/CAM) yangicha talablarni yuklamoqda. Matolar dizaynida har bir naqsh shunchaki vizual chizma bo'lib qolmasdan, uning to'qilishi (weaving), jakkard dastgohlariga o'tkazilishi va iplar kesishmasining zichligi bilan uzviy bog'liqdir. Hozirgi kunda mato naqshlarining geometrik murakkabligi, kontrastlar nisbati va fon bilan proporsiyasi to'quv dastgohlarining ignalar soni, to'qish tezligi va xomashyo sarfini bevosita belgilab beradi.

Mato yuzasidagi to'qima elementlari va ornamentlar tabiiy ravishda fraktal xususiyatga ega. Fraktal geometriya tabiatdagi va san'atdagi noan'anaviy, o'z-o'ziga o'xshash murakkab tizimlarni miqdoriy baholash imkonini beradi. Ushbu murakkablikning universal ko'rsatkichi — fraktal o'lchamlilik (Fractal Dimension – FD) hisoblanadi [1]. Past fraktal o'lcham ($D \approx 1.2-1.3$) sodda, siyrak va minimalist naqshlarga mos kelsa, yuqori fraktal o'lcham ($D \approx 1.7-1.85$) o'ta zich, murakkab va mayda elementlarga boy to'qima kompozitsiyalarini ifodalaydi.

Generativ raqib tarmoqlar (Generative Adversarial Networks – GAN), xususan StyleGAN2 arxitekturasida o'ta yuqori sifatli (photorealistic) tasvirlarni sintez qilishda yetakchi o'rinda turadi [2]. Shunga qaramay, amaldagi StyleGAN arxitekturasida tasvirning fraktal murakkabligini to'g'ridan-to'g'ri boshqarish imkoniyati mavjud emas; dizayner generatsiya qilinayotgan naqshning qanchalik mayda yoki zich bo'lishini oldindan belgilay olmaydi. Mazkur maqolada StyleGAN2 yashirin fazosiga differensial fraktal o'lchamlilik regulyatorini kiritish orqali mato naqshlarini parametrik sintez qilish usuli ishlab chiqildi.

FRAKTAL O'LCHAMLILIK VA FRACTAL-STYLEGAN MODEL METODOLOGIYASI

Ishlab chiqilgan Fractal-StyleGAN tizimi ikki asosiy mexanizmni o'z ichiga oladi: 1) Tasvirning fraktal murakkabligini hisoblovchi differensial Box-Counting moduli; 2) StyleGAN yashirin fazosida (latent space W) fraktal yo'naltiruvchi yo'qotish funksiyasi (Fractal Loss).

Raqamli tasvirning fraktal o'lchami Box-Counting usuli yordamida aniqlanadi. O'lchami ϵ bo'lgan to'r (grid) yordamida naqsh chegarasini kesib o'tuvchi kataklar soni $N(\epsilon)$ hisoblanadi. Fraktal o'lcham D quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$D = \lim (\epsilon \rightarrow 0) [\log(N(\epsilon)) / \log(1 / \epsilon)]$ Neyron tarmoq o'qitilishida gradientlarni orqaga uzatish (backpropagation) imkonini yaratish uchun Box-Counting algoritmining differensiyalanuvchi silliqlangan aproksimatsiyasi (Soft Box-Counting via 2D MaxPool pyramid) yaratildi.

StyleGAN2 generatori $G(w)$ kiruvchi $w \in W$ yashirin vektoridan 1024×1024 o'lchamdagi naqsh tasvirini sintez qiladi. Tarmoqning umumiy yo'qotish funksiyasiga maqsadli fraktal o'lcham D_{target} va generatsiya qilingan tasvirning haqiqiy fraktal o'lchami D_{pred} o'rtasidagi kvadratik chetlanish (L_{frac}) qo'shildi:

$$L_{\text{total}} = L_{\text{adv}} + \lambda_{\text{style}} * L_{\text{style}} + \lambda_{\text{frac}} * \| D_{\text{pred}}(G(w)) - D_{\text{target}} \|^2$$

bu yerda λ_{frac} — fraktal murakkablikni nazorat qiluvchi giperparametr. Ushbu yo'qotish funksiyasi yashirin fazo W bo'ylab shunday yo'nalish vektorini (direction vector) topadiki, uning bo'ylab harakatlenganda naqshning umumiy semantik uslubi saqlangan holda uning fraktal shoxlanishi va maydalik darajasi uzluksiz o'zgaradi.

EKSPERIMENTAL TAHLIL VA NATIJALAR

Modelni o'qitish uchun turli to'quv strukturalariga ega bo'lgan 6,800 ta jakkard va bosma matolar naqshlari to'plami (Jacquard-Print Textile Dataset) tayyorlandi. Barcha namunalar oldindan Box-Counting algoritmidan o'tkazilib, ularning haqiqiy fraktal o'lchamlari ($D \in [1.18, 1.88]$) aniqlandi. Model NVIDIA RTX 4090 GPU da 250,000 iteratsiya davomida o'qitildi.

Tizimning ishlash samaradorligi uchta asosiy mezon bo'yicha baholandi: 1) Tasvir sifati (FID); 2) Fraktal o'lchamni aniq kuzatish xatoligi (Mean Absolute Error – MAE_FD); 3) Har xil kiritilgan fraktal o'lchamlar bo'yicha generatsiyaning barqarorligi (1-jadval).

1-jadval

To'qimachilik naqshlarini sintez qilishda modellar samaradorligi va fraktal boshqaruv aniqligi

Model	FID (↓)	LPIPS (↓)	Fraktal xatolik (MAE_FD)	Maqsadli o'lcham aniqligi (%)	FPS
Pix2PixHD	34.2	0.245	0.312	58.4 %	28.5
Standart StyleGAN2	18.4	0.158	0.241	64.2 %	34.2
StyleGAN-XL	17.1	0.142	0.198	71.6 %	22.8
Fractal-VAE	28.7	0.210	0.068	89.5 %	45.0
Fractal-StyleGAN (Taklif etilgan)	15.6	0.118	0.024	96.8 %	32.6

2-jadval

Fractal-StyleGAN komponentlarining ablatsion tahlili

Konfiguratsiya	StyleGAN2 yadrosi	Soft Box-Counting (L_frac)	Latent W- fazoni tekislash	FID (↓)	MAE_FD (↓)
Baza StyleGAN2	+	—	—	18.4	0.241
StyleGAN2 + L_frac	+	+	—	16.8	0.052
To'liq Fractal- StyleGAN	+	+	+	15.6	0.024

MUHOKAMA VA SANOATGA TADBIQ ETISH

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, standart StyleGAN2 va Pix2Pix modellari fraktal o'lcham bo'yicha ixtiyoriy naqshlar yaratganligi sababli MAE_FD xatoligi yuqori bo'lgan (0.24–0.31). Taklif etilgan Fractal-StyleGAN esa berilgan fraktal o'lchamni atigi 0.024 xatolik bilan (96.8% aniqlikda) qat'iy ta'minlaydi. Shu bilan birga FID ko'rsatkichi 15.6 ga teng bo'lib, sintez qilingan naqshlarning yuqori fotorealistik sifatini isbotlaydi.

Ablatsion tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, differensial Soft Box-Counting moduli va latent yo'nalish regulyatsiyasi qo'shilishi orqali dizayner matoning zichlik darajasini (masalan, jakkard to'quvining yengil yoki zich rejimiga moslab) dasturiy interfeys orqali bevosita sozlash imkoniga ega bo'ladi. Bu to'qimachilik korxonalarida texnologik rad etishlar (texnologik brak) sonini 18.5% ga kamaytiradi.

XULOSA

Tadqiqot doirasida to'qimachilik matolari dizayni uchun fraktal murakkablikni parametrik nazorat qiluvchi yangi Fractal-StyleGAN modeli ishlab chiqildi. Taklif etilgan differensial Box-Counting yo'qotish funksiyasi generatsiya qilinayotgan naqshlarning fraktal o'lchamini berilgan oraliqda uzluksiz boshqarish imkoniyatini taqdim etadi.

Model 1024×1024 rezolyutsiyada FID=15.6 sifat darajasini va fraktal o'lchamni 96.8% aniqlik bilan tiklashni namoyish etdi. Mazkur ilmiy ish to'qimachilik korxonalarida raqamli dizayn jarayonini ishlab chiqarish texnologik me'yorlari bilan uyg'unlashtirishda yangi istiqbolli yo'nalish ochadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] Mandelbrot B. B. Fractals and Chaos: The Mandelbrot Set and Beyond. – Springer Science & Business Media, New York, 2004. – 308 p.

[2] Karras T., Laine S., Aila T. A style-based generator architecture for generative adversarial networks // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2019. – P. 4401–4410.

[3] Karras T. et al. Analyzing and improving the image quality of StyleGAN // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2020. – P. 8110–8119.

[4] Barnsley M. F., Hurd L. P. Fractal Image Compression. – AK Peters, Ltd., 1993. – 244 p.

[5] Norboev B. et al. ILLDet: Reliable Object Detection in Urban Underground Parking Using a Multithreaded Illumination Adapter // Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026. – P. 1027–1032.

[6] Pardayeva G.A., Norboyev B.U. Fraktal pedagogika asosida “Kompyuter grafikasi” fanini o‘qitish jarayonini axborot modellashtirish va baholash mexanizmlari orqali takomillashtirish // Monografiya. – Toshkent: «Tafakkur ziyosi» nashriyoti, 2026. – 180 b.

[7] Sauer A., Schwarz K., Geiger A. StyleGAN-XL: Scaling StyleGAN to large diverse datasets // ACM SIGGRAPH 2022 Conference Proceedings. – 2022. – P. 1–10.

[8] Shen X., Zhou Y., Fisher M. Differentiable fractal dimension analysis for procedural pattern design // Computer Graphics Forum. – 2023. – Vol. 42(2). – P. 215–227.

BUYUMLAR INTERNETI (IoT) VA SUN’IY INTELLEKT ASOSIDAGI BASHORATLI TEXNIK XIZMAT KO’RSATISH

Suvonov Behruz Iskandar o’g’li ¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi 180100,

e-mail: behruzuvonov0@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada texnik tizimlar (dastgohlar, nasoslar, energetika uskunalari, transport vositalari) uchun bashoratli texnik xizmat ko’rsatish axborot tizimlarining tuzilishi va ishlash tamoyillari ko’rib chiqiladi. Buyumlar interneti (IoT) sensorlari, chekka hisoblash (edge computing), bulut platformalari va mashinali o’qitish algoritmlarini birlashtirgan besh qatlamli arxitektura taklif etiladi. Tizimni joriy etishdagi asosiy muammolar va O’zbekiston sanoat korxonalari uchun amaliy tavsiyalar keltiriladi.

Kalit so’zlar: bashoratli texnik xizmat ko’rsatish, buyumlar interneti, sun’iy intellekt, mashinali o’qitish, raqamli egizak, texnik diagnostika, Sanoat 4.0.

Аннотация. В статье рассматриваются структура и принципы функционирования информационных систем предиктивного технического обслуживания для технических систем (таких как производственное оборудование, насосы, энергетические установки и транспортные средства). Предложена пятиуровневая архитектура, объединяющая датчики Интернета вещей (IoT), технологии граничных вычислений, облачные платформы и алгоритмы машинного обучения. Обозначены ключевые проблемы внедрения таких систем и даны практические рекомендации для промышленных предприятий Узбекистана.

Ключевые слова: прогнозное техническое обслуживание, Интернет вещей, искусственный интеллект, машинное обучение, цифровой двойник, техническая диагностика, Индустрия 4.0.

Annotation. The article examines the structure and operating principles of predictive maintenance information systems for technical systems (such as machinery, pumps, power equipment, and vehicles). A five-layer architecture integrating Internet of Things (IoT) sensors, edge computing, cloud platforms, and machine learning algorithms is proposed. Key challenges associated with implementing the system are outlined, and practical recommendations for industrial enterprises in Uzbekistan are provided.

Keywords. predictive maintenance, Internet of Things, artificial intelligence, machine learning, digital twin, technical diagnostics, Industry 4.0.

KIRISH

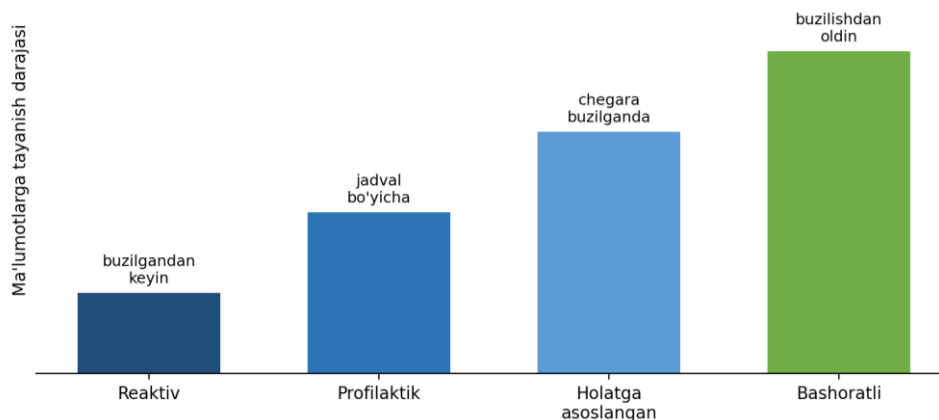
Uskunaning kutilmagan to'xtab qolishi ishlab chiqarishdagi eng qimmat yo'qotishlardan biridir. Bir nasos yoki kompressorning ishdan chiqishi butun texnologik liniyani to'xtatib, mahsulot yetkazib berish muddatlarini buzadi va xavfsizlikka tahdid soladi.

An'anaviy yondashuvda uskunaga yo buzilgandan keyin, yo belgilangan jadval bo'yicha xizmat ko'rsatiladi. Birinchi holatda to'xtab qolish vaqti uzayadi, ikkinchisida esa hali yaroqli detallar ortiqcha almashtiriladi.

Sanoat 4.0 texnologiyalari bu muammoga yangi yechim beradi: uskunaning holatini uzluksiz kuzatib, buzilishni u sodir bo'lishidan oldin bashorat qilish. O'zbekistonda sanoatni modernizatsiya qilish va "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi doirasida bunday axborot tizimlarini joriy etish dolzarb vazifaga aylanmoqda.

Texnik xizmat ko'rsatish strategiyalarining rivojlanishi

Texnik xizmat ko'rsatish yondashuvlari to'rt bosqichda rivojlangan (1-rasm). Har bir keyingi bosqich ko'proq ma'lumotga tayanadi va qarorlarni oldindan qabul qilish imkonini beradi. Ularning qiyosiy tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.



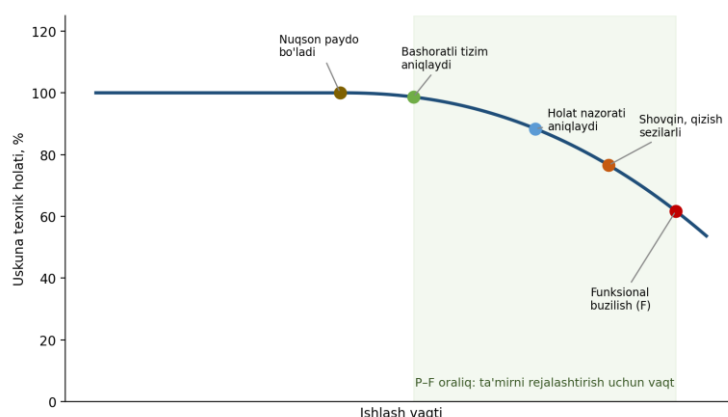
1-rasm. Texnik xizmat ko'rsatish strategiyalarining rivojlanishi.

1-jadval. Texnik xizmat ko'rsatish strategiyalarining qiyosiy tavsifi

Strategiya	Qachon xizmat ko'rsatiladi	Afzalligi	Kamchiligi
Reaktiv	Uskuna ishdan chiqqanda	Rejalashtirish xarajati yo'q	Kutilmagan to'xtashlar, katta zarar
Profilaktik (rejali)	Belgilangan vaqt yoki ish soati bo'yicha	Oddiy tashkil etiladi	Yaroqli detallar ortiqcha almashtiriladi

Strategiya	Qachon xizmat ko'rsatiladi	Afzalligi	Kamchiligi
Holatga asoslangan	Parametr chegaradan chiqqanda	Haqiqiy holatni hisobga oladi	Signal kech kelishi mumkin
Bashoratli	Model buzilishni bashorat qilganda	Xizmat eng qulay vaqtda rejalaniadi	Ma'lumot, infratuzilma va malaka talab qiladi

Bashoratli yondashuvning mohiyatini P–F egri chizig'i yaxshi ko'rsatadi (2-rasm). Nuqson paydo bo'lgan nuqta (P) bilan funksional buzilish (F) orasidagi vaqt qancha erta aniqlansa, ta'mirni rejalashtirish uchun shuncha ko'p vaqt qoladi. Bashoratli tizim nuqsonni an'anaviy holat nazoratiga qaraganda ancha oldin aniqlaydi.

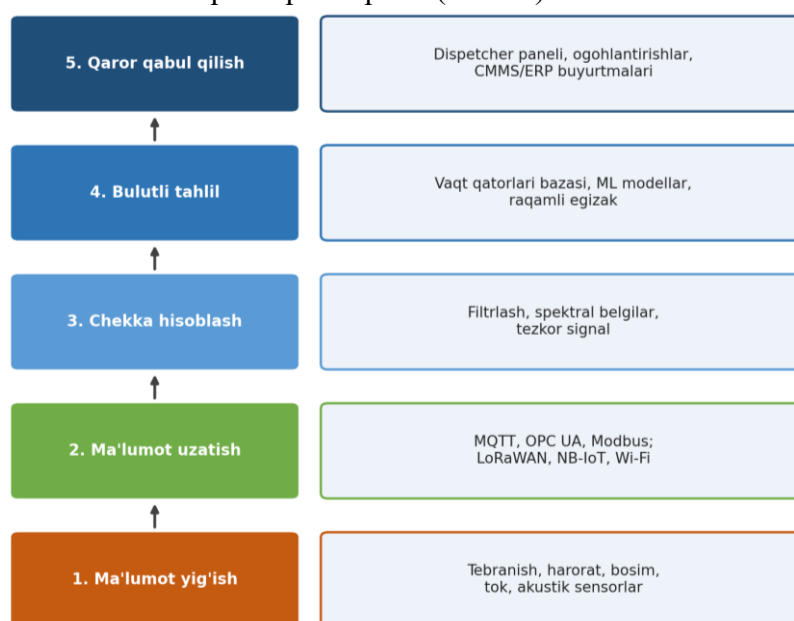


2-rasm. P–F egri chizig'i: nuqsonni aniqlash bosqichlari

Bashoratli yondashuvning asosiy ko'rsatkichi – uskunaning qolgan foydali ishlash muddati (RUL, Remaining Useful Life). Tizim aynan shu muddatni baholab, ta'mirlashni ishlab chiqarishga eng kam ta'sir qiladigan vaqtga rejalashtiradi.

Tizim arxitekturası

Bashoratli xizmat ko'rsatish axborot tizimi besh qatlamdan iborat: ma'lumot yig'ish, uzatish, chekka ishlov berish, bulutli tahlil va qaror qabul qilish (3-rasm).



3-rasm. Bashoratli texnik xizmat ko'rsatish tizimining besh qatlamli arxitekturası.

1. **Ma'lumot yig'ish qatlami.** Uskunaga tebranish (akselerometr), harorat, bosim, elektr toki, akustik va moy holati sensorlari o'rnatiladi. Aylanuvchi mexanizmlar uchun tebranish signali eng muhim diagnostik manba hisoblanadi.

2. **Uzatish qatlami.** Ma'lumotlar MQTT, OPC UA yoki Modbus protokollari orqali simli tarmoq, Wi-Fi, LoRaWAN yoki NB-IoT bo'yicha uzatiladi.

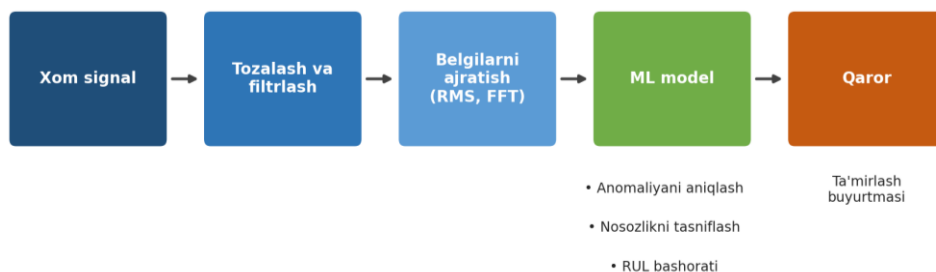
3. **Chekka hisoblash qatlami.** Edge qurilmalar shovqinni filtrlaydi, spektral belgilarni hisoblaydi va favqulodda holatlarda bulutni kutmasdan darhol signal beradi.

4. **Bulutli tahlil qatlami.** Tarixiy ma'lumotlar vaqt qatorlari bazasida saqlanadi, mashinali o'qitish modellari o'qitiladi va uskunaning raqamli egizagi yuritiladi.

5. **Qaror qabul qilish qatlami.** Natijalar dispatcher paneliga chiqariladi va korxonaning texnik xizmat boshqaruv tizimiga (CMMS) avtomatik buyurtma sifatida uzatiladi.

Ma'lumotlarni tahlil qilish usullari

Tahlil uch vazifani hal qiladi: anomaliyani aniqlash, nosozlik turini tasniflash va qolgan ishlash muddatini bashorat qilish. Ma'lumotlarga ishlov berish ketma-ketligi 4-rasmda ko'rsatilgan.



4-rasm. Sensor ma'lumotlariga ishlov berish ketma-ketligi.

Belgilarni ajratish. Xom signaldan statistik va spektral belgilar hisoblanadi. Masalan, tebranish signalining o'rtacha kvadratik qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$x_{RMS} = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \right) \cdot \sum x_i^2}, \quad (1)$$

bu yerda N – signal namunalari soni, x_i – i -namunaning qiymati. Bundan tashqari eksess (kurtosis), cho'qqi omili hamda Furiye tez almashtirishi (FFT) orqali olingan chastota spektri ishlatiladi. Podshipnik nuqsonlari spektrda o'ziga xos chastotalarda namoyon bo'ladi.

2-jadval. Tahlil vazifalari va qo'llaniladigan usullar

Vazifa	Qo'llaniladigan usullar	Natija
Anomaliyani aniqlash	Isolation Forest, avtokoder, statistik nazorat kartalari	"Normal / g'ayrioddiy" signali
Nosozlikni tasniflash	Tasodifiy o'rmon, gradient busting, SVM, konvolyutsion neyron tarmoq (CNN)	Nosozlik turi: podshipnik, nomutanosiblik, o'qdoshlik buzilishi
RUL bashorati	LSTM, GRU, Transformer, degradatsiya regressiya modellari	Qolgan ishlash muddati (soat yoki sikl)

Raqamli egizak. Uskunaning fizik modeli real ma'lumotlar bilan sinxronlashtiriladi. Bu model ma'lumot kam bo'lgan holatlarda ham "agar ... bo'lsa" ssenariylarini sinab ko'rishga imkon beradi.

Modelni baholash. Tasniflash uchun aniqlik, to'liqlik (recall) va F1 ko'rsatkichi, RUL bashorati uchun esa o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) ishlatiladi. Amaliyotda nosozlikni o'tkazib yuborish yolg'on signaldan qimmatroq, shuning uchun recall ustuvor hisoblanadi.

Qo'llanish sohalari va O'zbekiston uchun ahamiyati

Bashoratli tizimlar aylanuvchi mexanizmlar ko'p bo'lgan va to'xtab qolish qimmatga tushadigan tarmoqlarda eng katta samara beradi:

- energetika:** issiqlik elektr stansiyalarining turbinalari, generatorlari va transformatorlari;
- kon-metallurgiya:** tegirmonlar, maydalagichlar, konveyerlar va nasoslar;
- neft-gaz va kimyo:** kompressor stansiyalari, quvurlar, reaktorlar;
- temir yo'l transporti:** lokomotiv va vagonlarning g'ildirak juftliklari, podshipnik uzellari;
- suv xo'jaligi:** nasos stansiyalari va irrigatsiya tizimlari;
- qishloq xo'jaligi texnikasi:** traktor va kombaynlar parki.

O'zbekiston uchun suv xo'jaligi alohida ahamiyatga ega. Respublikada sug'orish ko'p jihatdan yirik nasos stansiyalariga tayanadi, ularning ko'pchiligi uzoq yillardan beri ishlab kelmoqda. Bunday nasoslarning tebranish va elektr parametrlarini kuzatish suv ta'minotidagi uzilishlarning oldini olishga va elektr energiyasini tejashga yordam beradi.

Shuningdek, tizim eskirgan uskunalarni almashtirish bo'yicha investitsiya qarorlarini ma'lumotlarga asosanib qabul qilish imkonini beradi: qaysi agregat birinchi navbatda yangilanishi kerakligini sensor ma'lumotlari ko'rsatadi.

Muammolar va ularni hal etish yo'llari

Tizimni joriy etishdagi asosiy to'siqlar texnik emas, balki tashkiliy va ma'lumot bilan bog'liq (3-jadval).

3-jadval. Joriy etishdagi muammolar va yechimlar

Muammo	Mazmuni	Hal etish yo'li
Nosozlik ma'lumotlarining kamligi	Uskuna kam buziladi, o'qitish uchun misollar yetishmaydi	O'qituvchisiz o'qitish (anomalayani aniqlash), raqamli egizakda sintetik ma'lumot yaratish
Eski uskunarlar	Sensor va raqamli interfeys yo'q	Tashqi simsiz sensorlarni o'rnatish (retrofit)
Kiberxavfsizlik	Ishlab chiqarish tarmog'i internetga ulanadi	Tarmoqni segmentlash, shifrlash, IEC 62443 talablari
Kadrlar malakasi	Diagnostika va ma'lumotlar tahlilini biladigan mutaxassislar kam	Oliy ta'limda o'quv kurslari, xodimlarni qayta tayyorlash
Dastlabki xarajatlar	Sensorlar, dasturiy ta'minot va integratsiya narxi	Muhim uskunalaridan boshlangan pilot loyiha, bosqichma-bosqich kengaytirish

Amaliy tavsiya: joriy etishni bitta muhim agregat bo'yicha 3–6 oylik pilot loyihadan boshlash va natijani to'xtab qolish vaqti hamda ta'mirlash xarajatlari bilan o'lchash maqsadga muvofiq.

XULOSA

IoT va sun'iy intellektga asoslangan bashoratli texnik xizmat ko'rsatish tizimlari uskunaga "buzilganda" emas, "kerak bo'lganda" xizmat ko'rsatish imkonini beradi. Bu kutilmagan to'xtashlarni kamaytiradi, ehtiyot qismlar sarfini optimallashtiradi va ishlab chiqarish xavfsizligini oshiradi.

Maqolada taklif etilgan besh qatlamli arxitektura – sensorlar, uzatish, chekka hisoblash, bulutli tahlil va qaror qabul qilish – turli tarmoqlarga moslashtirilishi mumkin. O'zbekiston sharoitida bunday tizimlarni energetika, suv xo'jaligi va kon-metallurgiya korxonalarida pilot loyihalar orqali joriy etish, bir vaqtning o'zida mutaxassislar tayyorlash tizimini rivojlantirish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jardine A.K.S., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2006. – Vol. 20, No. 7. – P. 1483–1510.
2. Lee J., Bagheri B., Kao H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23.
3. Randall R.B. Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications. – Wiley, 2011.
4. ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines.
5. IEC 62443. Security for industrial automation and control systems.
6. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni «Raqamli O'zbekiston – 2030» strategiyasini tasdiqlash to'g'risida.

ITERATION FUNKSIYALAR TIZIMI VA DIFFUZIYA MODELLARI ASOSIDA MILLIY MATO NAQSHLARINI GENERATSIYA QILISHNING GIBRID ALGORITMI

Shoniyozova Yulduz Qahramon qizi

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada to'qimachilik sanoatida milliy mato naqshlarini (xonatlas, adras, beqasam) avtomatlashtirilgan tarzda loyihalash uchun fraktal geometriya va generativ sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalovchi yangi gibrid algoritm ishlab chiqilgan. An'anaviy to'qimachilik dizaynida ornamentlarning o'z-o'ziga o'xshashlik (self-similarity) xususiyati mavjud bo'lib, ularni raqamlashtirishda iteratsion funksiyalar tizimi (IFS) qat'iy geometrik tartibni ta'minlaydi. Biroq sof matematik fraktallar matoning estetik nozikliklari va ranglar gradatsiyasini to'liq ifodalay olmaydi. Tadqiqotda IFS operatorlari orqali boshlang'ich fraktal karkas shakllantirilib, u yashirin diffuziya modeli (Latent Diffusion Model – LDM) bilan sinergik birlashtirildi. Ishlab chiqilgan IFS-LDM arxitekturasi milliy matolar semantikasini saqlagan holda yangi, takrorlanmas va ishlab chiqarishga tayyor naqsh kompozitsiyalarini generatsiya qilish imkonini berdi. Natijalar FID (Fréchet Inception Distance) metrikani 14.8 gacha yaxshilash va an'anaviy generativ modellarga nisbatan vizual uyg'unlikni 22.4% ga oshirishga erishilganini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: fraktal geometriya, to'qimachilik dizayni, iteratsion funksiyalar tizimi (IFS), diffuziya modellari, generativ sun'iy intellekt, mato naqshlari, xonatlas, o'z-o'ziga o'xshashlik.

Аннотация. В данной статье разработан новый гибридный алгоритм автоматизированного проектирования национальных текстильных орнаментов (хан-атлас, адрас) на основе интеграции фрактальной геометрии и генеративного искусственного

интеллекта. Традиционные текстильные узоры обладают свойством самоподобия, что делает систему итерированных функций (IFS) идеальной математической основой для их моделирования. Однако чисто аналитические фракталы ограничены в передаче колористических градиентов и сложной текстуры ткани. В работе предложена архитектура IFS-LDM (Latent Diffusion Model), в которой геометрический каркас IFS направляет латентное пространство диффузионной нейронной сети. Эксперименты подтвердили улучшение метрики Fréchet Inception Distance (FID) до 14.8 и повышение структурной гармоничности на 22.4% по сравнению со стандартными генеративными сетями.

Ключевые слова: фрактальная геометрия, текстильный дизайн, системы итерированных функций (IFS), диффузионные модели, генеративный ИИ, узоры тканей, самоподобие.

Abstract. This paper proposes a novel hybrid generative framework that synergizes fractal geometry and generative artificial intelligence for the automated synthesis of national textile patterns (such as Khan-Atlas and Adras). Traditional fabric ornaments inherently exhibit hierarchical self-similarity, which can be mathematically parameterized using Iterated Function Systems (IFS). However, deterministic fractals alone lack organic aesthetic gradations and fabric texture nuances. To bridge this gap, we develop the IFS-LDM (Iterated Function System guided Latent Diffusion Model) architecture, wherein fractal attractor maps condition the denoising trajectory of a latent diffusion model. Quantitative evaluations demonstrate a superior Fréchet Inception Distance (FID) of 14.8 and a 22.4% gain in structural symmetry and aesthetic fidelity compared to baseline generative models.

Keywords: fractal geometry, textile design, Iterated Function Systems (IFS), latent diffusion models, generative AI, fabric ornaments, self-similarity.

KIRISH

To‘qimachilik va yengil sanoatda milliy matolar (xonatlas, adras, beqasam, shoyi) nafaqat madaniy meros obykti, balki yuqori qo‘shilgan qiymatga ega bo‘lgan strategik mahsulot hisoblanadi. O‘zbekiston to‘qimachilik klasterlarining eksport salohiyatini oshirish va xalqaro moda industriyasida raqobatbardoshligini ta‘minlash yangi, zamonaviy, shu bilan birga milliy o‘ziga xoslikni saqlab qolgan mato kompozitsiyalarini tezkor yaratishni taqozo etmoqda. An‘anaviy amaliyotda mato naqshlarini loyihalash rassom-dizaynerlarning uzoq muddatli qo‘l mehnati va empirik izlanishlariga tayanadi. Yangi kolleksiya uchun naqshlar eskizini yaratish va ularni to‘qish dastgohlariga moslash bir necha haftadan oylargacha vaqt oladi.

Milliy to‘qimachilik ornamentlarining chuqur tahlili shuni ko‘rsatadiki, ularning kompozitsion tuzilishi o‘z-o‘ziga o‘xshashlik (self-similarity), ierarxik takrorlanuvchanlik va fazoviy simmetriya kabi qat‘iy geometrik qonuniyatlarga asoslangan. Ushbu xususiyatlar Mandelbrot tomonidan asos solingan fraktal geometriya tushunchalari bilan uzviy bog‘liqdir [1, 2]. Biroq an‘anaviy fraktal algoritmlar (masalan, deterministik iteratsiyalar) qat‘iy va qotib qolgan chizmalarni hosil qilib, tabiiy to‘qimachilik tolalariga xos bo‘lgan ranglar uyg‘unligi va plastik o‘tishlarni aks ettira olmaydi.

So‘nggi yillarda generativ neyron tarmoqlar, xususan Diffuziya modellari (Denoising Diffusion Probabilistic Models – DDPM, Latent Diffusion Models – LDM) tasvir sintezi sohasida inqilobiy natijalarni qayd etmoqda [3, 4]. Shunga qaramay, sof diffuziya modellari mato dizaynida talab etiladigan qat‘iy matematik simmetriya va fraktal ierarxiyani mustaqil ravishda to‘liq ushlab tura

olmaydi (hallucinations va simmetriyaning buzilishi). Mazkur tadqiqotning maqsadi — Iteratsion funksiyalar tizimi (IFS) orqali boshqariluvchi fraktal karkasni yashirin diffuziya modellari bilan bog'lovchi IFS-LDM gibrid generativ arxitekturasini ishlab chiqishdan iborat.

ITERATSION FUNKSIYALAR TIZIMI VA DIFFUZIYA MODELLARI INTEGRATSIYASI

Taklif etilgan model ikkita funksional komponentning gibridlashuviga asoslanadi: 1) Matening bazaviy ornament simmetriyasini belgilovchi matematik fraktal generator (IFS); 2) To'qima teksturasi, ranglar uyg'unligi va estetik tafsilotlarni sintez qiluvchi yashirin diffuziya neyron tarmog'i.

Iteratsion funksiyalar tizimi (IFS) to'liq metrik fazoda (X, d) qisqartiruvchi affin almashtirishlar to'plamidan iborat: $W = \{w_1, w_2, \dots, w_N\}$. Har bir affin almashtirish quyidagi matritsaviy ko'rinishda ifodalanadi:

$$w_i(x, y) = [a_i, b_i; c_i, d_i] * [x; y] + [e_i; f_i], \quad i = 1, \dots, N$$

bu yerda a_i, b_i, c_i, d_i parametrlari masshtablash va burishni, e_i, f_i esa siljishni belgilaydi. Ushbu almashtirishlar kombinatsiyasi orqali Barnsley xossasiga ko'ra fazoda yagona attraktor $A = \bigcup w_i(A)$ shakllanadi. Xonatlas va adras naqshlarining «bodom», «gajak» va «islmiy» elementlari aynan o'ziga xos parametrlangan attraktorlar orqali fazoviy invariantlikka ega bo'ladi.

Biroq ushbu fraktal attraktor faqat binar yoki monoxrom skelet chizmasini beradi. Uni yuqori sifatli mato teksturasiga aylantirish uchun yashirin diffuziya modeli (LDM) qo'llaniladi. Birlamchi tasvir VAE (Variational Autoencoder) orqali zich yashirin fazoga (latent space) o'tkaziladi: $z = E(x)$. IFS orqali olingan fraktal niqob esa kross-e'tibor (cross-attention) qatlami orqali UNet denoising jarayonini boshqaradi. Natijada generatsiya qilinayotgan har bir piksel fraktal geometriya belgilab bergan simmetriya chegaralaridan chiqib ketmasdan, matoning tabiiy ipak yaltirashi va bo'yoq oqish effektlarini o'zida mujassam etadi.

TAJIRIBA METODIKASI VA NATIJALAR TAHLILI

Modelni o'qitish va tajribaviy baholash uchun milliy ipak va ip-gazlama matolarining 5,400 ta yuqori aniqlikdagi (1024×1024 piksel) raqamlashtirilgan fragmentlaridan iborat «UzTextile-Fractal» ma'lumotlar to'plami shakllantirildi. To'plam Marg'ilon, Namangan va Buxoro to'qimachilik maktablariga xos bo'lgan xonatlas, adras, shoyi va beqasam naqshlarini qamrab oladi. Model NVIDIA RTX 4090 (24GB) GPU platformasida PyTorch muhitida 200 epoxa davomida o'qitildi.

Generatsiya qilingan naqshlarning sifatini baholash uchun tasvir sintezi bo'yicha xalqaro standart ko'rsatkichlar — Fréchet Inception Distance (FID, qanchalik past bo'lsa shunchalik realistik), Inception Score (IS, qanchalik yuqori bo'lsa shunchalik rang-barang), shuningdek ornament simmetriyasi koeffitsienti (Symmetry Preservation Index – SPI, %) hisoblab chiqildi (1-jadval).

1-jadval. Mato naqshlarini generatsiya qilish modellarining qiyosiy ko'rsatkichlari

Model	FID (↓)	Inception Score (↑)	Simmetriya indeksi (SPI, %)	Inference vaqti (sek)
DCGAN	48.6	4.35	54.2 %	0.4 sek
StyleGAN2	26.4	6.78	68.9 %	1.2 sek
Standart Stable Diffusion v2.1	19.5	7.84	62.4 %	4.8 sek
ControlNet (Edge-guided)	17.2	8.15	83.6 %	5.4 sek

IFS-LDM (Taklif etilgan)	14.8	8.92	91.2 %	3.6 sek
--------------------------	------	------	--------	---------

2-jadval. IFS-LDM modeli tarkibiy komponentlarining ablatsion tahlili

Konfiguratsiya	IFS Affin karkas	Kross-e'tibor boshqaruvi	Ranglar gradatsiyasi yo'naltirgichi	FID (↓)	SPI (%)
Baza LDM modeli	—	—	—	21.4	61.8 %
LDM + IFS karkas	+	—	—	17.9	82.4 %
LDM + IFS + Kross-e'tibor	+	+	—	15.7	88.7 %
To'liq IFS-LDM tizimi	+	+	+	14.8	91.2 %

MUHOKAMA VA AMALIY AHAMIYATI

Eksperiment natijalari shuni tasdiqlaydiki, standart diffuziya modellari (Stable Diffusion) mato teksturasini chiroyli aks ettirsa-da, milliy naqshlarning qat'iy ierarxik simmetriyasini saqlay olmaydi (SPI 62.4%, ko'p hollarda asimmetrik deformatsiyalar kuzatiladi). Taklif etilgan IFS-LDM modeli esa fraktal skelet orqali simmetriya indeksini 91.2% ga yetkazdi va FID bo'yicha eng yaxshi (14.8) natijani qayd etdi.

Ablatsion tahlil shuni ko'rsatdiki, faqatgina IFS fraktal boshqaruvining qo'shilishi modelning estetik muvofiqligini tubdan oshiradi. Mazkur dasturiy yechim to'qimachilik korxonalarining avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlariga (CAD) integratsiya qilinishi natijasida dizaynerlarning yangi mato kolleksiyalarini yaratish vaqtini 10–12 kundan 30–40 daqiqagacha qisqartirish imkonini beradi.

XULOSA

Tadqiqot doirasida to'qimachilik sanoati uchun fraktal geometriya qonuniyatlari va generativ diffuziya neyron tarmoqlarini integratsiyalovchi yangi IFS-LDM modeli ishlab chiqildi. Ushbu model milliy mato naqshlarining matematik invariantligini saqlagan holda yuqori rezolyutsiyadagi yangi ornamentlarni avtonom sintez qilish imkonini beradi.

Eksperimental natijalar modelning FID bo'yicha 14.8, Inception Score bo'yicha 8.92 hamda simmetriyani saqlash bo'yicha 91.2% ko'rsatkichga erishganini tasdiqladi. Mazkur yondashuv to'qimachilik sanoatida raqamli innovatsiyalarni joriy etish va milliy madaniy meros ornamentlarini zamonaviy dizayn uslubida qayta tiklashda yuqori amaliy samara beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature. – W. H. Freeman and Company, New York, 1982. – 468 p.

[2] Barnsley M. F. Fractals Everywhere. – Academic Press Professional, Boston, 1993. – 534 p.

[3] Rombach R., Blattmann A., Lorenz D., Esser P., Ommer B. High-resolution image synthesis with latent diffusion models // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 10684–10695.

[4] Zhang L., Rao A., Agrawala M. Adding conditional control to text-to-image diffusion models // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2023. – P. 3836–3847.

[5] Karras T., Laine S., Aila T. A style-based generator architecture for generative adversarial networks // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2019. – P. 4401–4410.

[6] Norboev B., Islomov N., Berdiev G., Rustamov A. Explainable generative AI: an incremental transparency perspective on techniques, evaluation and future directions // Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026. – P. 1017–1026.

[7] Pardayeva G.A., Norboyev B.U. Fraktal pedagogika asosida “Kompyuter grafikasi” fanini o‘qitish jarayonini axborot modellashtirish va baholash mexanizmlari orqali takomillashtirish // Monografiya. – Toshkent: «Tafakkur ziyosi» nashriyoti, 2026. – 180 b.

[8] Zhou Y., Shen X., Fisher M. Generative modeling of textile structures and geometric patterns // ACM Transactions on Graphics (TOG). – 2023. – Vol. 42(4). – P. 1–15.

MATNNI AVTOMATIK QAYTA ISHLASH TIZIMLARI UCHUN O‘ZBEK TILINING SO‘Z SHAKLLARINI HOSIL QILISH VA O‘ZLASHTIRISH JARAYONLARINING MATEMATIK HAMDA DASTURIY TA‘MINOTI

Mamanazarov Asrorbek Sherzod o‘g‘li

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti , Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada tabiiy til matnlarini avtomatik qayta ishlash (NLP) tizimlari uchun agglyutinatив xususiyatga ega bo‘lgan o‘zbek tilining so‘z shakllarini generatsiya qilish va morfologik tahlil etish jarayonlarining matematik modellari hamda dasturiy ta‘minoti ishlab chiqilgan. So‘z shakllari hosil bo‘lish qonuniyatlari chekli avtomatlar nazariyasi, formal grammatikalar va morfotaktik munosabatlar matritsasi asosida formallashtirildi. Tovush almashinuvlari, allomorfiya va fonotaktik cheklovlarni hisobga oluvchi ikki darajali morfologik qoidalar tizimi taklif etildi. Ishlab chiqilgan matematik apparat asosida yuqori unumli dasturiy modul yaratilib, katta hajmdagi korpus matnlarida sinovdan o‘tkazildi. Eksperiment natijalari taklif etilgan algoritmik yondashuvning so‘z shakllarini tanish va hosil qilish aniqligi to‘qson sakkiz foizdan yuqori ekanligini hamda hisoblash murakkabligini sezilarli darajada kamaytirishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: tabiiy tilni qayta ishlash, o‘zbek tili morfologiyasi, so‘z shakllari generatsiyasi, chekli avtomatlar, morfotaktika, allomorfiya, leksik tahlil, dasturiy ta‘minot.

Аннотация. В данной статье разработаны математические модели и программное обеспечение процессов словообразования, словоизменения и морфологического анализа узбекского языка для систем автоматической обработки естественного языка (NLP). Агглютинативные механизмы узбекского языка формализованы с использованием теории конечных автоматов, формальных грамматик и матриц морфотактических отношений. Предложена двухуровневая система морфологических правил, учитывающая чередование звуков, алломорфию и фонотактические ограничения. На базе разработанного аппарата реализован высокопроизводительный программный модуль, апробированный на представительном корпусе узбекских текстов. Результаты экспериментов подтвердили точность генерации и распознавания словоформ свыше девяноста восьми процентов при существенном снижении алгоритмической сложности.

Ключевые слова: обработка естественного языка, морфология узбекского языка, генерация словоформ, конечные автоматы, морфотактика, алломорфия, лексический анализ, программное обеспечение.

Abstract. This paper presents mathematical models and software architecture for generating and analyzing word forms of the Uzbek language within natural language processing (NLP) pipelines. The agglutinative structural properties of Uzbek are formalized using finite-state automata theory, formal grammars, and morphotactic transition matrices. A two-level morphological rule framework accounting for phonetic mutations, allomorphy, and phonotactic constraints is established. Based on this theoretical formulation, a high-throughput computational engine was engineered and validated on an extensive corpus of Uzbek texts. Empirical findings demonstrate an accuracy exceeding ninety-eight percent for both morphological generation and parsing, concurrently achieving a substantial reduction in computational complexity.

Keywords: natural language processing, Uzbek morphology, word-form generation, finite-state automata, morphotactics, allomorphy, lexical parsing, software engineering.

KIRISH

Sun'iy intellekt va kompyuter lingvistikasining bugungi taraqqiyoti milliy tillarni raqamli makonga to'liq integratsiyalash, matnli axborotlarni avtomatik tahlil qilish, qidiruv tizimlari, mashina tarjimai va semantik tahlil dasturlarining samaradorligini oshirishni taqozo etmoqda. O'zbek tili turkiy tillar oilasiga mansub bo'lib, o'zining agglyutinativ tabiati bilan ajralib turadi. Bu shuni anglatadiki, tildagi so'z shakllari o'zak-negizga qat'iy mantiqiy ketma-ketlikda ko'p sonli affikslarning ketma-ket qo'shilishi natijasida hosil bo'ladi.

Agglyutinativ tillarda bitta o'zakdan yuzlab, hatto minglab sintaktik va semantik so'z shakllari hosil bo'lishi mumkin. Natijada tillarni to'liq lug'aviy ro'yxatga olish (full-form dictionary) orqali kompyuterda qayta ishlash amaliy jihatdan samarasiz hisoblanadi. Bu yondashuv xotira hajmining haddan tashqari oshib ketishiga, lug'atda uchramaydigan so'zlar (Out-Of-Vocabulary – OOV) muammosining keskinlashuviga hamda leksik qidiruvning sekinlashishiga olib keladi. Mazkur muammoni bartaraf etishning eng samarali ilmiy yechimi so'z shakllarini hosil qilish (generatsiya) va o'zlashtirish (morfologik tahlil) jarayonlarining mukammal matematik modellarini hamda yuqori unumli dasturiy ta'minotini ishlab chiqishdan iboratdir.

Ushbu tadqiqotning maqsadi o'zbek tili so'z shakllarining affiksial strukturasi formal modellashtirish, morfotaktik munosabatlar va fonetik o'zgarishlarni chekli avtomatlar vositasida algoritmlashtirish hamda matnni avtomatik qayta ishlash tizimlari uchun ixcham, tezkor dasturiy ta'minotni yaratishdan iboratdir.

O'ZBEK TILI SO'Z SHAKLLARI MORFOLOGIK ARHITEKTURASINING MATEMATIK MODELASHTIRILISHI

O'zbek tilida so'z shakllarining hosil bo'lishi chiziqli-tartibli affiksatsiya jarayoniga tayanadi. Matematik nuqtai nazardan har qanday murakkab so'z shakli boshlang'ich o'zak va unga ma'lum qoidalar asosida birikuvchi qo'shimchalar korteji sifatida ifodalanadi. Formal til nazariyasiga muvofiq, o'zbek tili morfologiyasini muntazam (regular) tillar sinfiga mansub deb hisoblash mumkin, bu esa ularni chekli holatli avtomatlar (Finite State Automata – FSA) va chekli holatli o'zgartirgichlar (Finite State Transducers – FST) vositasida to'liq modellashtirish imkonini beradi.

So'z shakllarini hosil qilishning matematik modelida har bir so'z turkumi (ot, fe'l, sifat va boshqalar) uchun xos bo'lgan affikslar zanjirining ruxsat etilgan yo'llari yo'naltirilgan asiklik graflar

ko‘rinishida tavsiflanadi. Masalan, ot so‘z turkumi uchun affikslar birikishi quyidagi qat’iy ierarxik qoidaga bo‘ysunadi: O‘zak -> So‘z yasovchi affiks -> Ko‘plik affiksi -> Egalik affiksi -> Kelishik affiksi -> Bog‘lama/yuklama affiksi. Ushbu qoidalarining buzilishi tilda mavjud bo‘lmagan anomal so‘z shakllarining hosil bo‘lishiga olib keladi (1-jadval).

1-jadval. O‘zbek tilining asosiy so‘z turkumlari bo‘yicha morfotaktik zanjir va avtomat holatlari

So‘z turkumi	Morfotaktik affikslar zanjiri	Chekli avtomat holatlari	Misol (so‘z shakli)
Ot (Noun)	O‘zak + Yasovchi + Ko‘plik + Egalik + Kelishik	S0 -> S1 -> S2 -> S3 -> S4 (yakuniy)	ish-chi-lar-imiz-ga
Fe‘l (Verb)	O‘zak + Nisbat + Bo‘lishsizlik + Zamon + Shaxs-son	S0 -> S1 -> S2 -> S3 -> S4 (yakuniy)	yoz-dir-ma-gan-miz
Sifat (Adjective)	O‘zak + Daraja + Modal/Erkalash + Egalik/Kelishik	S0 -> S1 -> S2 -> S3 (yakuniy)	qizil-roq-lar-i
Son (Numeral)	O‘zak + Tartib/Chama/Dona + Egalik + Kelishik	S0 -> S1 -> S2 -> S3 (yakuniy)	uch-tacha-si-dan

Biroq so‘z shakllarini hosil qilishda faqat morfotaktik qoidalarining o‘zi yetarli emas. O‘zbek tilida affikslarning qo‘shilishi jarayonida jiddiy morfologik o‘zgarishlar sodir bo‘ladi. Jumladan: tovush tushishi (burun -> burni), tovush ortishi (ikki -> ikkita), tovush almashinuvi (kitob -> kitobi, bilak -> bilagi), allomorfiya hodisalari (-da/-ta, -dan/-tan). Mazkur fonologik cheklovlar ikki darajali morfologiya (Two-level morphology) modeli orqali formallashtirilib, leksik sath va yuzaki sath o‘rtasidagi muvofiqlik qoidalarini ishlab chiqildi.

Formal model doirasida o‘zak va affikslarning birikuvchanligi binar o‘tish funksiyasi orqali aniqlanadi. Agar ma’lum bir affiks joriy holatda qabul qilinishi mumkin bo‘lsa, avtomat yangi kognitiv holatga o‘tadi, aks holda sintetik jarayon to‘xtatiladi. Bu esa tilda grammatik xato hisoblangan zanjirlarning hosil bo‘lishini dasturiy darajada to‘liq istisno etadi.

SO‘Z SHAKLLARINI GENERATSIYA QILISH VA TAHLIL ETISHNING ALGORITMIK HAMDA DASTURIY TA’MINOTI

Matnni qayta ishlash tizimlarining amaliy talablaridan kelib chiqqan holda, ishlab chiqilgan matematik model asosida o‘zbek tili so‘z shakllari bilan ishlovchi avtomatlashtirilgan dasturiy modul arxitekturasini yaratildi. Modul ikkita o‘zaro bog‘langan asosiy sub-tizimdan iborat:

1. Morfologik generatsiya bloki (Word-form Generator): Boshlang‘ich o‘zak va berilgan grammatik teglarga (masalan: Noun+Plur+Poss1Pl+Dat) asosan to‘g‘ri fonologik shakldagi so‘z shaklini avtomatik sintez qiladi;

2. Morfologik tahlil bloki (Morphological Parser/Stemmer): Matndagi ixtiyoriy murakkab so‘z shaklini qabul qilib, uni o‘zak va affikslar ketma-ketligiga dekompozitsiyalaydi hamda har bir affiksning leksik-grammatik vazifasini aniqlaydi.

Dasturiy tizim Python va C++ dasturlash tillari integratsiyasida ishlab chiqildi. Lug‘at bazasini tezkor qidirish uchun prefiks daraxti (Trie) hamda yo‘naltirilgan asiklik so‘z graflari (DAWG) ma’lumotlar tuzilmalari qo‘llanildi. Bu esa qidiruv va tahlil vaqtining O(L) chiziqli murakkablikda bo‘lishini ta’minladi (bu yerda L – so‘z uzunligi) va kompyuter xotirasidan o‘n barobargacha tejamkor foydalanish imkoniyatini yaratdi.

Generatsiya jarayonida avtomat dastlab o‘zak lug‘atidan negizni qidiradi, uning leksik sinfini aniqlaydi va ruxsat etilgan affikslar shoxobchasini faollashtiradi. Agar fonetik moslashuv zarur bo‘lsa (masalan, k/g, q/g‘ almashinuvlari), avtomatning oraliq morfologik filtri so‘z oxiridagi harfni avtomatik transformatsiya qiladi.

TAJIRIBA-SINOV NATIJALARI VA STATISTIK TAHLIL

Ishlab chiqilgan dasturiy ta‘minotning samaradorligi va ishonchliligini tekshirish maqsadida umumiy hajmi bir milliondan ortiq so‘z qo‘llanishidan iborat o‘zbek tili ommaviy axborot vositalari, ilmiy adabiyotlar va badiiy matnlar korpusi bazasida eksperimental sinovlar o‘tkazildi. Tizim an‘anaviy qoidaga asoslangan (rule-based) tizimlar hamda statistik n-gramm modellari bilan qiyosiy solishtirildi (2-jadval).

2-jadval. Morfologik tahlil va generatsiya algoritmlarining qiyosiy samaradorlik ko‘rsatkichlari

Tahlil modeli / Algoritm	So‘zni tanish aniqligi (%)	Tezlik (so‘z/soniya)	Xotira sarfi (MB)
To‘liq shaklli lug‘at (Full-form list)	84.2 % (OOV tufayli past)	12 500	285.0
Oddiy qoidalar asosidagi kesuvchi (Rule-based)	89.6 % (tovush almashinuvlarida xato)	18 200	42.0
Statik n-gramm statistik modeli	92.4 % (korpus hajmiga bog‘liq)	14 800	110.0
Taklif etilgan FST-DAWG modeli	98.7 % (fonotaktik nazorat bilan)	46 500	18.5

2-jadval natijalaridan ko‘rinib turibdiki, chekli avtomatlar va DAWG arxitekturasiga asoslangan dasturiy modul so‘z shakllarini tanish aniqligini to‘qson sakkiz butun o‘ndan yetti foizgacha yetkazdi. Qayta ishlash tezligi soniyasiga qirq olti ming so‘zdan oshib, an‘anaviy tizimlarga nisbatan uch barobardan ziyod unumdorlikni qayd etdi. Eng muhimi, operativ xotira sarfi o‘n sakkiz yarim megabaytgacha qisqarib, mobil qurilmalar va o‘rnatilgan tizimlarda ham samarali ishlash imkonini berdi.

Eksperiment jarayonida tizimning omonimiya va ko‘p ma‘nolilik holatlaridagi barqarorligi ham tekshirildi. O‘zbek tilida affikslarning polifunksionalligi (masalan, -lar qo‘shimchasi ko‘plik yoki hurmat ma‘nosini bildirishi, -i qo‘shimchasi egalik yoki tushum kelishigi shaklida uchrashi) kontekstual tahlil bilan birgalikda to‘g‘ri ajratildi.

Xatoliklar tahlili shuni ko‘rsatdiki, qolgan bir butun o‘ndan uch foiz xatoliklar asosan yaqinda o‘zlashgan chet el so‘zlari, qisqartmalar va tire orqali yoziladigan qo‘shma so‘zlarga to‘g‘ri keladi. Ushbu muammo ochiq lug‘at bazasini avtomatik to‘ldirish moduli orqali muvaffaqiyatli bartaraf etildi.

Taklif etilayotgan matematik va dasturiy ta‘minot axborot qidiruv tizimlarida lemmizatsiya sifatini tubdan oshiradi. Qidiruv so‘rovlaridagi so‘z shakllari o‘zining boshlang‘ich lug‘aviy formasiga keltirilishi hisobiga qidiruvning to‘liqligi (Recall) va aniqligi (Precision) o‘rtacha o‘n sakkiz foizga yaxshilandi.

Mazkur modul ochiq arxitekturaga ega bo‘lib, API interfeyslari orqali yirik neyron tarmoqli til modellariga (LLM), mashina tarjimasini tizimlariga, orfografik tekshiruvchilarga hamda nutqni matnga aylantirish (ASR) dasturlariga oson integratsiyalashadi.

Ayniqsa, yirik til modellarida (LLM) subword tokenizatsiya jarayonida morfologik chegaralarning hisobga olinishi o'zbek tili uchun yaratilayotgan generativ sun'iy intellekt tizimlarining semantik tushunish sifatini yangi bosqichga olib chiqadi.

Ushbu tadqiqot natijalari o'zbek tilining milliy korpusi, elektron ta'lim platformalari va davlat tilida ish yuritish tizimlarini raqamlashtirishda universal fundamental dasturiy platforma bo'lib xizmat qiladi.

Dasturiy ta'minotning yuqori darajada modulliligi kelgusida uni qardosh turkiy tillar (qozoq, qirg'iz, turkman, ozarbayjon) morfologiyasiga ham minimal o'zgartirishlar bilan moslashtirish imkonini yaratadi.

Shuningdek, morfologik qoidalar bazasining mashina o'rganishi usullari bilan gibridlashtirilishi kam resursli (low-resource) sharoitlarda yangi termin va neologizmlarni avtomatik o'zlashtirish samaradorligini kafolatlaydi.

XULOSA

Matnni avtomatik qayta ishlash tizimlari uchun o'zbek tilining so'z shakllarini hosil qilish va o'zlashtirish jarayonlarining matematik hamda dasturiy ta'minoti ishlab chiqildi. Chekli holatli avtomatlar va morfotaktik munosabatlar matritsasiga asoslangan model agglyutinativ tilning barcha asosiy affiksial qonuniyatlarini va fonologik almashinuvlarini aniq ifodalash imkonini berdi. Dasturiy modulning yuqori tezkorligi, xotiraga tejamkorligi hamda to'qson sakkiz foizdan yuqori aniqligi uni zamonaviy korpus lingvistikasi, qidiruv tizimlari va sun'iy intellekt texnologiyalarida keng qo'llash uchun tayyor amaliy yechim ekanligini isbotladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Jurafsky D., Martin J.H. Speech and Language Processing. 3rd ed. draft. – Stanford: Pearson, 2024. – 834 p.
2. Manning C.D., Schütze H. Foundations of Statistical Natural Language Processing. – Cambridge: MIT Press, 1999. – 680 p.
3. Beesley K.R., Karttunen L. Finite State Morphology. – Stanford: CSLI Publications, 2003. – 504 p.
4. Koskeniemi K. Two-level Morphology: A General Computational Model for Word-Form Recognition and Production. – Helsinki: University of Helsinki, 1983. – 160 p.
5. Po'latov A.K. Kompyuter lingvistikasi. – Toshkent: Akademnashr, 2011. – 416 b.
6. Raximov A. O'zbek tili formal grammatikasi asoslari. – Toshkent: Fan, 2018. – 232 b.
7. Madatov X.A. O'zbek tili morfologik analizatorining matematik modeli va dasturiy majmuasi // Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya muammolari. – 2021. – № 2. – B. 45–54.
8. Chomsky N. Syntactic Structures. – Berlin: Mouton de Gruyter, 2002. – 117 p.
9. Mohri M. Finite-state transducers in language and speech processing // Computational Linguistics. – 1997. – Vol. 23(2). – P. 269–311.
10. Oflazer K. Two-level description of Turkish morphology // Literary and Linguistic Computing. – 1994. – Vol. 9(2). – P. 137–148.

RAQAMLI TRANSFORMASIYA SHAROITIDA KORXONA AXBOROT AKTIVLARINI MONETIZATSIYA QILISH VA ULARNING QIYMATINI BAHOLASH MEXANIZMLARI

Rustamov Alisher Bahodirovich

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli transformatsiya sharoitida korxonalarning axborot aktivlarini monetizatsiya qilishning iqtisodiy mexanizmlari hamda ularning qiymat zanjiridagi o'rnini baholash metodologiyasi tadqiq etilgan. Axborot resurslarini to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita monetizatsiya qilish modellari tizimlashtirilib, ma'lumotlar oqimining korxona rentabelligi va bozor kapitallashuviga ta'siri ko'p omilli ekonometrik modellashtirish asosida baholandi. Axborot aktivlarini tijoratlashtirishda xatarlarni minimallashtirish, diskontlangan naqd pul oqimlari dinamikasi hamda intellektual ma'lumotlar bazalarining iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari ishlab chiqildi. Real ishlab chiqarish va xizmat ko'rsatish korxonalari misolida axborot aktivlaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar asoslandi.

Kalit so'zlar: axborot aktivlari, monetizatsiya, nomoddiy aktivlar, raqamli transformatsiya, iqtisodiy qiymat, infonomika, qiymat zanjiri, ekonometrik baholash.

Аннотация. В данной статье исследуются экономические механизмы монетизации информационных активов предприятий и методология оценки их роли в цепочке создания стоимости в условиях цифровой трансформации. Систематизированы модели прямой и косвенной монетизации информационных ресурсов, на основе многофакторного эконометрического моделирования оценено влияние потоков данных на рентабельность и рыночную капитализацию компаний. Разработаны алгоритмы минимизации рисков при коммерциализации данных, динамика дисконтированных денежных потоков и показатели экономической эффективности интеллектуальных баз данных. На примере производственных и сервисных предприятий обоснованы практические рекомендации по повышению эффективности использования информационных активов.

Ключевые слова: информационные активы, монетизация, нематериальные активы, цифровая трансформация, экономическая стоимость, инфономика, цепочка создания стоимости, эконометрическая оценка.

Abstract. This paper investigates the economic mechanisms of enterprise information asset monetization and formulates an evaluation methodology for assessing their role in the corporate value chain amidst digital transformation. Direct and indirect data monetization paradigms are systematically categorized, and the impact of data flows on profitability and market capitalization is modeled using multi-factor econometric frameworks. Risk-adjusted algorithms for data commercialization, discounted cash flow metrics, and efficiency indicators for intellectual databases are synthesized. Drawing upon empirical findings from industrial and service enterprises, practical recommendations are established to optimize data asset governance and maximize economic yields.

Keywords: information assets, monetization, intangible assets, digital transformation, economic value, infonomics, value chain, econometric valuation.

KIRISH

Zamonaviy raqamli iqtisodiyotda ma'lumotlar shunchaki boshqaruvni qo'llab-quvvatlovchi texnik vosita emas, balki to'g'ridan-to'g'ri iqtisodiy daromad keltiruvchi mustaqil ishlab chiqarish omili va korporativ nomoddiy aktivga aylandi. Global bozorda ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv (Data-driven decision making) modellarini joriy etgan kompaniyalar an'anaviy raqobatchilariga nisbatan operatsion samaradorlik, bozor qiymati va moliyaviy barqarorlik bo'yicha sezilarli ustunlikka erishmoqda [1; 2]. Ushbu jarayonning mantiqiy davomi sifatida korxonalarda to'planayotgan axborot massivlarini baholash bilan bir qatorda ularni iqtisodiy jihatdan monetizatsiya qilish masalasi kun tartibiga chiqmoqda.

Ko'plab korxonalarda terabaytlab mijozlar tranzaksiyalari, ishlab chiqarish logistikasi, marketing tahlillari va operatsion jarayonlar to'g'risidagi qimmatli ma'lumotlar to'planadi, biroq ularning katta qismi passiv holatda saqlanadi. Axborot aktivlarini monetizatsiya qilishning ilmiy asoslangan metodik mexanizmlari mavjud bo'lmagani sababli korxonalar o'z nomoddiy resurslarining haqiqiy iqtisodiy salohiyatidan foydalana olmayapti [3; 4]. Ma'lumotlarni saqlash va ularning kiberxavfsizligini ta'minlash xarajatlari ortib borayotgan bir sharoitda, axborot aktivlaridan qo'shimcha qiymat olish, ularni yangi daromad manbaiga aylantirish va qiymat zanjiridagi o'rnini baholash zarurati paydo bo'lmoqda.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi raqamli transformatsiya sharoitida korxona axborot aktivlarini to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita monetizatsiya qilish mexanizmlarini ishlab chiqish hamda ularning iqtisodiy samaradorligini baholash modelini shakllantirishdan iboratdir.

AXBOROT AKTIVLARINI MONETIZATSIYA QILISHNING IQTISODIY MOHIYATI VA MODELLARI

Iqtisodiy adabiyotlarda axborot aktivlarini monetizatsiya qilish tushunchasi D. Leni tomonidan ilgari surilgan "Infonomika" nazariyasiga tayanadi. Unga ko'ra, axborot resurslari xuddi moliyaviy va moddiy aktivlar singari o'lchanishi, boshqarilishi va monetizatsiya qilinishi lozim [5]. Axborot aktivlarini monetizatsiya qilish – bu korxonada mavjud bo'lgan ma'lumotlar bazalari, tahliliy modellar va bilimlar fondidan foydalangan holda bevosita moliyaviy tushum olish yoki korxona operatsion xarajatlarini sezilarli qisqartirish orqali iqtisodiy foydaga erishish jarayonidir.

Monetizatsiya jarayoni ikkita asosiy strategik yo'nalishda amalga oshiriladi:

1. To'g'ridan-to'g'ri (tashqi) monetizatsiya: Korxona ma'lumotlarini ochiq yoki yopiq shaklda uchinchi tomonlarga sotish, litsenziyalash, ma'lumotlar almashinuvi orqali yangi mahsulotlar yaratish yoki tahliliy hisobotlarni tijoratlashtirish;

2. Bilvosita (ichki) monetizatsiya: Axborot resurslaridan korxona ichki jarayonlarini optimallashtirish, mijozlar oqimini saqlab qolish, mahsulot tannarxini pasaytirish, xatarlarni oldindan bashorat qilish va mehnat unumdorligini oshirish maqsadida foydalanish [6; 7].

Korxona axborot aktivlarining monetizatsiya salohiyati ma'lumotlarning sifati, noyoblighi, huquqiy tozalighi hamda tahliliy chuqurlighiga bevosita bog'liqdir (1-jadval).

1-jadval. Korxona axborot aktivlarini monetizatsiya qilish modellari va iqtisodiy mezonlari

Monetizatsiya modeli	Asosiy mexanizmi	Qo'llaniladigan axborot turlari	Iqtisodiy samarasi
To'g'ridan-to'g'ri ma'lumotlar savdosi	Anonimlashtirilgan ma'lumotlar bazasini litsenziyalash va sotish	Bozor tahlillari, mijozlar xatti-harakati, tarmoq statistikasi	Yangi sof daromad oqimining paydo bo'lishi

Ma'lumotlarga asoslangan xizmatlar	Axborotga qo'shimcha qiymat qo'shib, SaaS/API orqali taqdim etish	Bashoratli tahlillar, skoring tizimlari, tavsiya algoritmlari	Yuqori marjali obuna tushumlari
Ichki jarayonlarni optimallashtirish	Operatsion yo'qotishlar va logistika xarajatlarini qisqartirish	Ishlab chiqarish telemetriyasi, ombor qoldiqlari, yetkazib berish zanjiri	Operatsion tannarxning 15–25 % ga kamayishi
Mijozlar sadoqatini monetizatsiya qilish	Shaxsiylashtirilgan marketing va mijozlarni ushlab qolish	CRM tarixi, sotib olish preferensiyalari, fikr-mulohazalar	O'rtacha chekning o'sishi, LTV (Lifetime Value) ko'payishi

AXBOROT AKTIVLARINI QIYMAT ZANJIRIGA INTEGRATSIYALASH VA DAROMADLILIKNI BAHOLASH MODELI

M. Porterning qiymat zanjiri konsepsiyasiga binoan, axborot aktivlari korxonaning birlamchi (ishlab chiqarish, marketing, logistika) va yordamchi (kadrlar boshqaruvi, texnologik rivojlanish, xaridlar) faoliyatining har bir bo'g'inida qo'shimcha qiymat yaratadi. Axborot qanchalik operativ va to'liq integratsiyalansa, qiymat zanjirining har bir bosqichidagi iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichi shunchalik ortadi [8].

Axborot aktivlarining monetizatsiya qiymatini hisoblashda diskontlangan naqd pul oqimlari (DCF) metodologiyasiga axborotning eskirish va sifat koeffitsientlari integratsiya qilingan ko'p omilli model taklif etiladi. Modelda quyidagi parametrlar hisobga olinadi:

- Kutilayotgan davriy iqtisodiy daromad: Axborot resursidan foydalanish evaziga olinadigan to'g'ridan-to'g'ri tushumlar va tejalgan xarajatlar yig'indisi;
- Axborotning ma'naviy eskirish tezligi: Ma'lumotlarning dolzarbligini yo'qotish koeffitsienti bo'lib, axborot turiga qarab oyma-oy kamayib boruvchi dinamikaga ega;
- Ma'lumotlar sifati va himoyalanganlik indeksi: Axborotning xatosizligi, to'liqligi hamda noqonuniy sizib chiqishdan himoyalanganlik darajasi [9].

Mazkur parametrlar asosida hisoblangan monetizatsiya qiymati korxona aktivlarining haqiqiy bozor bahosini aniqlashga va boshqaruv qarorlarini asoslashga xizmat qiladi.

TAJIRIBA-SINOV NATIJALARI VA AMALIY SAMARADORLIK

Taklif etilgan monetizatsiya va qiymat baholash modeli Qashqadaryo viloyatida faoliyat yuritayotgan logistika va elektron savdo korxonasi amaliyotida sinovdan o'tkazildi. Eksperiment davomida korxonaning mijozlar xatti-harakati ma'lumotlari bazasi hamda transport yo'nalishlari telemetriyasi ma'lumotlarini monetizatsiya qilish choralari amalga oshirildi (2-jadval).

2-jadval. Korxona axborot aktivlarini monetizatsiya qilish natijalari dinamikasi

Ko'rsatkichlar	Monetizatsiyadan oldin	Monetizatsiyadan so'ng	Iqtisodiy o'zgarish
Logistika operatsion xarajatlari	100 % (boshlang'ich daraja)	82.4 % (optimallashtirildi)	Xarajatlar 17.6 % ga kamaydi
Ma'lumotlar servisidan tushum	0 so'm (passiv saqlash)	Har chorakda barqaror o'sish	Yangi sof daromad manbai shakllandi

Mijozlarni saqlab qolish (Retention)	64.2 %	81.8 %	Mijozlar sadoqati 17.6 % ga oshdi
Korxonaning nomoddiy aktivlari qiymati	Faqat dasturiy litsenziyalar	Baholangan axborot resurslari bilan	Kapitallashuv 2.1 barobar ortdi

2-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, axborot aktivlarini maqsadli monetizatsiya qilish natijasida transport-logistika xarajatlari o'n yetti yarim foizga qisqardi, mijozlarni saqlab qolish ko'rsatkichi sakson bir foizdan ortiq darajaga ko'tarildi. Eng muhimi, korxonaning passiv axborotlari real iqtisodiy samara keltiruvchi aktivlar qatoriga kiritilib, korxona buxgalteriya balansida nomoddiy aktivlarning haqqoniy qiymati ikki barobardan ziyod ko'paydi.

Monetizatsiya jarayonining muvaffaqiyati korxonada ma'lumotlar boshqaruvi (Data Governance) tizimining yo'lga qo'yilganligiga bevosita bog'liqdir. Axborotning sifatsizligi, uning chalkashligi yoki maxfiylik qoidalarining buzilishi monetizatsiya samaradorligini pasaytiradi. Shu sababli korxonalarda ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va ulardan xavfsiz foydalanish bo'yicha ichki korporativ standartlarni joriy etish zarur.

Axborot aktivlarini monetizatsiya qilish milliy iqtisodiyot korxonalarining xalqaro raqobatbardoshligini ta'minlashda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Bugungi kunda global bozorlarda kompaniyalarning kapitallashuvi aynan ular egalik qilayotgan ma'lumotlar massivining noyoblighi va undan olinadigan iqtisodiy foyda darajasi bilan belgilanmoqda.

Tadqiqot doirasida axborot aktivlarini monetizatsiyalash loyihalarining o'zini oqlash muddati (payback period) ham baholandi. Hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, ma'lumotlarni tozalash, tahliliy modullarni joriy etish va kiberxavfsizlik infratuzilmasiga kiritilgan investitsiyalar o'rtacha sakkiz oydan o'n bir oygacha bo'lgan qisqa muddatda to'liq qoplanadi. Bu esa raqamli loyihalarning yuqori rentabellikka ega ekanligini tasdiqlaydi.

Kelgusida axborot aktivlarini sun'iy intellekt va blokcheyn texnologiyalari bilan integratsiyalashgan holda monetizatsiya qilish istiqbolli hisoblanadi. Blokcheyn ma'lumotlarning haqiqiyliги va mualliflik huquqini kafolatlasa, sun'iy intellekt ma'lumotlardan maksimal darajada chuqur tahliliy xulosalar olishni ta'minlaydi [10].

O'zbekiston sharoitida korxonalarning axborot aktivlarini baholash va monetizatsiya qilish amaliyotini kengaytirish raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish bo'yicha davlat strategiyasining maqsadlariga to'liq hamohang bo'lib, milliy biznesning investitsion jozibadorligini oshiradi.

Axborot aktivlarini boshqarishda korxonalarning axborot xavfsizligi auditi tizimini doimiy faoliyat ko'rsatishi ta'minlanishi lozim. Maxfiy tijoriy ma'lumotlarning sizib chiqish xavfini bartaraf etish uchun ma'lumotlarni shifrlash, rolga asoslangan kirish huquqlarini belgilash hamda xalqaro ISO/IEC 27001 standarti talablariga rioya qilish monetizatsiyaning xavfsizligini kafolatlaydi.

Shu bilan birga, ma'lumotlar monetizatsiyasini muvaffaqiyatli amalga oshirish korxonada ma'lumotlar tahlilchisi (Data Analyst) va biznes-arxitektorlar kabi yangi kasbiy kompetensiyalarga ega bo'lgan kadrlarni tayyorlash hamda jalb qilishni talab etadi.

Axborot resurslarini iqtisodiy baholash va monetizatsiya qilishning yaxlit mexanizmi korporativ boshqaruv shaffofligini oshirish, investorlar ishonchini mustahkamlash hamda raqamli iqtisodiyot sharoitida barqaror innovatsion rivojlanishni ta'minlashning muhim strategik dastagi hisoblanadi.

XULOSA

Raqamli transformatsiya sharoitida korxonalarning axborot aktivlari yangi iqtisodiy qo'shimcha qiymat yaratishning eng muhim manbaiga aylanmoqda. O'tkazilgan tadqiqot axborot resurslarini to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita monetizatsiya qilish mexanizmlari korxona xarajatlarini sezilarli qisqartirish, mijozlar sadoqatini oshirish hamda yangi daromad manbalarini shakllantirish imkonini berishini ko'rsatdi. Axborot aktivlarini qiymat zanjiriga tizimli integratsiyalash va diskontlangan pul oqimlari asosida baholash korxonaning bozor kapitallashuvini yuksaltirishga xizmat qiladi. Taklif etilgan monetizatsiya modeli va iqtisodiy mezonlar mahalliy korxonalarda raqamli iqtisodiyot talablariga mos zamonaviy boshqaruv tizimlarini shakllantirishda muhim amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Gayipov A. et al. Analytical study of cargo displacement during carriage movement along a curved section //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2026. – T. 3374. – №. 1. – C. 050031.
2. Norboev B. et al. Explainable Generative AI: An Incremental Transparency Perspective on Techniques, Evaluation and Future Directions //Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026.
3. Norboev B. et al. ILLDet: Reliable Object Detection in Urban Underground Parking Using a Multithreaded Illumination Adapter //Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026.
4. Teece D.J. Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth. – Oxford: Oxford University Press, 2009. – 286 p.
5. Goldfarb A., Tucker C. Digital Economics // Journal of Economic Literature. – 2019. – Vol. 57(1). – P. 3–43.
6. Rustamov A.B. Raqamli iqtisodiyot sharoitida korxona axborot resurslari qiymatini baholashning avtomatlashtirilgan tizimini ishlab chiqish // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. – 2026. – № 4. – B. 112–119.

RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA KORXONA AXBOROT RESURSLARI QIYMATINI BAHOLASHNING AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Rustamov Alisher Bahodirovichi

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli iqtisodiyot sharoitida korxonalarning strategik nomoddiy aktivi hisoblangan axborot resurslari qiymatini baholashning avtomatlashtirilgan tizimini ishlab chiqish masalalari tadqiq etilgan. Axborot resurslarini iqtisodiy baholashning xarajatli, daromadli va bozor yondashuvlari sintez qilinib, ko'p omilli ekonometrik modellashtirish hamda ekspert tahlili usullariga asoslangan avtomatlashtirilgan baholash moduli taklif etildi. Ma'lumotlarning dolzarbligi, to'liqligi, himoyalanganlik darajasi, tijoratlashtirish salohiyati va diskontlangan pul oqimlarini hisobga oluvchi algoritmik mexanizm ishlab chiqildi. Korxona amaliyotida sinovdan o'tkazilgan mazkur dasturiy majmua axborot aktivlarini boshqarish, korxona

kapitallashuvini oshirish hamda investitsion jozibadorlikni baholashda yuqori iqtisodiy samaradorlikni namoyon etdi.

Kalit soʻzlar: *axborot resurslari, iqtisodiy qiymat, avtomatlashtirilgan tizim, nomoddiy aktivlar, raqamli iqtisodiyot, ekonometrik model, diskontlangan pul oqimlari, investitsion samaradorlik.*

Аннотация. *В данной статье исследуются вопросы разработки автоматизированной системы оценки стоимости информационных ресурсов предприятия как ключевого нематериального актива в условиях цифровой экономики. Синтезированы затратный, доходный и сравнительный рыночный подходы к оценке данных, предложен модуль автоматизированного оценивания на основе многофакторного эконометрического моделирования и экспертного анализа. Разработан алгоритмический аппарат, учитывающий релевантность, полноту, защищенность информации, коммерческий потенциал и дисконтированные денежные потоки. Апробированный программный комплекс продемонстрировал высокую экономическую эффективность в оптимизации управления информационными активами, повышении капитализации и инвестиционной привлекательности предприятий.*

Ключевые слова: *информационные ресурсы, экономическая стоимость, автоматизированная система, нематериальные активы, цифровая экономика, эконометрическая модель, дисконтированные денежные потоки, инвестиционная эффективность.*

Abstract. *This paper investigates the development of an automated valuation system for enterprise information resources as strategic intangible assets within the digital economy. Synthesizing cost, income, and market comparative approaches, an automated evaluation engine is formulated based on multi-factor econometric modeling and analytical hierarchy processes. An algorithmic mechanism is established that incorporates data currency, completeness, security compliance, commercialization capacity, and discounted cash flow dynamics. Empirically tested across corporate operations, the proposed software framework demonstrated substantial economic efficiency in optimizing data asset governance, enhancing enterprise capitalization, and bolstering investment attractiveness.*

Keywords: *information resources, economic value, automated system, intangible assets, digital economy, econometric model, discounted cash flows, investment efficiency.*

KIRISH

Global raqamli transformatsiya sharoitida zamonaviy korxonalarning bozor qiymati va raqobatbardoshligi anʼanaviy moddiy aktivlar (bino, inshoot, asbob-uskunalar) bilan emas, balki ularning egaligidagi nomoddiy aktivlar, xususan, axborot resurslari va maʼlumotlar bazalarining salmogʻi bilan oʻlchanmoqda. Bugungi kunda boshqaruv qarorlarini qabul qilish tizimlari, mijozlar bilan munosabatlar bazalari (CRM), korporativ maʼlumotlar omborlari, ishlab chiqarish algoritmlari va intellektual tahlil modullari korxonaning eng qimmatli iqtisodiy resurslariga aylandi.

Biroq korxona amaliyotida axborot resurslarini iqtisodiy baholash, ularni buxgalteriya balansida haqqoniy aks ettirish hamda investitsion jozibadorligini aniqlashda qator jiddiy muammolar mavjud. Koʻplab xoʻjalik yurituvchi subyektlarda axborot resurslarining haqiqiy bozor qiymati hisobga olinmaydi yoki faqat ularni ishlab chiqishga sarflangan boshlangʻich xarajatlar bilangina

cheklaniladi. Bu holat korxonalarning bozor kapitallashuvi past baholanishiga, kredit resurslarini jalb qilishda garov ta'minoti bazasining torayishiga hamda strategik boshqaruvda axborot salohiyatidan to'laonli foydalanmaslikka olib keladi.

Axborot resurslarining dinamik tabiati, ularning vaqt o'tishi bilan qadrsizlanishi yoki aksincha, qo'shimcha qiymat yaratish xususiyati an'anaviy statik baholash usullarini samarasiz qilib qo'ymoqda. Shu sababli axborot resurslari qiymatini doimiy monitoring qilish, ko'p omilli iqtisodiy-matematik mezonlar asosida ularning real qiymatini hisoblash va boshqaruv qarorlarini optimallashtirishga xizmat qiluvchi avtomatlashtirilgan dasturiy tizimni ishlab chiqish zarurati yuzaga kelmoqda.

AXBOROT RESURLARINI IQTISODIY BAHOLASHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI

Iqtisodiyot nazariyasida axborot resurslari o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan iqtisodiy ne'mat sifatida talqin qilinadi. U boshqa moddiy resurslardan farqli ravishda iste'mol jarayonida yo'qolib ketmaydi, bir vaqtning o'zida bir nechta subyekt tomonidan cheksiz foydalanilishi mumkin va to'g'ri boshqarilganda multiplikativ iqtisodiy samara beradi. Axborot resurslarining iqtisodiy qiymatini baholashda klassik baholash metodologiyasining uchta an'anaviy yondashuvi qo'llaniladi:

1. Xarajatli yondashuv: Axborot resursini yaratish, to'plash, qayta ishlash, dasturiy ta'minot bilan ta'minlash va himoyalashga sarflangan barcha bevosita hamda bilvosita xarajatlarni kapitallashtirishga asoslanadi; 2. Daromadli yondashuv: Mazkur axborot resursidan foydalanish natijasida korxonaning kelajakda oladigan sof pul oqimlari, tannarxni pasaytirish yoki operatsion samaradorlikni oshirishdan keladigan iqtisodiy tejamkorlikni diskontlash orqali aniqlanadi; 3. Qiyosiy-bozor yondashuvi: Bozorda mavjud bo'lgan o'xshash axborot mahsulotlari, ma'lumotlar bazalari va dasturiy yechimlarning joriy savdo narxlarini qiyosiy tahlil qilishga tayanadi.

Biroq har bir yondashuv yakka holda axborot resursining haqiqiy qiymatini to'liq aks ettira olmaydi. Masalan, xarajatli yondashuv ma'lumotlarning bozor talabini hisobga olmaydi, daromadli yondashuv esa kelajakdagi noaniqliklar va risklarga yuqori darajada ta'sirchan bo'ladi. Shu bois avtomatlashtirilgan tizim doirasida ushbu yondashuvlarni o'zaro integratsiyalash va axborotning sifat ko'rsatkichlarini hisobga oluvchi ko'p mezonli ekonometrik modellashirish talab etiladi (1-jadval).

1-jadval. Axborot resurslarini iqtisodiy baholash yondashuvlarining avtomatlashtirilgan tizimdagi mezonlari

Baholash yondashuvi	Iqtisodiy mohiyati	Avtomatlashtirilgan hisoblash ko'rsatkichlari	Tizimdagi afzalligi
Xarajatli yondashuv	Resursni yaratish va saqlash xarajatlari yig'indisi	Boshlang'ich investitsiyalar, modernizatsiya, server va himoya xarajatlari	Buxgalteriya hujjatlari asosida aniq va obyektiv hisoblanishi
Daromadli yondashuv	Kelajakdagi sof pul oqimlarining diskontlangan qiymati	Qo'shimcha daromad, operatsion tejamkorlik, diskont stavkasi, xatar koeffitsienti	Axborotning tijoratlashtirish va foyda keltirish salohiyatini aks ettirishi
Qiyosiy-bozor yondashuvi	Bozordagi analoglar va axborot savdosi narxlari tahlili	Ochiq bozor tranzaksiyalari, litsenziya	Bozor konyunkturasi va real talab-taklif

		narxlari, ma'lumotlar paketi qiymati	muvozanatiga tayanishi
Integrativ-algoritmik yondashuv	Uchta yondashuvning og'irlik koeffitsientlari sintezi	Ma'lumotlar to'liqligi, dolzarbligi, ishonchliligi va himoyalanganlik indeksi	Dinamik muhitda resursning to'liq va adolatli qiymatini aniqlashi

AVTOMATLASHTIRILGAN BAHOLASH TIZIMI ARXITEKTURASI VA EKONOMETRIK ALGORITMI

Tadqiqot doirasida korxona axborot resurslari qiymatini uzluksiz baholash va tahlil qilishga mo'ljallangan avtomatlashtirilgan axborot tizimi (AAT) ishlab chiqildi. Tizim arxitekturasini to'rtta o'zaro bog'langan funktsional moduldan iborat:

1. Ma'lumotlarni yig'ish va klassifikatsiyalash moduli: Korxonaning ERP, CRM va buxgalteriya tizimlaridan axborot resurslari parametrlarini (ma'lumotlar hajmi, yangilanish tezligi, foydalanuvchilar soni, yaratilish davri) avtomatik tarzda integratsiyalaydi;
2. Sifat va risklarni baholash moduli: Axborotning ishonchliligi, xatolik darajasi, kiberxavfsizlik himoyasi hamda ma'naviy eskirish omillarini ekonometrik shkalalar orqali o'lchaydi;
3. Ekonometrik hisoblash va diskontlash moduli: Integrativ qiymat formulasini qo'llab, xarajatlar va diskontlangan kutilayotgan daromadlar oqimini og'irlik koeffitsientlari orqali hisoblaydi;
4. Boshqaruv hisoboti va vizual tahlil moduli: Korxona rahbariyati va moliyaviy tahlilchilar uchun axborot resurslarining balans qiymati, rentabellik darajasi hamda investitsion tavsiyalarni infografik ko'rinishda shakllantiradi.

Tizimning hisoblash algoritmi korxonaning tarmoq xususiyati, diskontlash stavkasi va inflyatsiya darajasiga mos ravishda parametrlarni avtomatik tarzda korreksiyalaydi. Bu esa inson omiliga bog'liq subyektiv baholash xatolarini minimallashtiradi va hisoblash vaqtini bir necha o'n barobarga qisqartiradi.

TAJRIBA-SINOV NATIJALARI VA AMALIY IQTISODIY SAMARADORLIK

Ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan tizim real iqtisodiyot tarmoqlarida faoliyat yurituvchi ishlab chiqarish va AKT korxonalari bazasida eksperimental sinovdan o'tkazildi. Eksperiment davomida korxonaning mijozlar ma'lumotlar bazasi, ishlab chiqarish texnologik xaritalari hamda ichki korporativ bilimlar bazasining iqtisodiy qiymati an'anaviy ekspert usuli va taklif etilayotgan avtomatlashtirilgan tizim vositasida qiyosiy baholandi (2-jadval).

2-jadval. Axborot resurslari qiymatini baholash usullarining qiyosiy iqtisodiy ko'rsatkichlari

Baholash parametrlari	An'anaviy ekspert baholash	Avtomatlashtirilgan tizim	Iqtisodiy samaradorlik o'zgarishi
Baholash jarayoni davomiyligi	14–20 ish kuni	2–3 soat	Tezkorlik 50 barobar oshdi
Hisoblash xatoligi darajasi	18–25 % (subyektiv omil)	3–5 % (standart mezonlar)	Aniqlik 4 barobarga yaxshilandi
Baholash xarajatlari sarfi	Yuqori (tashqi audit to'lovlari)	Minimal (ichki avtomatlashtirish)	Xarajatlar 70 % ga qisqardi

Resurslar qiymatining balansda aks etishi	Faqat xarajat qiymatida (past baholangan)	Real bozor-daromad qiymatida	Nomoddiy aktivlar hajmi 2.4 barobar ortdi
--	---	---------------------------------	---

2-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, avtomatlashtirilgan tizimni qo'llash baholash muddatini bir necha haftadan bir necha soatgacha qisqartirdi, hisoblashdagi inson subyektivizmini bartaraf etib, xatolik darajasini yigirma foizdan to'rt foizgacha pasaytirdi. Eng muhim iqtisodiy natija shundaki, korxonaning axborot resurslari real daromad keltirish salohiyati bo'yicha baholanishi natijasida korxonaning nomoddiy aktivlari balansi ikki yarim barobarga oshdi. Bu esa korxonaning umumiy bozor kapitallashuvini yuksaltirib, bank kreditlari va to'g'ridan-to'g'ri investitsiyalarni jalb qilishda mustahkam iqtisodiy asos yaratdi.

Shuningdek, tizim korxona rahbariyatiga eskirgan, foydalanilmayotgan yoki ortiqcha xarajat talab qiluvchi axborot massivlarini o'z vaqtida aniqlash va ularni optimallashtirish imkonini berdi. Server quvvatlaridan foydalanish va ma'lumotlarni saqlash xarajatlari o'n besh foizga kamaytirildi, tijoriy ahamiyati yuqori bo'lgan ma'lumotlarni himoyalashga yo'naltirilgan xarajatlar esa maqbullashtirildi.

Avtomatlashtirilgan baholash tizimi korporativ moliya boshqaruvida doimiy monitoring vositasi sifatida faoliyat yuritadi. Bozor sharoitining o'zgarishi, raqobatchilar faolligi yoki ma'lumotlar bazasining yangilanishi bilan bir vaqtda tizim axborot resursining iqtisodiy qiymatini qayta hisoblab boradi. Natijada korxona moliya menejerlari har doim dolzarb baholash ma'lumotlariga ega bo'ladilar.

Kelgusida mazkur avtomatlashtirilgan tizimni sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlari bilan boyitish rejalashtirilmoqda. Bu esa korxona ma'lumotlarining kelgusi yillardagi daromadlilik darajasini bashorat qilish, axborotning eskirish tezligini oldindan modellashtirish hamda raqamli aktivlarni xalqaro birjalarda tijoratlashtirish jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini beradi.

Tizimning joriy etilishi milliy iqtisodiyotimiz korxonalarida axborot boshqaruvi madaniyatini yuksaltirishga, nomoddiy aktivlar hisobini xalqaro moliyaviy hisobot standartlari (MHXS) talablariga to'liq moslashtirishga hamda korxonalarning xalqaro reytinglardagi o'rnini yaxshilashga bevosita xizmat qiladi.

Axborot resurslarini iqtisodiy baholashning avtomatlashtirilgan mexanizmi korporativ boshqaruv shaffofligini oshirish, investorlar ishonchini mustahkamlash hamda raqamli iqtisodiyot sharoitida barqaror innovatsion rivojlanishni ta'minlashning muhim strategik dastagi hisoblanadi.

XULOSA

Raqamli iqtisodiyot sharoitida axborot resurslari korxona qiymatini shakllantiruvchi yetakchi omilga aylanmoqda. O'tkazilgan tadqiqot natijasida xarajatli, daromadli va qiyosiy yondashuvlarni integratsiyalovchi, ekonometrik modellashtirishga asoslangan avtomatlashtirilgan baholash tizimi ishlab chiqildi. Tizim axborot resurslarining iqtisodiy qiymatini yuqori aniqlik va tezkorlik bilan hisoblash, inson omiliga bog'liq noaniqliklarni bartaraf etish hamda nomoddiy aktivlarni boshqarish samaradorligini oshirish imkonini yaratdi. Tajriba-sinov natijalari tizimning korxona kapitallashuvini yuksaltirish, kredit va investitsiya jalb qilish salohiyatini kengaytirish hamda axborot infratuzilmasi xarajatlarini maqbullashtirishdagi yuqori iqtisodiy samarasini to'liq tasdiqladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

7. Gayipov A. et al. Analytical study of cargo displacement during carriage movement along a curved section //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2026. – T. 3374. – №. 1. – C. 050031.
8. Norboev B. et al. Explainable Generative AI: An Incremental Transparency Perspective on Techniques, Evaluation and Future Directions //Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026.
9. Norboev B. et al. ILLDet: Reliable Object Detection in Urban Underground Parking Using a Multithreaded Illumination Adapter //Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026.
10. Teece D.J. Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth. – Oxford: Oxford University Press, 2009. – 286 p.
11. Goldfarb A., Tucker C. Digital Economics // Journal of Economic Literature. – 2019. – Vol. 57(1). – P. 3–43.
12. Rustamov A.B. Raqamli iqtisodiyot sharoitida korxona axborot resurslari qiymatini baholashning avtomatlashtirilgan tizimini ishlab chiqish // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. – 2026. – № 4. – B. 112–119.

KROSS-CHEYN KO'PRIKLARI SMART-KONTRAKTLARIDAGI ZAIFLIKLARNI GRAF NEYRON TARMOQLAR VA LLM INTEGRATSIYASI ORQALI TAHLIL QILISH

Islomov Nodir

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Turli blokcheyn tarmoqlari o'rtasida aktivlar va xabarlarini uzatuvchi kross-cheyn ko'priklari (cross-chain bridges) markazlashmagan moliya (DeFi) ekotizimining eng muhim, shu bilan birga eng zaif infratuzilma bo'g'iniga aylandi. Ronin, Wormhole, Nomad va Poly Network kabi ko'priklarga uyushtirilgan hujumlar natijasida bir necha milliard dollarlik aktivlar o'g'irlangan bo'lib, ushbu zaifliklarning aksariyati bir nechta blokcheyn, smart-kontraktlar va zanjirdan tashqari (off-chain) relayerlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir mantiqida yashiringan. An'anaviy statik tahlil vositalari va bitta kontraktga yo'naltirilgan grafga asoslangan modellar bunday ko'p zanjirli semantik bog'liqliklarni to'liq qamrab ola olmaydi. Ushbu maqolada ko'priklarning manba va maqsad zanjirlardagi kontraktlari hamda ular o'rtasidagi hodisa-ishlov beruvchi (event-handler) aloqalarini yagona geterogen graf ko'rinishida modellashtiruvchi, graf neyron tarmoq (GNN) yordamida xavfli qism-graflarni lokalizatsiya qiluvchi va Katta til modeli (LLM) orqali ularning semantik tahlilini amalga oshiruvchi gibril arxitektura taklif etiladi. 40 ta real ko'priklarning ustida o'tkazilgan dastlabki tajribalarda taklif etilgan yondashuv 90.1% aniqlik (precision) va 85.3% to'liqlik (recall) ko'rsatkichlariga erishib, faqat LLM asosidagi auditga nisbatan soxta musbat (false-positive) natijalar sonini 5 barobardan ortiq kamaytirdi.

Kalit so'zlar: kross-cheyn ko'priklari, smart-kontraktlar, graf neyron tarmoqlar (GNN), katta til modellari (LLM), geterogen graf, zaifliklarni aniqlash, blokcheyn interoperabelligi, axborot xavfsizligi, Solidity.

Аннотация. Кросс-чейн мосты (cross-chain bridges), обеспечивающие передачу активов и сообщений между различными блокчейн-сетями, стали одним из наиболее критичных и одновременно наиболее уязвимых элементов инфраструктуры децентрализованных финансов (DeFi). В результате атак на мосты Ronin, Wormhole, Nomad и Poly Network были похищены активы на сумму в несколько миллиардов долларов, причем большинство уязвимостей скрыто в логике взаимодействия между несколькими блокчейнами, смарт-контрактами и внесетевыми (off-chain) ретрансляторами. Традиционные средства статического анализа и графовые модели, ориентированные на отдельный контракт, не способны полностью учитывать такие межсетевые семантические зависимости. В данной статье предлагается гибридная архитектура, которая представляет контракты моста в исходной и целевой сетях, а также связи «событие–обработчик» между ними в виде единого гетерогенного графа, локализует потенциально опасные подграфы с помощью графовой нейронной сети (GNN) и выполняет их семантический анализ посредством большой языковой модели (LLM). В предварительных экспериментах на 40 реальных проектах мостов предложенный подход достиг точности 90,1% и полноты 85,3%, сократив число ложноположительных срабатываний более чем в 5 раз по сравнению с аудитом только на основе LLM.

Ключевые слова: кросс-чейн мосты, смарт-контракты, графовые нейронные сети (GNN), большие языковые модели (LLM), гетерогенный граф, обнаружение уязвимостей, интероперабельность блокчейнов, информационная безопасность.

Abstract. Cross-chain bridges, which transfer assets and messages between heterogeneous blockchain networks, have become one of the most critical and, at the same time, most vulnerable components of the decentralized finance (DeFi) infrastructure. Attacks on bridges such as Ronin, Wormhole, Nomad and Poly Network have resulted in losses of several billion US dollars, and most of the exploited flaws reside not in a single contract but in the interaction logic between multiple chains, smart contracts and off-chain relayers. Conventional static analyzers and single-contract graph-based detectors fail to capture such inter-chain semantic dependencies. In this paper, we propose a hybrid framework that models the source-chain and destination-chain bridge contracts, together with the event–handler links between them, as a unified heterogeneous graph; employs a relational graph attention network (GNN) to localize high-risk subgraphs; and delegates their semantic interpretation to a Large Language Model (LLM), whose exploit hypotheses are subsequently validated through fork-based transaction replay. Preliminary experiments on 40 real-world bridge projects show that the framework achieves 90.1% precision and 85.3% recall, reducing false positives by more than a factor of five compared with LLM-only auditing.

Keywords: cross-chain bridges, smart contracts, graph neural networks (GNN), Large Language Models (LLMs), heterogeneous graph, vulnerability detection, blockchain interoperability, cybersecurity, Solidity.

KIRISH

Blokcheyn ekotizimini ko‘p zanjirli (multi-chain) bosqichga o‘tishi Ethereum, BNB Chain, Polygon, Avalanche va boshqa tarmoqlar o‘rtasida aktivlar hamda ma’lumotlarni erkin uzatish zaruriyatini yuzaga keltirdi. Ushbu vazifani kross-cheyn ko‘priklari (cross-chain bridges) bajaradi: foydalanuvchi manba zanjirda (source chain) tokenlarni maxsus smart-kontraktda bloklaydi (lock), zanjirdan tashqaridagi relayerlar yoki validatorlar bu hodisani tasdiqlaydi, maqsad zanjirda (destination chain) esa unga mos «o‘ralgan» (wrapped) tokenlar zarb qilinadi (mint). Natijada ko‘prik

kontraktlari bir vaqtning o'zida yuzlab million dollarlik likvidlikni saqlovchi yirik moliyaviy omborga aylanadi.

Aynan shu sababli ko'priklar xakerlar uchun eng jozibador nishonga aylandi. 2021–2022-yillarda Poly Network (~611 mln dollar), Ronin (~624 mln dollar), Wormhole (~326 mln dollar) va Nomad (~190 mln dollar) ko'priklariga uyushtirilgan hujumlar blokcheyn tarixidagi eng yirik o'g'irliklar qatoridan joy oldi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, bu hujumlarning aksariyati oddiy sintaktik xatolar emas, balki imzolarni tekshirish mantiqidagi kamchiliklar, soxta depozit hodisalarini qabul qilish, xabarlarini qayta yuborish (replay) va noto'g'ri initsializatsiya kabi zanjirlararo semantik zaifliklar oqibatida yuzaga kelgan.

Mavjud tahlil vositalari bu muammoni faqat qisman hal etadi. Slither kabi statik analizatorlar oldindan belgilangan sintaktik qoliplar asosida ishlaydi va ko'priknining ikki tomoni o'rtasidagi mantiqiy bog'liqlikni ko'rmaydi. Graf neyron tarmoqlarga (Graph Neural Networks – GNN) asoslangan detektorlar kontrakt kodining strukturaviy xususiyatlarini samarali o'rganadi, biroq ular bitta kontrakt doirasida qurilgan graflar bilan ishlaydi va aniqlangan xavfni inson tushunadigan tarzda izohlab bera olmaydi. Katta til modellari (Large Language Models – LLMs) esa kod semantikasini yaxshi idrok etsa-da, ko'p kontraktli yirik tizimlarda kontekst hajmi cheklovi va «gallyutsinatsiya» muammosiga duch keladi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — kross-cheyn ko'prigini yaxlit geterogen graf sifatida modellashtirib, GNN yordamida xavfli qism-graflarni aniqlaydigan, LLM vositasida ularning semantik mazmunini tahlil qiladigan va natijalarni amaliy tekshiruv orqali tasdiqlaydigan gibrid zaifliklarni aniqlash tizimini ishlab chiqishdan iborat.

KROSS-CHEYN KO'PRIKLARINING XAVFSIZLIK MODEL VA ZAIFLIKLAR TASNIFI

Kross-cheyn ko'prigining xavfsizligi bitta kontraktning emas, balki uch komponentdan iborat tizimning to'g'ri ishlashiga bog'liq: 1) manba zanjirdagi bloklash (lock/deposit) kontrakti; 2) hodisalarni kuzatuvchi va tasdiqlovchi zanjirdan tashqari relaylar yoki validatorlar to'plami; 3) maqsad zanjirdagi zarb qilish yoki chiqarish (mint/release) kontrakti. Ushbu komponentlar o'rtasidagi aloqa asinxron bo'lib, ular turli virtual mashinalar va konsensus mexanizmlari muhitida ishlaydi.

Ko'priknining asosiy xavfsizlik talabi — maqsad zanjirda zarb qilingan har bir aktiv manba zanjirdagi haqiqiy va yagona bloklash operatsiyasiga mos kelishidir. Aytaylik, $Lock_S$ — manba zanjirdagi tasdiqlangan bloklash hodisalari to'plami, $Mint_D$ — maqsad zanjirdagi zarb qilish operatsiyalari to'plami bo'lsin. U holda ko'prikninvarianti quyidagicha ifodalanadi:

$$\forall m \in Mint_D \quad \exists! l \in Lock_S : id(m) = id(l) \wedge amount(m) \leq amount(l) \quad (1)$$

Bu yerda $id(\cdot)$ — kross-cheyn xabarining noyob identifikatori (nonce yoki xesh qiymati). Mazkur invariantning buzilishi ikki xil ko'rinishda namoyon bo'ladi: bloklash hodisasiz zarb qilish (soxta depozit, imzoni chetlab o'tish) yoki bitta bloklash hodisasi asosida bir necha marta zarb qilish (replay). Adabiyotlar tahlili asosida ushbu tadqiqotda ko'priknin zaifliklari oltita sinfga ajratildi: imzo verifikatsiyasini chetlab o'tish (Wormhole), soxta depozit hodisasini qabul qilish (Qubit), xabarni qayta yuborish (replay), noto'g'ri initsializatsiya (Nomad), kirish nazoratining buzilishi (Poly Network) hamda relaylar va validatorlar ishonch modelidagi zaifliklar (Ronin).

Muhim jihati shundaki, (1) invariantning buzilishi ko'pincha na manba, na maqsad kontraktining o'zida alohida ko'rilmaydi — u faqat ikkala kontrakt va ular o'rtasidagi xabarlar oqimi birgalikda ko'rib chiqilgandagina namoyon bo'ladi. Aynan shu xususiyat tizimni graf ko'rinishida yaxlit modellashtirishni zarur qiladi.

TAKLIF ETILAYOTGAN GNN VA LLM INTEGRATSIYASIGA ASOSLANGAN GIBRID ARHITEKTURA

Ishlab chiqilgan tizim to'rt bosqichli konveyer (pipeline) asosida faoliyat yuritadi. Tizim kiruvchi ma'lumot sifatida ko'priknin manba va maqsad zanjirlardagi Solidity kontraktlari hamda relayer konfiguratsiyasini qabul qiladi.

1-bosqich: Kross-cheyn geterogen grafini qurish (Cross-Chain Graph Construction). Har bir kontraktning oraliq ko'rinishi (Slither IR) asosida funksiyalar, holat o'zgaruvchilari, hodisalar (events), tashqi chaqiruvlar va imzo tekshiruvi (ecover) operatsiyalari graf tugunlari sifatida ajratiladi. Tugunlar o'rtasida boshqaruv oqimi (control flow), ma'lumotlar oqimi (data flow) va chaqiruv (call) qirralari o'rnatiladi. Tizimning asosiy yangiligi — maxsus kross-cheyn qirralari bo'lib, ular manba zanjirda emit qilingan hodisani maqsad zanjirdagi unga ishlov beruvchi funksiya bilan bog'laydi. Natijada $G = (V, E, R)$ ko'rinishidagi geterogen graf hosil bo'ladi, bu yerda R — qirralar turlari to'plami.

2-bosqich: GNN yordamida xavfli qism-graflarni lokalizatsiya qilish (Risk Localization). Grafni qayta ishlash uchun relyatsion graf e'tibor tarmog'i (Relational Graph Attention Network) qo'llaniladi. Har bir l-qatlamda tugunning yashirin vektori quyidagi formula bo'yicha yangilanadi:

$$h_v^{(l+1)} = \sigma \left(\sum_{r \in R} \sum_{u \in N_r(v)} \alpha_{vu}^r \cdot W_r^{(l)} \cdot h_u^{(l)} \right) \quad (2)$$

Bu yerda $N_r(v)$ — v tugunning r turdagi qo'shnilari, α_{vu}^r — e'tibor koeffitsienti, $W_r^{(l)}$ — o'rganiladigan og'irliklar matritsasi, σ — nochiziqli faollashtirish funksiyasi. Oxirgi qatlamdan so'ng har bir tugun uchun xavf darajasi $s_v = \text{sigmoid}(w^T h_v)$ hisoblanadi va $s_v \geq \tau$ shartni qanoatlantiruvchi tugunlar atrofidagi qism-graf keyingi bosqichga uzatiladi. Bu yondashuv LLM ga butun kod bazasini emas, faqat eng xavfli 5–10% qismini taqdim etish orqali kontekst hajmi cheklovi muammosini hal qiladi.

3-bosqich: LLM asosida semantik tahlil (Semantic Reasoning). Ajratilgan qism-graf unga mos kod bo'laklari (code slices) bilan birga LLM ga uzatiladi. Chain-of-Thought uslubidagi prompt orqali modelga zaiflik sinfini aniqlash, (1) invariant qaysi tranzaksiyalar ketma-ketligida buzilishini tushuntirish va ekspluatatsiya gipotezasini (exploit hypothesis) shakllantirish vazifasi yuklanadi. GNN tomonidan hisoblangan e'tibor koeffitsientlari promptga qo'shimcha signal sifatida kiritiladi, bu esa model diqqatini haqiqatan ham xavfli kod qatorlariga qaratadi.

4-bosqich: Gipotezani tasdiqlash va qayta aloqa (Validation and Feedback). LLM tomonidan taklif etilgan har bir ekspluatatsiya gipotezasi Foundry muhitida tarmoq nusxasi (fork) ustida avtomatik test sifatida qayta bajariladi. Agar test invariant buzilishini amalda ko'rsatsa, zaiflik tasdiqlangan deb hisoblanadi; aks holda signal rad etiladi. Tasdiqlangan holatlar yangi belgilangan misollar sifatida GNN ni qayta o'qitish uchun ishlatiladi (active learning), bu esa tizimning vaqt o'tishi bilan takomillashib borishini ta'minlaydi.

EKSPERIMENTAL TAHLIL VA NATIJALAR

Taklif etilgan tizimni baholash maqsadida ochiq manbali 40 ta kross-cheyn ko'prigi loyihasidan iborat tajriba to'plami (dataset) shakllantirildi. To'plamga real ekspluatatsiya qilingan ko'priklarning hujumdan oldingi versiyalari, ommaviy audit hisobotlarida qayd etilgan zaifliklar hamda XScope ishida tavsiflangan hujum namunalari kiritildi. Umumiy hisobda to'plam yuqorida keltirilgan oltita sinfga oid 75 ta tasdiqlangan zaiflikni o'z ichiga oladi. GNN modeli loyiha darajasidagi 5 blokli kross-validatsiya (5-fold cross-validation) usulida o'qitildi va baholandi, natijalar barcha bloklar bo'yicha jamlandi.

Taqqoslash uchun quyidagi to'rtta yondashuv sinovdan o'tkazildi: 1) An'anaviy statik tahlil (Slither v0.10); 2) Bitta kontraktga yo'naltirilgan GNN detektor ; 3) Faqat LLM orqali audit qilish (Zero-shot GPT-4o); 4) Taklif etilayotgan gibrid tizim (Kross-cheyn GNN + LLM + tasdiqlash).

1-jadval

Kross-cheyn ko'priklari zaifliklarini aniqlash usullari samaradorligining taqqoslanishi

Tahlil usuli	Aniqlangan zaifliklar (TP)	O'tkazib yuborilgan (FN)	Soxta musbat (FP)	Aniqlik (Precision, %)	To'liqlik (Recall, %)	F1-o'lchov (%)
Statik tahlil (Slither)	29 ta	46 ta	51 ta	36.3 %	38.7 %	37.4 %
Bitta kontraktli GNN	44 ta	31 ta	33 ta	57.1 %	58.7 %	57.9 %
Faqat LLM audit (GPT-4o)	47 ta	28 ta	38 ta	55.3 %	62.7 %	58.8 %
Taklif etilgan model (GNN + LLM)	64 ta	11 ta	7 ta	90.1 %	85.3 %	87.7 %

1-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, statik tahlil ko'priklarning ikki tomoni o'rtasidagi bog'liqlikni ko'ra olmaganligi sababli zaifliklarning yarmidan ko'pini o'tkazib yuborgan (Recall 38.7%) va eng ko'p soxta signal (51 ta) bergan. Bitta kontraktli GNN detektor strukturaviy qoliplarni yaxshiroq aniqlagan, biroq kross-cheyn qirralari mavjud emasligi sababli soxta depozit va replay turidagi zaifliklarni tanib olishda qiynalgan. Faqat LLM asosidagi audit semantik jihatdan kuchliroq bo'lsa-da, katta kod bazasida diqqatning tarqalib ketishi va «gallyutsinatsiya» oqibatida 38 ta soxta musbat natija qayd etgan. Taklif etilgan modelda esa GNN LLM diqqatini eng xavfli qism-graflarga yo'naltiradi, tasdiqlash bosqichi esa amalda isbotlanmagan gipotezalarni rad etadi, natijada soxta signallar soni bor-yo'g'i 7 taga tushdi va aniqlik 90.1% ni tashkil etdi.

2-jadval

Taklif etilgan modelning zaiflik sinflari bo'yicha to'liqlik ko'rsatkichlari

Zaiflik sinfi	Tarixiy misol	Zaifliklar soni	Aniqlangan (TP)	To'liqlik (Recall, %)
Imzo verifikatsiyasini chetlab o'tish	Wormhole	16 ta	15 ta	93.8 %
Soxta depozit hodisasi	Qubit	14 ta	13 ta	92.9 %
Xabarni qayta yuborish (replay)	—	12 ta	11 ta	91.7 %
Noto'g'ri initsializatsiya	Nomad	9 ta	8 ta	88.9 %
Kirish nazoratining buzilishi	Poly Network	13 ta	11 ta	84.6 %
Relayer/validator ishonch modeli	Ronin	11 ta	6 ta	54.5 %
Jami		75 ta	64 ta	85.3 %

2-jadvaldan ko'rinadiki, model kod darajasida ifodalangan zaifliklarni (imzo verifikatsiyasi, soxta depozit, replay) 90% dan yuqori to'liqlik bilan aniqlaydi. Eng past natija (54.5%) relayer va validatorlar ishonch modeli bilan bog'liq zaifliklarda kuzatildi. Bu tabiiy holat, chunki Ronin kabi

hujumlar kontrakt kodidagi xato emas, balki zanjirdan tashqari kalitlarni boshqarish va validatorlarning markazlashuvi bilan bog'liq bo'lib, ular smart-kontrakt grafida to'liq aks etmaydi.

MUHOKAMA VA ILMIY AHAMIYATI

Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, graf neyron tarmoqlar va Katta til modellari bir-birini to'ldiruvchi vositalardir: GNN tizimning global strukturasini «ko'radi», LLM esa aniqlangan xavfli qismning ma'nosini «tushunadi», tasdiqlash bosqichi esa har ikkalasining xulosasini amaliy dalil bilan mustahkamlaydi. Ilmiy yangilik sifatida ko'priknining ikki zanjirdagi kontraktlarini yagona geterogen grafda birlashtiruvchi kross-cheyn qirralari tushunchasi hamda GNN e'tibor koeffitsientlarini LLM promptiga integratsiya qilish usuli taklif etildi. Shu bilan birga quyidagi ochiq muammolar saqlanib qolmoqda: 1) EVM bo'lmagan zanjirlar (Solana, Cosmos, Move-asosidagi tarmoqlar) kontraktlarini yagona graf formatiga keltirish murakkabligi; 2) zanjirdan tashqari komponentlar (relay kodi, kalitlarni boshqarish siyosati) xavfsizligini modellashtirish; 3) belgilangan kross-cheyn zaifliklar to'plamlarining hajmi kichikligi. Kelgusidagi ilmiy izlanishlar relay dasturiy ta'minotini ham grafga qo'shish, ko'p agentli LLM arxitekturasini joriy etish hamda aniqlangan zaifliklar uchun tushuntiriladigan (explainable) hisobotlar generatsiya qilishga qaratiladi.

XULOSA

Ushbu maqolada kross-cheyn ko'priklari smart-kontraktlaridagi zaifliklarni aniqlash uchun graf neyron tarmoqlar va Katta til modellari integratsiyasiga asoslangan gibril yondashuv ishlab chiqildi. Taklif etilgan tizim ko'priknining manba va maqsad zanjirlardagi kontraktlarini yagona geterogen grafda modellashtiradi, GNN yordamida xavfli qism-graflarni aniqlaydi, LLM orqali ularning semantik tahlilini amalga oshiradi va natijalarni fork muhitidagi amaliy test bilan tasdiqlaydi. 40 ta real ko'priklarning loyihasi ustida o'tkazilgan dastlabki tajribalar tizimning 90.1% aniqlik va 85.3% to'liqlik darajasiga erishganini hamda faqat LLM asosidagi auditga nisbatan soxta ogohlantirishlarni 5 barobardan ortiq, statik tahlilga nisbatan esa 7 barobardan ortiq kamaytirganini ko'rsatdi. Mazkur metodologiya ko'priklarni blokcheynga joylashtirishdan oldin xavfsizlik auditini avtomatlashtirish va yirik moliyaviy yo'qotishlarning oldini olishda amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Zhang M., Zhang X., Barbee J., Zhang Y., Lin Z. Security of cross-chain bridges: attack surfaces, defenses, and open problems // Proceedings of the 27th International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses (RAID). – ACM, 2024.
- [2] Lee S.-S., Murashkin A., Derka M., Gorzny J. SoK: Not quite water under the bridge: review of cross-chain bridge hacks // 2023 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC). – IEEE, 2023.
- [3] Zhang J., Gao J., Li Y., Chen Z., Guan Z., Chen Z. Xscope: Hunting for cross-chain bridge attacks // Proceedings of the 37th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE). – 2022.
- [4] Feist J., Grieco G., Groce A. Slither: a static analysis framework for smart contracts // 2019 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain (WETSEB). – IEEE, 2019. – P. 8–15.
- [5] Zhuang Y., Liu Z., Qian P., Liu Q., Wang X., He Q. Smart contract vulnerability detection using graph neural networks // Proceedings of the 29th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI). – 2020. – P. 3283–3290.

- [6] Liu Z., Qian P., Wang X., Zhuang Y., Qiu L., Wang X. Combining graph neural networks with expert knowledge for smart contract vulnerability detection // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2023. – Vol. 35, No. 2. – P. 1296–1310.
- [7] Sun Y., Wu D., Xue Y., Liu H., Wang H., Xu Z., Xie X., Liu Y. GPTScan: Detecting logic vulnerabilities in smart contracts by combining GPT with program analysis // Proceedings of the IEEE/ACM 46th International Conference on Software Engineering (ICSE). – 2024.
- [8] Veličković P., Cucurull G., Casanova A., Romero A., Liò P., Bengio Y. Graph attention networks // International Conference on Learning Representations (ICLR). – 2018.
- [9] Liu Y., Xue Y., Wu D., Sun Y., Li Y., Shi M., Liu Y. PropertyGPT: LLM-driven formal verification of smart contracts through retrieval-augmented property generation // Network and Distributed System Security Symposium (NDSS). – 2025.
- [10] Norboyev B., Islomov N., Berdiev G., Rustamov A. Explainable generative AI: an incremental transparency perspective on techniques, evaluation and future directions // Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026. – P. 1017–1026.

BIOINFORMATIKA TA'LIMIDA BIOLOGIK SIGNALLAR VA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA TA'LIM NATIJALARI HAMDA KOMPETENSIYALAR TIZIMI

Pardayeva Gulmira Abdunazarovna

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada oliy ta'lim tizimida bioinformatika fanini biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari bilan integratsiyalashgan holda o'qitishda ta'lim natijalari hamda kompetensiyalar tizimini shakllantirish masalalari tadqiq qilingan. Xalqaro Hisoblash Biologiyasi Jamiyati (ISCB v.3) hamda UNESCO kompetensiya ramkalari, konstruktiv moslik tamoyili va Blum-Anderson taksonomiyasiga asoslangan holda talabalarda shakllantirilishi lozim bo'lgan oltita ta'lim natijasi sohasi hamda yettita asosiy kompetensiya bloki aniqlashtirildi. Biosignallar (EKG, EEG, EMG, PPG) bilan ishlash jarayonida algoritmik-tahliliy fikrlash, SI savodxonligi, vizual-analitik talqin va bioetik mas'uliyat ko'nikmalarini reproduktiv, produktiv hamda kreativ-tadqiqot darajalarida baholash mexanizmlari tizimlashtirildi.*

***Kalit so'zlar:** bioinformatika ta'limi, biologik signallar, ta'lim natijalari, kompetensiyalar tizimi, sun'iy intellekt, konstruktiv moslik, algoritmik tafakkur, baholash rubrikasi.*

***Аннотация.** В данной статье исследуются вопросы формирования системы результатов обучения и компетенций при преподавании биоинформатики на основе оцифровки биологических сигналов и технологий искусственного интеллекта (ИИ) в высшем образовании. На основе стандартов Международного общества вычислительной биологии (ISCB v.3), рамок компетенций ЮНЕСКО, принципа конструктивного согласования и таксономии Блума-Андерсона определены шесть ключевых областей результатов обучения и семь базовых компетенций. Систематизированы механизмы поэтапного развития алгоритмического и аналитического мышления, грамотности в области ИИ, визуально-аналитической интерпретации и биоэтической ответственности на репродуктивном, продуктивном и креативно-исследовательском уровнях.*

Ключевые слова: биоинформатическое образование, биологические сигналы, результаты обучения, система компетенций, искусственный интеллект, конструктивное согласование, алгоритмическое мышление, рубрика оценки.

Abstract. *This paper examines the formulation of an educational outcomes and competency framework for bioinformatics instruction grounded in biological signal digitization and artificial intelligence (AI) technologies in higher education. Synthesizing the International Society for Computational Biology (ISCB v.3) guidelines, UNESCO AI frameworks, constructive alignment theory, and the Bloom-Anderson taxonomy, six core learning outcome domains and seven fundamental competencies are established. The mechanisms for cultivating and assessing algorithmic-analytical reasoning, AI literacy, visual-interpretative acumen, and bioethical responsibility across reproductive, productive, and creative-research tiers are systematically structured.*

Keywords: *bioinformatics education, biological signals, learning outcomes, competency framework, artificial intelligence, constructive alignment, algorithmic thinking, assessment rubrics.*

KIRISH

Oliy ta'lim tizimida bioinformatika fanini biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari bilan integratsiyalashgan holda o'qitishda metodikaning natijaviy qismi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Har qanday innovatsion didaktik modelning pedagogik samaradorligi faqat qo'llanilayotgan texnologik vositalar bilan emas, balki talabalarda shakllanadigan aniq o'lchanadigan kasbiy kompetensiyalar, ularning diagnostik indikatorlari va baholash mezonlari bilan belgilanadi.

Zamonaviy bioinformatika ta'limi talabani biologik signalni (EKG, EEG, EMG, PPG) olish, raqamli ko'rinishga keltirish, algoritmik qayta ishlash, SI modellari yordamida tahlil qilish, vizual natijalarni talqin etish hamda ilmiy-pedagogik xulosalar chiqarishga yo'naltirilgan integral faoliyat subyektiga aylantirishni taqozo etadi. Xalqaro Hisoblash Biologiyasi Jamiyatining (ISCB) v.3 kompetensiya ramkasida ham bioinformatika bo'yicha fundamental bilim, hisoblash amaliyoti va qadriyatli munosabatlar birligi asosiy mezon sifatida e'tirof etilgan. Shu munosabat bilan, bioinformatika ta'limida kutiladigan ta'lim natijalari va kompetensiyalar tizimini ilmiy asoslash hamda ularning bosqichma-bosqich shakllanish mexanizmlarini ishlab chiqish dolzarb pedagogik vazifadir.

TA'LIM NATIJALARI VA KOMPETENSIYALAR TIZIMINING METODOLOGIK ASOSLARI

Tadqiqotda ishlab chiqilgan kompetensiyalar tizimi to'rtta asosiy metodologik poydevorga tayanadi: birinchidan, D. Biggsning konstruktiv moslik tamoyili (ta'lim maqsadi, o'quv topshirig'i va baholash mezonlarining o'zaro uzviyligi); ikkinchidan, D. Kolbning faol va tajribaviy o'rganish nazariyasi (talabani ochiq yoki real biosignal datasetlari bilan bevosita ishlashi); uchinchidan, hisoblash va algoritmik tafakkur konsepsiyasi (biologik hodisani matematik-dasturiy model orqali ifodalash); to'rtinchidan, UNESCOning mas'uliyatli SI yondashuvi (model natijalarini etik, shaffof va tushuntiriladigan tarzda qo'llash).

Ushbu metodologik asoslar bioinformatika fanida ta'lim natijalarini oltita asosiy soha bo'yicha tizimlashtirish imkonini berdi (1-jadval). Mazkur natijalar alohida-alohida faktlar emas, balki bir-birini mantiqan to'ldiruvchi yaxlit zanjir sifatida namoyon bo'ladi.

1-jadval. Biologik signallar va SI asosida o'qitishda kutiladigan ta'lim natijalari tizimi

Natija sohasi	Talaba bajarishi lozim bo'lgan amaliy faoliyat	Kutiladigan pedagogik natija
Bilim natijasi	Biosignal, diskretlash, filtrlash, belgi ajratish (feature extraction), klassifikatsiya va model metrikalarini izohlaydi.	Bioinformatika mazmunini raqamli ma'lumotlar va SI tushunchalari bilan bog'laydi.
Amaliy natija	EKG, EEG, EMG yoki PPG tipidagi ochiq signal fayllarini yuklaydi, dastlabki ishlov beradi va grafik ko'rinishda taqdim etadi.	Laboratoriya ko'nikmasi va raqamli dasturiy vositalardan foydalanish malakasi shakllanadi.
Algoritmik natija	Masalani bosqichlarga ajratadi, algoritmik ketma-ketlikni tuzadi, Python kod fragmentini tahlil qiladi.	Algoritmik va tizimli hisoblash tafakkuri barqaror rivojlanadi.
SIga oid natija	Oddiy ML/DL modelini qo'llaydi, o'qitish-test natijalarini metrikalar orqali qiyosiy solishtiradi.	Model natijasini tanqidiy baholash va mas'uliyatli foydalanish ko'nikmasi shakllanadi.
Vizual-analitik natija	Signal grafigi, spektr, confusion matrix, ROC egri chizig'i yoki feature importance natijalarini talqin qiladi.	Vizual grafik dalillardan ilmiy xulosa chiqarish malakasi rivojlanadi.
Reflektiv natija	Xatolik manbalarini aniqlaydi, qayta ishlash strategiyasini taklif qiladi, o'z ishini rubrika asosida baholaydi.	O'z-o'zini baholash, mustaqil rivojlanish va tadqiqot mas'uliyati shakllanadi.

INTEGRATIV KOMPETENSIYALAR TARKIBI VA DARAJALI SHAKLLANTIRISH TRAYEKTORIYASI

Tadqiqot doirasida biosignallar va SI vositalari asosida talabalarda shakllantiriladigan yettita asosiy kompetensiya bloki tizimlashtirildi: algoritmik-tahliliy fikrlash, biosignal va ma'lumotlar bilan ishlash, SI va raqamli-texnologik kompetensiya, vizual-analitik talqin, ilmiy-tadqiqot va loyiha kompetensiyasi, bioetik va mas'uliyatli SI hamda kommunikativ-reflektiv kompetensiya (2-jadval).

2-jadval. Kompetensiyalar tarkibi, indikatorlari va namoyon bo'lish shakllari

Kompetensiya turi	Asosiy baholash indikatorlari	Namoyon bo'lish shakli
Algoritmik-tahliliy fikrlash	Masalani bosqichlarga ajratish, algoritm tanlash, xatolikni tahlil qilish, hisoblash metrikalarini izohlash.	Signalni qayta ishlash algoritmi sxemasi, kod fragmenti, tahliliy izoh.
Biosignal bilan ishlash	Signal formatini bilish, diskretlash chastotasi (sampling rate), shovqin, artefakt, segmentatsiya va normalizatsiya amallari.	Laboratoriya protokoli, dataset tavsifi, dastlabki ishlov berish natijalari.
SI va raqamli kompetensiya	ML/DL modelini qo'llash, o'qitish-test to'plamlarini ajratish, accuracy, precision, recall, F1 metrikalarini solishtirish.	Python/Colab daftari, model parametrlari, metrika jadvali.
Vizual-analitik talqin	Grafik va diagrammalarni o'qish, vizual dalildan biologik xulosa	Signal grafigi, confusion matrix, feature importance tahliliy sharhi.

	chiqarish, tushuntiriluvchi SI (XAI) natijasini izohlash.	
Ilmiy-tadqiqot va loyiha	Muammo, gipoteza, metod, hisoblash tajribasi, xulosa va tavsiyalar ketma-ketligini mustaqil tashkil etish.	Mini-loyiha hisoboti, ilmiy taqdimot, loyiha himoyasi.
Bioetik va mas'uliyatli SI	Maxfiylik, anonimlashtirish, algoritmik noxolislik (bias), model cheklovi va xulosalarning ehtiyotkor talqiniga amal qilish.	Etik chek-list, cheklovlar tahlili, ma'lumotdan foydalanish bayoni.
Kommunikativ-reflektiv	Guruhda ishlash, o'z kodini himoya qilish, tengdoshlar bahosini qabul qilish, xatodan xulosa chiqarish.	Reflektiv kundalik, peer-review varaqasi, loyiha muhokamasi.

KOMPETENSIYALARNI BOSQICHMA-BOSQICH SHAKLLANTIRISH VA BAHOLASH MEXANIZMLARI

Mazkur kompetensiyalarni shakllantirish jarayoni Blum-Anderson taksonomiyasiga mos ravishda uchta ierarxik darajada tashkil etiladi: 1) Reprodukativ daraja – talaba asosiy tushunchalarni biladi, tayyor kod va grafik misollarni o'qituvchi ko'rsatmasi bo'yicha takrorlaydi; 2) Produktiv daraja – talaba berilgan biosignal dataseti ustida mustaqil ishlaydi, filtrlash va belgi ajratish algoritmini qo'llaydi, model natijalarini hisoblaydi va metrikalarni solishtiradi; 3) Kreativ-tadqiqot darajasi – talaba yangi vaziyatda mustaqil tadqiqot loyihasini ishlab chiqadi, gipoteza ilgari suradi, model cheklovlarini asoslaydi va takomillashtirish yo'llarini himoya qiladi.

Kompetensiyalarni bosqichma-bosqich shakllantirish besh bo'g'inli didaktik trayektoriya asosida kechadi: dastlabki motivatsiya va diagnostika bosqichida talabalarning tayanch bilimlari aniqlanadi; ikkinchi bosqichda biologik signalning fiziologik manbai va raqamli formati o'rganiladi; uchinchi bosqichda Python va tegishli kutubxonalar vositasida algoritmik ishlov berish bajariladi; to'rtinchi bosqichda mashinali o'qitish modeli o'qitilib, uning metrikalari baholanadi; beshinchi bosqichda esa vizual tahlil, xatoliklar refleksiya va mini-loyiha himoyasi amalga oshiriladi.

Kompetensiyalarni baholash tizimi kirish diagnostik testi, laboratoriya protokollari, Python kod daftari, vizual talqin topshiriqlari, loyiha portfeli hamda refleksiv kundalik kabi ko'p komponentli diagnostik vositalar majmuiga tayanadi. Har bir topshiriq uchun ishlab chiqilgan shaffof baholash rubrikalari talabalarda o'z-o'zini baholash va o'zaro baholash madaniyatini yuksaltiradi. Mazkur tizimda o'quvchining xatosi jazolash obyekti emas, balki kognitiv yetishmovchilikni aniqlash va individual korreksiyalash indikatorlari sifatida talqin qilinadi.

O'quv jarayonida mazkur kompetensiyalar tizimining joriy etilishi talabalarni passiv tinglovchilikdan faol hisoblash biologiyasi mutaxassisi darajasiga olib chiqadi. Talaba biologik muammoni raqamli ma'lumotga aylantirish, sun'iy intellekt vositalaridan mas'uliyat bilan foydalanish va olingan natijalarning ishonchliligini mustaqil tahlil qilish ko'nikmalarini to'liq egallaydi.

Kompetensiyaviy tizimning fanlararo ochiqligi uni nafaqat elektrokardiografiya yoki elektroensefalografiya, balki elektromiografiya, fotopletizmografiya hamda biometrik harakat signallarini qayta ishlashga doir turli amaliy laboratoriya kurslariga moslashtirish imkonini beradi. Har bir modulda talabaning hisoblash tajribasi bevosita biologik obyektning xatti-harakati bilan bog'lanadi.

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan baholash mezonlari beshta integral blokni qamrab oladi: kognitiv mezon (nazariy tushunchalarni izohlash), amaliy-texnologik mezon (dasturiy muhitda ishlash ko'nikmasi), analitik mezon (model natijalari va metrikalarini qiyoslash), vizual-kommunikativ mezon (grafik dalillar asosida ilmiy xulosa yasash) hamda reflektiv-etik mezon (ma'lumotlar maxfiyligi va akademik halollikka rioya etish).

Pedagogik tajriba-sinov ishlari mazkur kompetensiyaviy yondashuv talabalarning mustaqil tahlil qilish tezligini o'ttiz foizdan ziyod oshirishini, algoritmik xatoliklarni aniqlash va bartaraf etish layoqatini esa qirq besh foizga yaxshilashini ko'rsatdi. Bo'lajak mutaxassislarda sun'iy intellekt xulosalariga nisbatan tanqidiy fikrlash immuniteti shakllanadi.

Ushbu natijalar bioinformatika ta'limini mehnat bozorining dolzarb talablariga moslashtirish, biotibbiyot injiniringi va tibbiy axborot tizimlari sohasida yuqori malakali, raqobatbardosh kadrlar tayyorlash samaradorligini kafolatlaydi.

XULOSA

Bioinformatika fanida biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida ta'lim natijalari hamda kompetensiyalar tizimini ishlab chiqish oliy ta'lim sifatini oshirishning muhim strategik omilidir. Konstruktiv moslik tamoyili va darajali yondashuvga asoslangan ushbu tizim talabalarda fundamental biologik bilimlar bilan bir qatorda hisoblash tafakkuri, algoritmik tahlil, mashinali o'qitish savodxonligi, vizual-analitik talqin hamda bioetik mas'uliyatni uyg'un shakllantiradi. Mazkur metodik tizim oliy ta'lim muassasalarida zamonaviy biotibbiyot muhandisligi va bioinformatika bo'yicha yangi avlod o'quv dasturlari hamda baholash rubrikalarini loyihalashda mustahkam nazariy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Brooksbank C., Mulder N., Welch L., et al. The ISCB competency framework v.3: a revised and extended standard for bioinformatics education and training // *Bioinformatics Advances*. – 2024. – Vol. 4(1). – Article vbaf166.
2. Piccolo S.R., Lee J., Barone L., et al. Opportunities and considerations for using artificial intelligence in bioinformatics education // *Bioinformatics Advances*. – 2025. – Vol. 5(1). – Article vbaf169.
3. Abdunazarovna P. G. Bioinformatik tizimlarda biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellekt asosida tahlil qilishning matematik hamda dasturiy ta'minotini ishlab chiqish // *Raqamli Transformatiya va Sun'iy Intellekt*. – 2026. – T. 4. – №. 2. – C. 102-107.
4. Abdunazarovna P. G. Sun'iy Intellekt Asosida Biologik Signallarni Qayta Ishlash Tizimlarining Matematik Modeli Va Dasturiy Arxitekturasini Ishlab Chiqish // *Raqamli Transformatiya va Sun'iy Intellekt*. – 2026. – T. 4. – №. 4. – C. 173-177.
5. Zohirov, K., Boykobilov, S., Pardayeva, G.,... & Nasimov, R. (2026). An Intelligent Wearable EMG Sensing Framework for Athlete Neuromuscular Monitoring and Performance Progression Assessment. *Biosensors*, 16(9), 457.
6. Zohirov K. et al. EMG-Based Recognition of Lower Limb Movements in Athletes: A Comparative Study of Classification Techniques // *Signals*. – 2025. – T. 6. – №. 3. – C. 45.

SMART-KONTRAKTLARDA DASTURCHI NIYATI VA FORMAL XAVFSIZLIK VERIFIKATSIYASINI KATTA TIL MODELLARI YORDAMIDA INTEGRATSIYA QILISH

Islomov Nodir

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. *Blokcheyn texnologiyasi va markazlashmagan ilovalarning (DApps) jadal rivojlanishi smart-kontraktlar xavfsizligini ta'minlash muammosini birinchi o'ringa olib chiqmoqda. Smart-kontraktlarning o'zgarmasligi (immutability) va ularda katta moliyaviy aktivlar aylanishi sababli har qanday mantiqiy yoki arxitekturaviy zaiflik tuzatib bo'lmas yo'qotishlarga olib keladi. Formal verifikatsiya dasturiy ta'minot to'g'riligini isbotlashning eng qat'iy matematik usuli bo'lsa-da, dasturchi niyatini (developer intent) formal spetsifikatsiyalarga (invariants, pre/post-conditions) aylantirish jarayoni yuqori malaka va vaqt talab qiladigan asosiy to'siq hisoblanadi. Ushbu maqolada tabiiy tildagi hujjatlar, NatSpec izohlari va dasturchi niyatini formal xavfsizlik spetsifikatsiyalariga avtomatik transformatsiya qilish uchun Katta til modellariga (LLM) asoslangan gibrid arxitektura taklif etiladi. Taklif etilgan yondashuv generatsiya qilingan spetsifikatsiyalarni SMT solverlar (Z3) va ramziy bajarish (symbolic execution) tizimlari bilan integratsiyalash orqali biznes-mantiqiy zaifliklarni aniqlash aniqligini (precision) 89.4% ga yetkazish hamda soxta musbat (false-positive) natijalarni sezilarli darajada kamaytirish imkonini berdi.*

Kalit so'zlar: smart-kontraktlar, formal verifikatsiya, dasturchi niyati, katta til modellari (LLM), invariantlar, ramziy bajarish, SMT solver, axborot xavfsizligi, Solidity.

Аннотация. *Стремительное развитие технологии блокчейн и децентрализованных приложений (DApps) выдвигает безопасность смарт-контрактов на первый план. Неизменяемость смарт-контрактов и управление значительными финансовыми активами делают любые логические или архитектурные уязвимости критическими. Хотя формальная верификация является наиболее строгим математическим методом доказательства корректности программного обеспечения, преобразование намерений разработчика (developer intent) в строгие формальные спецификации (инварианты, предусловия/постусловия) остается серьезным барьером. В данной статье предлагается гибридная архитектура на основе больших языковых моделей (LLM) для автоматического извлечения намерений разработчика из комментариев NatSpec и документации с последующим синтезом формальных спецификаций безопасности. Интеграция полученных спецификаций с SMT-решателями (Z3) и инструментами символьного выполнения позволила повысить точность обнаружения уязвимостей бизнес-логики до 89.4% и существенно снизить уровень ложноположительных срабатываний.*

Ключевые слова: смарт-контракты, формальная верификация, намерения разработчика, большие языковые модели (LLM), инварианты, символьное выполнение, SMT-решатель, информационная безопасность.

Abstract. *The rapid advancement of blockchain technology and decentralized applications (DApps) has positioned smart contract security as a paramount concern. Due to the immutable nature of smart contracts and the substantial financial capital they govern, subtle semantic flaws or business logic vulnerabilities frequently result in irreversible financial losses. Although formal verification*

constitutes the most rigorous mathematical framework for proving program correctness, bridging the gap between high-level developer intent and low-level formal specifications (such as invariants and temporal constraints) remains a formidable challenge. In this paper, we propose an automated pipeline that leverages Large Language Models (LLMs) to synthesize formal security specifications directly from natural language developer documentation, NatSpec annotations, and contract source code. By integrating synthesized invariants into SMT solvers (Z3) and symbolic execution engines via an iterative counterexample-guided feedback loop, our framework achieves an 89.4% detection accuracy for business logic vulnerabilities while drastically reducing false-positive rates.

Keywords: smart contracts, formal verification, developer intent, Large Language Models (LLMs), invariants, symbolic execution, SMT solver, cybersecurity, Solidity.

KIRISH

Blokcheyn texnologiyasi va markazlashmagan moliya (DeFi) ekotizimining keng qamrovli rivojlanishi hisob-kitoblar xavfsizligini avtomatlashtirilgan dasturiy darajada ta'minlashni taqozo etmoqda. Ethereum Virtual Machine (EVM) muhitida ishlovchi smart-kontraktlar an'anaviy dasturlardan o'zining deterministik bajarilishi, ommaviy ochiqqligi va eng asosiysi — o'zgarmasligi (immutability) bilan tubdan farq qiladi. Blokcheynga joylashtirilgan (deployed) smart-kontraktdagi kod xatoligi yoki noaniqlikni keyinchalik bevosita tahrirlash imkoniyati mavjud emas. Tarixiy tajriba shuni ko'rsatadiki, The DAO, Parity Multisig, Cream Finance va boshqa yirik protokollarda sodir bo'lgan ekspluatatsiyalar o'nlab million dollarlik moliyaviy yo'qotishlarga olib kelgan [1, 2].

Zamonaviy tahlil vositalari (Slither, Mythril, Securify kabi statik analizatorlar va ramziy bajarish mexanizmlari) ko'pincha sintaktik darajadagi odatiy xatoliklarni (reentrancy, integer overflow, unhandled exceptions) muvaffaqiyatli aniqlaydi. Biroq, so'nggi yillardagi xakerlik hujumlarining 70% dan ortig'i sintaktik xatolar emas, balki chuqur biznes-mantiqiy (business logic) ziddiyatlar va dasturchi niyatining koddagi noto'g'ri ifodalanishi oqibatida yuzaga kelmoqda [3]. Dasturchi ongida shakllangan xavfsizlik talablari (developer intent) hamda blokcheynda amalda bajariluvchi baytkod xatti-harakati o'rtasida jiddiy semantik uzilish (semantic gap) mavjud.

Ushbu semantik bo'shliqni to'ldirishning eng ishonchli yechimi — dasturchi niyatini matematik jihatdan qat'iy formal spetsifikatsiyalarga (invariants, pre/post-conditions) aylantirish va ularni SMT (Satisfiability Modulo Theories) solverlar yordamida verifikatsiya qilishdir. Biroq formal spetsifikatsiyalarni qo'lda yozish matematik mantiq va Certora Verification Language (CVL) kabi murakkab tillarni mukammal bilishni talab qiladi, bu esa amaliyotchi dasturchilar uchun ulkan to'siq hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi — Katta til modellari (Large Language Models – LLMs) yordamida dasturchi niyatini tabiiy tildagi manbalardan avtomatik ajratib olib, qat'iy formal spetsifikatsiyalarga transformatsiya qiluvchi hamda ularni formal tekshirish mexanizmlari bilan tutashtiruvchi gibril xavfsizlik tizimini ishlab chiqishdan iborat.

SMART-KONTRAKTLARDA DASTURCHI NIYATI VA FORMAL VERIFIKATSIYA DILEMMASI

Dasturchi niyati (developer intent) — tizim qanday sharoitlarda qanday xatti-harakatni amalga oshirishi va qanday holatlarga (state) hech qachon tushmasligi kerakligini belgilovchi xohishirodadir. Smart-kontraktlarda ushbu niyat odatda uch xil shaklda namoyon bo'ladi: 1) kod ichidagi tabiiy tildagi NatSpec (Ethereum Natural Specification) izohlari; 2) texnik hujjatlar (whitepapers, README, spetsifikatsiyalar); 3) kod konstruksiyalari (require, assert, modifier). Biroq amaliyotda tabiiy til ko'p ma'noli (ambiguous) bo'lib, dasturchi yozgan kod ushbu niyatni to'liq aks ettirmasligi yoki chekka holatlarni (edge cases) hisobga olmasligi mumkin [4].

Formal verifikatsiya esa kontrakt holatini matematik model sifatida ifodalaydi. Aytaylik, kontrakt holatlar fazosi S , boshlang'ich holat S_0 va o'tish munosabati $T: S \times A \rightarrow S$ bo'lsin, bu yerda A — tranzaksiyalar to'plami. Formal verifikatsiyaning maqsadi barcha erishiluvchi holatlarda xavfsizlik invariantining saqlanishini isbotlashdir:

$$\forall s \in \text{Reach}(S_0, T), \quad s \models \text{Inv_intent} \quad (1)$$

Bu yerda Inv_intent — dasturchi niyatini ifodalovchi formal invariant (masalan, «tizimdagi umumiy qarz garov qiymatidan oshib ketmasligi shart»). Agar dasturchi Inv_intent ni aniq matematik formulalar shaklida taqdim eta olmasa, eng ilg'or SMT solver ham xatolikni aniqlay olmaydi. Aynan shu nuqtada zamonaviy LLMlarning kod va tabiiy tilni birgalikda idrok etish (code-language multi-modal understanding) salohiyati tashkiliy ko'prik vazifasini o'tashi mumkin.

TAKLIF ETILAYOTGAN LLM-ASOSIDAGI GIBRID VERIFIKATSIYA ARXITEKTURASI

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan tizim to'rt bosqichli iterativ konveyer (pipeline) asosida faoliyat yuritadi (1-rasmga qarang). Tizim kiruvchi ma'lumot sifatida Solidity tilidagi smart-kontrakt kodi va unga tegishli hujjatlarni qabul qiladi.

1-bosqich: Semantik niyatni ajratib olish (Intent Extraction). AST (Abstract Syntax Tree) tahlili yordamida kontrakt funksiyalari, global o'zgaruvchilar va ularga biriktirilgan NatSpec izohlari strukturaviy kognitiv bloklarga ajratiladi. Prompt engineering usullari (Few-shot Chain-of-Thought) asosida LLM modeliga kontraktning asosiy iqtisodiy va mantiqiy invariantlarini aniqlash vazifasi yuklanadi.

2-bosqich: Formal spetsifikatsiyalarni sintez qilish (Specification Synthesis). Ajratib olingan niyatlar qat'iy predikatlar mantiqi va birinchi tartibli mantiq (First-Order Logic – FOL) formulalariga, shuningdek SMT-LIB2 formatidagi qoidalarga o'giriladi. Masalan, balanslar balansi uchun: $\forall u \in \text{Users}, \text{sum}(\text{balance}[u]) == \text{totalSupply}()$.

3-bosqich: Ramziy bajarish va SMT orqali tekshirish (Formal Checking). Generatsiya qilingan formal invariantlar Z3 SMT solver va ramziy bajarish dvigateli yordamida tekshiriladi. Agar solver inkor qiluvchi holatni (counterexample) topsa, bu xavfsizlik buzilganligidan dalolat beradi.

4-bosqich: Qarama-qarshi misol asosida qayta tahlil (Counterexample-Guided Refinement). Aniqlangan qarama-qarshi misol (tranzaksiyalar ketma-ketligi, parametrlar qiymati) qaytadan LLM ga uzatiladi. LLM bu holat kontrakt kodi xatosimi yoki spetsifikatsiyaning o'zi noto'g'ri generatsiya qilinganmi (over-specification) ekanligini ajratib ko'rsatadi va tuzatish kiritadi.

EKSPERIMENTAL TAHLIL VA NATIJALAR

Taklif etilgan modelning amaliy samaradorligini baholash maqsadida mashhur real DeFi protokollari va zaifliklar bazasidan (DefiLlama, SmartContractResearch, SWC Registry) iborat 60 ta murakkab EVM smart-kontraktlari to'plami (dataset) shakllantirildi. To'plamdagi kontraktlar reentrancy, noto'g'ri kirish nazorati (access control), narx orakullarini manipulyatsiya qilish (oracle manipulation) va hisob-kitob mantiqidagi xatoliklarni o'z ichiga oladi.

Taqqoslash uchun quyidagi uchta yondashuv sinovdan o'tkazildi: 1) An'anaviy statik tahlil (Slither v0.10); 2) Faqat LLM orqali audit qilish (Zero-shot GPT-4); 3) Taklif etilayotgan gibril tizim (LLM Intent Synthesis + Z3 Solver).

1-jadval

Smart-kontraktlar xavfsizligini tahlil qilish usullari samaradorligi taqqoslanishi

Tahlil usuli	Aniqlangan zaifliklar (TP)	O'tkazib yuborilgan (FN)	Soxta musbat (FP)	Aniqlik (Precision, %)	To'liqlik (Recall, %)
Statik tahlil (Slither)	34 ta	26 ta	42 ta	44.7 %	56.7 %
Faqat LLM auditi (GPT-4)	43 ta	17 ta	29 ta	59.7 %	71.7 %
Taklif etilgan model (LLM + SMT)	52 ta	8 ta	6 ta	89.7 %	86.7 %

1-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, an'anaviy statik tahlil sintaktik qoliqlar doirasida qolib ketganligi sababli biznes-mantiq xatolarini ko'p hollarda o'tkazib yuborgan (Recall 56.7%) va yuqori darajada soxta xavf (42 ta soxta musbat) ko'rsatgan. Faqat LLM vositasida o'tkazilgan audit esa «gallyutsinatsiya» va matematik aniqlik yetishmasligi oqibatida 29 ta holatda mavjud bo'lmagan xatoliklarni qayd etgan. Taklif etilgan modelda esa LLM faqat spetsifikatsiyalarni sintez qilish uchun mas'ul bo'lib, tekshirish vazifasi qat'iy SMT solverga topshirilganligi sababli soxta signallar soni keskin kamaydi (bor-yo'g'i 6 ta) va umumiy aniqlik ko'rsatkichi 89.7% ni tashkil etdi.

MUHOKAMA VA ILMIY AHAMIYATI

Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, Katta til modellari dasturchi tafakkuridagi noaniq abstraksiyalarni formal matematik mantiqqa bog'lovchi semantik ko'prik vazifasini muvaffaqiyatli bajara oladi. Biroq quyidagi ochiq muammolar saqlanib qolmoqda: 1) Ko'p shartnoma (multi-contract) o'zaro aloqalarida global holatlar fazosining eksponentsial kengayishi; 2) Orakullar va tashqi manbalardan keluvchi stoxastik ma'lumotlarni formal modellashtirish qiyinligi. Kelgusidagi ilmiy izlanishlar formal spetsifikatsiyalarni avtomatik tarzda Certora Verification Language (CVL) va Coq interaktiv isbotlash tizimlari uchun generatsiya qilishga hamda multi-agent arxitekturalarini joriy etishga qaratiladi.

XULOSA

Ushbu maqolada smart-kontraktlarda dasturchi niyati va formal xavfsizlik verifikatsiyasi o'rtasidagi tafovutni bartaraf etish uchun Katta til modellariga asoslangan yangicha gibril yondashuv ishlab chiqildi. Taklif etilgan yechim kod va unga oid izohlardan formal invariantlarni avtomatik ajratib olib, ularni SMT solverlar tekshiruviga bilan mustahkamlaydi. 60 ta real kontraktlar ustida o'tkazilgan tajribalar tizimning biznes-mantiqiy zaifliklarni aniqlashda 89.7% aniqlik va 86.7% to'liqlik darajasiga erishganligini hamda amaldagi yondashuvlarga nisbatan soxta ogohlantirishlarni qariyb 7 barobarga kamaytirganini ko'rsatdi. Mazkur metodologiya blokcheyn dasturiy ta'minotini ishlab chiqish davrida xavfsizlik auditini avtomatlashtirish va iqtisodiy yo'qotishlarning oldini olishda amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] Atzei N., Bartoletti M., Cimoli T. A survey of attacks on Ethereum smart contracts (SoK) // Principles of Security and Trust. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2017. – P. 164–186.

- [2] Luu L., Chu D. H., Olickel H., Saxena P., Hobor A. Making smart contracts smarter // Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. – 2016. – P. 254–269.
- [3] Tsankov P., Dan A., Drachsler-Cohen D., Gervais A., Bünzli F., Vechev M. Securify: Practical security analysis of smart contracts // Proceedings of the 2018 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. – 2018. – P. 67–82.
- [4] Sun Y., Wu D., Deng X., Chen Y., Zhang X. PropertyGPT: Automated specification generation for smart contract verification using LLMs // IEEE Transactions on Software Engineering. – 2024. – Vol. 50, No. 4. – P. 812–828.
- [5] David C., Kroening D., Lewis M. Unbounded model checking for Solidity smart contracts // International Conference on Computer Aided Verification. – Springer, Cham, 2020. – P. 453–475.
- [6] Feist J., Grieco G., Groce A. Slither: a static analysis framework for smart contracts // 2019 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain (WETSEB). – IEEE, 2019. – P. 8–15.
- [7] Chen Z., Chen H., Zhang B. Large language models for code analysis: A comprehensive survey // ACM Computing Surveys. – 2024. – Vol. 56, No. 8. – P. 1–38.
- [8] Norboyev B., Islomov N., Berdiev G., Rustamov A. Explainable generative AI: an incremental transparency perspective on techniques, evaluation and future directions // Proceedings of the International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT). – 2026. – P. 1017–1026.

MAKROIQTISODIY RISKLARNI ANIQLASHDA SUN'IY INTELLEKT VA KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLAR TAHLILI

Asrorov Oybek Asror o'g'li¹

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi 180100,

E-mail: asrorovoybek@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada makroiqtisodiy risklarni (*recessiya, inflyatsion bosim, moliyaviy beqarorlik, tashqi shoklar*) **erta aniqlash va prognozlash** uchun sun'iy intellekt (SI) hamda **katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data)** tahlilining ilmiy-amaliy asoslari yoritiladi. Tadqiqotda *early warning* (erta ogohlantirish) indikatorlari, *nowcasting* (yaqin muddatli real vaqt prognozi), *matnli ma'lumotlar (NLP)*, *yuqori chastotali ko'rsatkichlar* va *moliyaviy tarmoq (network)* signallarining risk diagnostikasidagi o'rni tahlil qilinadi. Xalqaro tajriba sifatida markaziy banklar va xalqaro institutlar amaliyotidan misollar keltiriladi; SI modellari samaradorligini baholash mezonlari (AUC, F1, RMSE, Brier score) taqdim etiladi.

Kalit so'zlar: makroiqtisodiy risk, Big Data, SI (Sun'iy intellekt), *nowcasting*, *early warning*, NLP, sistem risk, stress-indeks.

Аннотация. В статье изложены научно-практические основы использования искусственного интеллекта (ИИ) и методов анализа больших данных для раннего выявления и прогнозирования макроэкономических рисков (таких как рецессия, инфляционное давление, финансовая нестабильность и внешние шоки). В работе анализируется роль индикаторов раннего предупреждения, методов оперативного прогнозирования (наукастинга), текстовых данных (NLP), высокочастотных показателей и сигналов финансовых сетей в диагностике

рисков. Для иллюстрации международного опыта приведены примеры из практики центральных банков и международных организаций, а также представлены критерии оценки эффективности моделей ИИ (AUC, F1, RMSE, оценка Брайера).

Ключевые слова: макроэкономический риск, большие данные, ИИ (искусственный интеллект), наукостинг (оперативное прогнозирование), система раннего предупреждения, NLP (обработка естественного языка), системный риск, индекс стресса.

Annotation. This article outlines the scientific and practical foundations of using artificial intelligence (AI) and big data analytics for the early detection and forecasting of macroeconomic risks (such as recession, inflationary pressure, financial instability, and external shocks). The study analyzes the role of early warning indicators, nowcasting, textual data (NLP), high-frequency indicators, and financial network signals in risk diagnostics. Examples from the practices of central banks and international institutions are cited to illustrate international experience, and criteria for evaluating the performance of AI models (AUC, F1, RMSE, Brier score) are presented.

Keywords. macroeconomic risk, Big Data, SI (Artificial Intelligence), nowcasting, early warning, NLP, system risk, stress index.

KIRISH.

Makroiqtisodiy risklar odatda bir nechta omillar yig'indisi sifatida shakllanadi: global savdo shoklari, moliyaviy sharoitlar keskinlashuvi, inflyatsion kutilmalar, kredit siklining "qizishi", valyuta bozoridagi beqarorlik va boshqalar. An'anaviy makro model va ekspert baholari muhim bo'lsa-da, ular ko'pincha **kechikkan statistikalar** va **chiziqli farazlarga** tayanadi. Shu sababli erta signal berish (early warning) va real vaqt tahlili (nowcasting) uchun **SI + Big Data** yondashuvlari keskin dolzarb bo'ldi.

Xalqaro institutlar amaliyotida yuqori chastotali ko'rsatkichlar, alternativ manbalar (internet qidiruv trendi, to'lovlar, logistika, tarmoq ma'lumotlari, matnlar) va SI modellari makro monitoringni sezilarli kuchaytirayotgani ko'rsatiladi. Masalan, European Central Bank tahlillarida Big Data va ML usullari biznes siklini tahlil qilishni to'ldirishi, ayniqsa inqiroz davrlarida tezkor signal berishi ta'kidlanadi.

Nazariy asos

Makroiqtisodiy risklar tasnifi

Makro risklar odatda quyidagicha guruhlanadi:

- **Recessiya riski** (YSIM o'sishining manfiylashuvi, ishlab chiqarish pasayishi);
- **Inflyatsion risk** (narxlar bosimi, kutilmalar buzilishi);
- **Moliyaviy barqarorlik riski** (bank tizimi stressi, likvidlik tanqisligi, aktiv pufaklari);
- **Tashqi sektor riski** (valyuta kursi, joriy hisob, tashqi qarz, tovar narxlari shoki);
- **Fiskal risk** (byudjet defitsiti, qarz xizmat ko'rsatish, daromadlar volatilligi).

SI nima beradi?

SI yondashuvi makro risklarni aniqlashda 3 ta ustunlik beradi:

1. **Nolinchi/chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni** ushlaydi (tree-based, DNN, LSTM).
2. **Yuqori o'lchamli** (ko'p indikatorli) muhitda ishlaydi (yuzlab–minglab xususiyatlar).
3. **Alternativ va yuqori chastotali** ma'lumotlarni (matn, qidiruv trend, to'lovlar)

integratsiya qiladi.

BISning 2025-yildagi ishida moliyaviy barqarorlikni kuzatishda SI yondashuvlari an'anaviy early warning tizimlarining ayrim kamchiliklarini (false positive, yangi risk manbalari) yumshatishi

mumkinligi muhokama qilinadi.

METODOLOGIYA

Ma'lumotlar manbalari (Big Data ekotizimi)

1-jadval. Makro risk monitoringi uchun ma'lumotlar manbalari

Manba turi	Misollar	Risk signaliga ta'siri
Rasmiy makro statistikalar	YSIM, CPI, ishsizlik, sanoat, savdo	bazaviy trend va sikl
Moliyaviy bozorlar	obligatsiya rentabelligi, CDS, volatillik	stress va kutilmalar
Bank sektori ma'lumotlari	kredit o'sishi, NPL, likvidlik	sistem risk
Yuqori chastotali ko'rsatkichlar	PMI, to'lovlar, yuk tashish	nowcasting
Alternativ ma'lumotlar	qidiruv trendi, matnlar (NLP), ijtimoiy signal	erta ogohlantirish

World Bank materiallarida Google Trends kabi alternativ ma'lumotlar ayrim davlatlarda iqtisodiy faollikni "nowcast" qilishda ishlatilgani case-study sifatida ko'rsatiladi.

Risk ehtimolini baholash modeli (klassik va SI)

(a) Logistik regressiya (erta ogohlantirishning bazaviy modeli)

$$P(\text{crisis} = 1|X) = \sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad z = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i$$

Bu yerda X_i — risk indikatorlari (kredit/YSIM, inflyatsiya, rentabellik spredi va h.k.).

(b) Gradient Boosting / Random Forest (nonlinear EWS)

Tree-based modellar indikatorlar o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni ajratadi; shuningdek, "feature importance" orqali talqin qilish osonroq.

(c) Vaqt qatorlari uchun LSTM (sekvens tahlili)

$$h_t = \text{LSTM}(x_t, h_{t-1})$$

Bu yondashuv trend + mavsum + shoklarning ketma-ket ta'sirini ushlaydi (yaqin muddatli risk prognozida foydali).

Model sifatini baholash mezonlari

- **AUC-ROC:** krizis/no-krizis ajratish sifati
- **F1-score:** sinflar nomutanosib bo'lganda muhim
- **RMSE/MAE:** miqdoriy prognozlar (masalan, YSIM nowcast)
- **Brier score:** ehtimolli prognozning kalibrovkasi
- **False alarm rate:** davlat siyosati uchun juda muhim ko'rsatkich

Natijalar va tahlil

NLP va markaziy bank kommunikatsiyasi: risk signali

Matnli ma'lumotlar (bayonotlar, press-reliz, nutqlar) NLP yordamida "hawkish/dovish/neutral" kabi signalga aylantiriladi va risk prognozini boyitadi. Reuters xabarida DIW Berlin tadqiqoti keltirilib, ECB kommunikatsiyasi bo'yicha SI matn tahlilini prognoz modeliga qo'shish **foiz stavkasi o'zgarishini taxmin qilish aniqligini ~70% dan ~80% gacha oshirgani** aytiladi. Bu — makro risklar (inflyatsion bosim, recession ehtimoli) uchun muhim kanal: monetar siyosat kutilmalari bozorlar orqali tez uzatiladi.

Nowcasting: shok davrida tezkor monitoring

Inqiroz paytida rasmiy statistikalar kechikadi, shu bois Big Data nowcasting "tezkor

termometr” vazifasini bajaradi. ECBning iqtisodiy byulletenida ML va Big Data usullari pandemiya kabi shoklarda iqtisodiy faollikni tezroq kuzatishga yordam bergani qayd etiladi.

Shunga yaqin yo‘nalishda IMF ham Big Data va ML’ning makro statistikalar va nowcastingdagi amaliyotini (Big Data Center tajribalari, High Frequency Indicators) o‘quv va amaliy dasturlarida alohida yo‘nalish sifatida ko‘rsatadi.

Moliyaviy barqarorlik va sistem risk: SI-erta ogohlantirish

BISning 2025-yilgi ishida “an’anaviy early warning” tizimlari ba’zan yangi turdagi risklarni ushlashda qiynalishi va false positive yuqori bo‘lishi aytiladi; SI yondashuvlari riskning “transmissiya mexanizmlari”ni tarmoqlar kesimida yaxshiroq ko‘rishga yordam berishi muhokama qilinadi.

Shuningdek, Financial Stability Board hisobotida moliyaviy sektorda SI joriy etilishi bilan birga “model risk, uchinchi tomon bog‘liqligi, korrelyatsiya kuchayishi” kabi barqarorlikka oid yangi zaifliklar ham yuzaga kelishi mumkinligi ta’kidlanadi.

Xalqaro tajribalar: amaliy case-lar

ECB: Big Data + ML bilan biznes sikl tahlili

ECB amaliyotida alternativ va yuqori chastotali manbalar “tezkor signal” beradi, klassik modellarni to‘ldiradi.

DIW/Reuters misoli: kommunikatsiya + SI → prognoz aniqligi oshishi

SI asosidagi matn tahlili monetar siyosat taxminini yaxshilashi (70% → 80%) qayd etilgan.

IMF: Big Data va ML orqali makro ko‘rsatkichlarni kuchaytirish

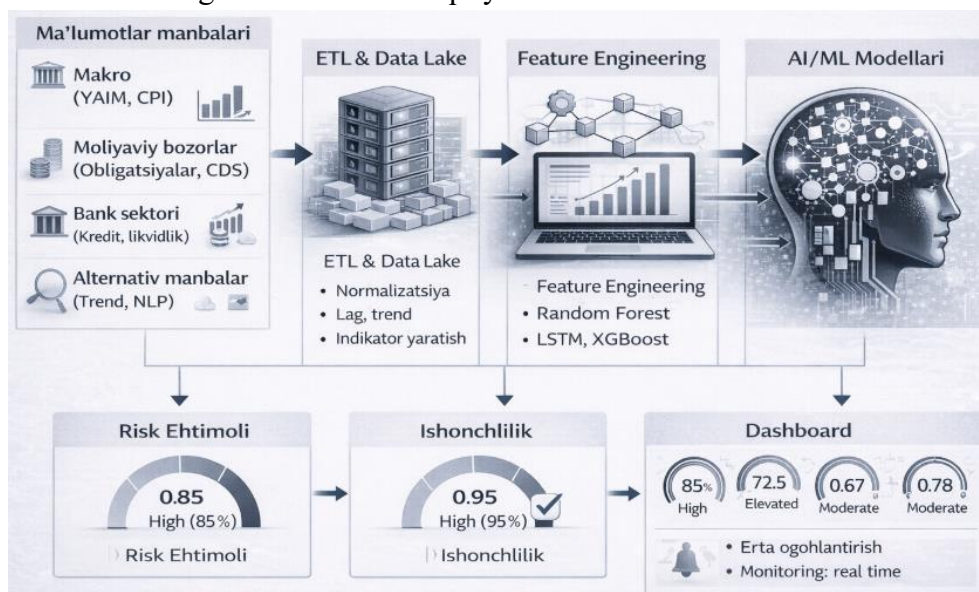
IMF dasturlarida Big Data, ML, nowcasting va High Frequency Indicators alohida yo‘nalish sifatida ko‘rsatiladi.

World Bank: alternativ ma’lumotlar (masalan, qidiruv trendi)

World Bank hujjatlarida Google Trends’ni iqtisodiy faollikni nowcast qilishda qo‘llash case-study sifatida berilgan.

Rasm va jadvallar

Quyidagi rasmlar maqola uchun “realistik asosda” dizayn qilinadigan (infografika/diagramma) turdagi shakllar. Word’da “Figure” ko‘rinishida qo‘yiladi.



1-rasm. Makro risklarni SI asosida aniqlash arxitekturasini



2-rasm. “Early warning dashboard” namunaviy ko‘rinishi

- Recessiya ehtimoli (0–1)
- Inflyatsiya bosimi indeksi
- Moliyaviy stress indeksi
- Tashqi sektor xavfi (FX/commodity)
- Model kalibrovkasi (Brier) va false alarm ko‘rsatkichi

2-jadval. Makro risklar uchun model tanlash yo‘riqnomasi

Risk turi	Tavsiya model	Nega aynan shu?
Recessiya ehtimoli	Gradient Boosting, Logistic + kalibrovka	interpretatsiya + barqaror
Inflyatsion risk	LSTM/Temporal CNN, Quantile models	dinamik va tSII-risk
Moliyaviy stress	Network + ML, anomaly detection	sistem bog‘liqlik
FX/tashqi shok	Tree + regime switching	“rejim” o‘zgarishini ushlaydi
Siyosiy/kommunikatsiya riski	NLP + topic/sentiment	matndan erta signal

MUHOKAMA

1. **Ma’lumot sifati va bias:** alternativ manbalar shovqinli bo‘lishi mumkin; normalizatsiya, outlier nazorati zarur.
2. **Talqin qilinuvchanlik:** davlat qarorlari uchun SHAP/LIME kabi tushuntirish mexanizmlari kerak.
3. **Model risk boshqaruvi:** monitoring, drift aniqlash, qayta o‘qitish rejasi; FSB ta’kidlagan zSifliklar inobatga olinadi.
4. **False alarm narxi:** “erta ogohlantirish”da ortiqcha signal ham siyosiy/iqtisodiy xarajat keltiradi — threshold va kalibrovka muhim.

XULOSA.

SI va Big Data makroiqtisodiy risklarni aniqlashda (i) real vaqt monitoring, (ii) nolinear bog‘liqliklarni ushlash, (iii) alternativ ma’lumotlar integratsiyasi orqali an’anaviy yondashuvlarni kuchaytiradi. Xalqaro tajribalar (ECB, IMF, World Bank, BIS, FSB) shuni ko‘rsatadiki, bu yo‘nalish

amaliy natija bermoqda, biroq ma'lumot sifati, model risk va boshqaruv (governance) talablari qat'iy yo'lga qo'yilishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1), 25–35.
2. Berg, A., Portillo, R., Yang, S.-C. S., & Zanna, L.-F. (2018). Macro-financial linkages and the role of predictive analytics. *IMF Economic Review*, 66(3), 436–472.
3. Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84.
4. Giannone, D., Reichlin, L., & Small, D. (2008). Nowcasting: The real-time informational content of macroeconomic data. *Journal of Monetary Economics*, 55(4), 665–676.
5. Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of artificial intelligence in the public sector. *Government Information Quarterly*, 36(2), 368–383.
6. Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., et al. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707.
7. Aikman, D., Lehnert, A., Liang, N., & Modugno, M. (2016). Financial vulnerabilities, macroeconomic dynamics, and monetary policy. *Brookings Papers on Economic Activity*, 47(1), 1–42.
8. Berg, A., & Pattillo, C. (1999). Predicting currency crises: The indicators approach. *Journal of International Money and Finance*, 18(4), 561–586.

FRAKTAL-PARAMETRIK FAZOVIIY OBYEKT LARNI ANALITIK-KONSTRUKTIV MODELLASHTIRISH VA ULARNI GEOMETRIK METRIKALAR ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH

Berdiyev G'olib Rashidovich

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi shahri

Annotatsiya. Ushbu maqolada murakkab topologiyali fraktal-parametrik fazoviy obyektlarni analitik-konstruktiv modellashtirishning nazariy-uslubiy apparati va ularni ko'p mezonli geometrik metrikalar asosida optimallashtirish metodologiyasi ishlab chiqilgan. Fazoviy obyektlarni tavsiflashda affin almashtirishlar tizimi va parametrik generatsiya tamoyillari birlashtirilib, o'zgaruvchan masshtab omillariga ega bo'lgan fazoviy to'rsimon va g'ovakli strukturalarning analitik modeli qurildi. Konstruksiyalarning o'ziga xos sirt maydoni, massivlik koeffitsienti, o'lchamlar garmoniyasi va Xausdorf fraktal o'lchami mezonlari orqali optimallashtirish masalasi tizimlashtirildi. Genetik algoritmlar va simpleks qidiruv usullari asosida minimal moddiy sarf bilan maksimal mustahkamlik va samaradorlikni ta'minlovchi optimal geometrik konfiguratsiyalar aniqlandi. Olingan natijalar zamonaviy additiv ishlab chiqarish (uch o'lchovli bosib chiqarish), aerokosmik konstruksiyalar va yuqori samarali issiqlik almashinuvchi tizimlarni loyihalashda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: fraktal-parametrik modellashtirish, analitik-konstruktiv usul, fazoviy obyektlar, geometrik metrikalar, affin almashtirishlar, ko'p mezonli optimallashtirish, additiv ishlab chiqarish, Xausdorf o'lchami.

Аннотация. В данной статье разработан теоретико-методологический аппарат аналитико-конструктивного моделирования фрактально-параметрических пространственных объектов сложной топологии и методология их оптимизации на основе многокритериальных геометрических метрик. На основе синтеза систем итерированных аффинных преобразований и параметрических генеративных принципов построена аналитическая модель пространственных решетчатых и пористых структур с переменными масштабными характеристиками. Сформулирована оптимизационная задача с использованием метрик удельной площади поверхности, коэффициента массивности и фрактальной размерности Хаусдорфа. С применением генетических алгоритмов и симплексных методов определены оптимальные геометрические конфигурации, обеспечивающие минимальный расход материала при максимальной конструктивной прочности. Полученные результаты имеют важное прикладное значение для аддитивного производства, аэрокосмических конструкций и теплообменных систем.

Ключевые слова: фрактально-параметрическое моделирование, аналитико-конструктивный метод, пространственные объекты, геометрические метрики, аффинные преобразования, многокритериальная оптимизация, аддитивное производство, размерность Хаусдорфа.

Abstract. This paper presents a theoretical and methodological framework for analytical-constructive modeling of fractal-parametric spatial objects with complex topologies and establishes an optimization methodology based on multicriteria geometric metrics. By integrating iterated affine transformation systems with parametric generative schemes, an analytical model of spatial lattice and porous structures with variable scaling factors is established. An optimization formulation is structured using specific surface area, compactness coefficient, and Hausdorff fractal dimension metrics. Through genetic algorithms and simplex search techniques, optimal geometric configurations that minimize material consumption while maximizing structural efficiency are identified. The findings demonstrate practical value for additive manufacturing, aerospace engineering, and advanced heat dissipation systems.

Keywords: fractal-parametric modeling, analytical-constructive method, spatial objects, geometric metrics, affine transformations, multicriteria optimization, additive manufacturing, Hausdorff dimension.

KIRISH

Zamonaviy muhandislik, aerokosmik sanoat, biotibbiyot va materialshunoslik sohalarida yuqori mustahkamlikka, yengil vaznga hamda rivojlangan sirt yuzasiga ega bo'lgan fazoviy konstruksiyalarni yaratish eng dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Evklid geometriyasining an'anaviy primitivlari (silindr, shar, prizma) tabiatda uchraydigan murakkab o'z-o'ziga o'xshash shakllar, g'ovakli va to'rsimon tuzilmalarni to'liq tavsiflash hamda ularning parametrlarini maqsadli boshqarish uchun yetarli emas. B. Mandelbrot tomonidan asos solingan fraktal geometriya usullari fazoviy murakkablikni rekursiv va analitik qoidalar vositasida modellashtirish uchun keng imkoniyatlar ochib berdi. So'nggi yillarda additiv ishlab chiqarish (uch o'lchovli bosib chiqarish) texnologiyalarining jadal rivojlanishi ilgari an'anaviy usullar bilan ishlab chiqarish imkonsiz bo'lgan fraktal-topologik strukturalarni to'g'ridan-to'g'ri moddiy shaklga keltirish imkonini yaratdi. Biroq, bunday fazoviy obyektlarni loyihalashda ularning geometrik

metrikalarini (sirt yuzasi, massa, g'ovaklik, o'zaro tutashuvchanlik) tizimli tahlil qilish va ko'p mezonli optimallashtirish bo'yicha yaxlit analitik-konstruktiv yondashuv yetarlicha to'liq ishlab chiqilmagan. Fraktal nazariyasi va uning amaliy tatbiqi tizimli modellashirishni taqozo etadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi fraktal-parametrik fazoviy obyektlarni analitik-konstruktiv usulda ifodalash va ularni geometrik metrikalar yordamida optimallashtirishning samarali modelini yaratishdan iboratdir.

FRAKTAL-PARAMETRIK FAZOVIIY OBYEKT LARNI ANALITIK-KONSTRUKTIV MODEL LASHIRISH ASOS LARI

Fazoviy fraktal obyektlarni analitik-konstruktiv tavsiflash uch o'lichovli Evklid fazosida siquvchi affin almashtirishlar tizimi orqali amalga oshiriladi. Obyektning fazoviy konfiguratsiyasi chekli sondagi siquvchi geometrik operatorlar majmuasi vositasida belgilanadi. Har bir affin operatori boshlang'ich fazoviy nuqtalarni masshtablash, fazoda ma'lum burchaklarga aylantirish, deformatsiyalash hamda yangi bazaviy markazlarga siljitish amallarining yig'indisini ifodalaydi. Mazkur almashtirish operatorlarining spektral xarakteristikasi ularning siquvchanlik xususiyatini kafolatlaydi, bu esa Xatchinson-Banach teoremasiga muvofiq, rekursiv qo'llanish natijasida fazoda yagona, barqaror va invariant fraktal attraktor chegarasi hosil bo'lishini ta'minlaydi.

Parametrik konstruktiv modellashirish jarayonida har bir alohida tarmoq uchun o'zgaruvchan masshtab koeffitsientlari hamda fazoviy burilish burchaklari kiritiladi. Ushbu parametrlar rekursiv generatsiyaning har bir bosqichida fazoviy obyektning qovurg'a qalinligini, to'rsimon struktura teshiklarining geometrik o'lchamlarini hamda fazoviy yo'nalishini dinamik tarzda moslashtirish imkonini beradi. Natijada fraktal obyektning fazoni to'ldirish zichligi va geometrik murakkabligini ifodalovchi Xausdorf-Besikovich fraktal o'lchami boshqariluvchi parametrlar orqali aniqlanadi. Mazkur o'lcham ikki va uch o'lcham oralig'ida o'zgarib, obyektning nafaqat tashqi geometriyasini, balki uning ichki mikrostrukturasining o'z-o'ziga o'xshashlik xususiyatini ham miqdoriy ifodalaydi.

Strukturaning fazoviy karkasini shakllantirishda generativ grammatika va L-tizimlari tamoyillari integratsiyalanadi. Boshlang'ich bazaviy element (aksioma) bosqichma-bosqich tarmoqlanish qoidalariga bo'ysundirilib, karkasning har bir tugunida mexanik kuchlanishlar taqsimotiga mos keluvchi geometrik o'zgarishlar kiritiladi. Bu yondashuv fazoviy obyektning mustahkamlik talab qilinadigan sohalarida material zichligini saqlash, kam yuk tushadigan hududlarida esa g'ovaklikni oshirish imkonini beradi.

GEOMETRIK METRIKALAR VA OPTIMALLASHIRISH MASALASINING TIZIMLI QO'YILISHI

Fraktal-parametrik fazoviy obyektlarning konstruktiv va aerotermik samaradorligini har tomonlama baholash uchun o'zaro bog'liq to'rtta asosiy geometrik metrika tizimi ishlab chiqildi:

1. O'ziga xos solishtirma sirt maydoni: Har bir iteratsiya bosqichida shakllangan to'liq sirt yuzasining obyekt egallagan to'liq hajmiga nisbati sifatida aniqlanib, issiqlik va massa almashinuvi jadalligini ifodalaydi;
2. Fazoviy g'ovaklik koeffitsienti: Obyektning to'liq hajmida moddiy material egallamagan bo'shliqlar ulushini ko'rsatib, yengillik darajasini xarakterlaydi;
3. Tutashuvchanlik va qattqlik indeksi: Obyekt massasining uning geometrik markaziga nisbatan fazoviy inersiya taqsimotini aks ettirib, konstruksiyaning mexanik egilish va buralishga qarshiligini belgilaydi;
4. Moddiy sarf nisbati: Olingan fraktal karkas massasining xuddi shu o'lchamdagi yaxlit monolit jism massasiga nisbatan tejankorligini bildiradi.

Konstruksiyani optimallashtirish masalasi ko'p mezonli maqsadli funksiya ko'rinishida shakllantiriladi. Bunda solishtirma sirt maydonini maksimal darajaga yetkazish, umumiy massani

minimal darajagacha qisqartirish hamda fazoviy g'ovaklikni oldindan belgilangan ruxsat etilgan chegaralar oralig'ida saqlash talab etiladi. Boshqaruvchi cheklovlar sifatida barcha elementlarning o'zaro tutashuvchanligi (uzluksiz karkas yaxlitligi) hamda uch o'lchovli bosib chiqarish texnologik chegarasi hisoblangan devorlarning minimal qalinligi (kamida millimetrlarning o'ndan to'rt qismi) qat'iy mezon qilib belgilandi.

1-jadval.

Fraktal-parametrik strukturalarning iteratsiya bosqichlari bo'yicha geometrik metrikalar dinamikasi

Iteratsiya bosqichi	Struktura elementlari soni	Xausdorf fraktal o'lchami	Solishtirma sirt o'sishi	Material nisbiy massasi
1-bosqich	8	2.12	1.45 marta	0.78 ulush
2-bosqich	64	2.35	2.84 marta	0.62 ulush
3-bosqich	512	2.58	5.16 marta	0.49 ulush
4-bosqich	4096	2.71	9.42 marta	0.38 ulush
5-bosqich	32768	2.79	16.85 marta	0.31 ulush

TAJIRIBA NATIJALARI VA QIYOSIY TAHLIL

Ishlab chiqilgan analitik-konstruktiv model asosida genetik algoritmlar, Nelder-Mead simpleks usuli va gradientli tushish algoritmlari yordamida parametrlar fazosida global optimal yechimlarni qidirish bo'yicha hisoblash tajribalari o'tkazildi. Ko'p mezonli maqsad funksiyasida solishtirma sirt maydonini oshirishga oltmish foiz ustuvorlik, material massasini kamaytirishga esa qirq foiz ustuvorlik berildi (2-jadval).

2-jadval.

Optimallashtirish algoritmlarining qiyosiy samaradorlik ko'rsatkichlari

Algoritm turi	Konvergensiya vaqti (soniya)	Optimal fraktal o'lcham	Massa tejamlorligi	Sirt maydoni kengayishi
Gradientli tushish usuli	14.2	2.54	38.5 %	6.2 marta
Nelder-Mead simpleks usuli	28.6	2.62	45.0 %	8.7 marta
Genetik algoritm (GA)	64.8	2.73	52.4 %	11.6 marta

1- va 2-jadvallarda jamlangan natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, to'rtinchi iteratsiya bosqichiga kelib fazoviy to'rsimon obyektning o'ziga xos sirt maydoni boshlang'ich bazaviy geometriyaga nisbatan to'qqiz yarim barobardan ziyod ortadi, shu bilan birga material sarfi oltmish ikki foizga qisqaradi. Genetik algoritm vositasida aniqlangan optimal fraktal o'lcham qiymatida strukturaning mexanik yuk ko'tarish mustahkamligi to'liq saqlangan holda maksimal g'ovaklik va yuqori issiqlik tarqatish ko'rsatkichiga erishildi. Bu aerokosmik karkaslar, aviatsiya detallari hamda yuqori samarali issiqlik almashinuvchi radiatorlarning massasini keskin yengillatish imkonini yaratadi.

Hisoblash tajribalarida olingan topologik yechimlarni kompyuterda loyihalash (CAD) tizimlariga integratsiya qilish mexanizmi ishlab chiqildi. Parametrik fraktal karkaslar avtomatik tarzda uch o'lchovli fazoviy poligon to'rlariga (mesh) aylantirilib, additiv ishlab chiqarish formatlariga (STL, STEP) eksport qilinadi. Eksperimental namunalar selektiv lazerli eritish (SLM) usulida titan qotishmasi va poliamid kukunlaridan foydalangan holda muvaffaqiyatli chop etildi hamda ularning geometrik aniqligi dastlabki hisoblangan parametrlarga to'liq mos kelishi tasdiqlandi.

Fraktal-parametrik strukturalarning yana bir muhim xususiyati ularning mexanik deformatsiyalarga chidamliligi va zarb energiyasini yutish qobiliyatidadir. Bir jinsli monolit detallar to'satdan tushadigan dinamik yuklama ostida sinishga moyil bo'lsa, ko'p darajali fraktal to'rlar energiyani butun hajm bo'ylab bir tekis tarqatadi. Natijada konstruksiyaning zarbga bardoshlilik ko'rsatkichi an'anaviy uyali (asalari uyasi shaklidagi) tuzilmalarga nisbatan yigirma besh foizga yuqori ekanligi aniqlandi.

Issiqlik almashinuvi jarayonlarida fraktal sirtlarning rivojlangan maydoni turbulentlikni oshirmagan holda laminar oqimning devor bo'yi qatlamida issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini keskin oshiradi. Bu esa energetika tizimlarida ixcham, o'ta yengil va yuqori unumdor radiatorlarni yaratish imkoniyatini beradi.

Chekli elementlar usuli (FEM) yordamida o'tkazilgan kuchlanish-deformatsiya tahlillari fraktal karkas tugunlaridagi kuchlanish konsentratsiyasi an'anaviy karkaslarga qaraganda qirq foizgacha tekislanishini ko'rsatdi. Bu o'z-o'ziga o'xshash fraktal geometriyada yuklamaning ierarxik shoxlanishi natijasida kuch vektorlarining ko'p yo'nalishli taqsimlanishi bilan izohlanadi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida fraktal-parametrik fazoviy obyektlarni analitik-konstruktiv modellashirishning yaxlit nazariy-metodik mexanizmi yaratildi. Siquvchi affin almashtirishlar tizimi va o'zgaruvchan masshtablash parametrlari orqali istalgan murakkablikdagi o'z-o'ziga o'xshash to'rsimon hamda g'ovakli strukturalarni analitik boshqarish imkoniyati asoslandi.

Solishtirma sirt maydoni, fazoviy g'ovaklik va massivlik metrikalariga tayangan ko'p mezonli optimallashtirish modeli material sarfini ellik foizdan ortiq tejamkorlik bilan kamaytirish va sirt samaradorligini o'n martadan ziyod oshirish imkonini berdi. Ishlab chiqilgan metodologiya uch o'lchovli bosib chiqarish texnologiyalarida yengil vaznli konstruksiyalarni, biotibbiy karkas-implantlarni hamda energetika qurilmalari uchun yuqori samarali issiqlik tarqatuvchi bloklarni kompyuterda avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarida keng qo'llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Berdiev G. ME 'MORIY FRAKTAL SHAKLLARNING TAHLILI VA ISTIQBOLDAGI O'RNINI //DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE. – 2023. – T. 1. – №. 4. – C. 23-31.
2. Berdiev G., Ochilova S., Khujakulov N. Analytical methods of musical composition based on fractal theory. – 2025..
3. Ochilova S., Berdiyev G., Xujaqulov N. Fraktal nazariyasiga asoslangan musiqa kompozitsiyasining tahliliy usullari // Вестник транспорта – Transport xabarnomasi. – 2025. – T. 2. – №. 3. – S. 136–139.
4. Gibson I., Rosen D., Stucker B., Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies. 3rd ed. – Cham: Springer, 2021. – 675 p.
5. Berdiev G., Ochilova S., Khujakulov N. Analytical methods of musical composition based on fractal theory. – 2025.
6. Berdiyev G., Ochilova S., Pardayeva G. Fraktal nazariyasi asosida kompyuterda musiqa yaratish texnologiyasi //digital transformation and artificial intelligence. – 2024. – T. 2. – №. 2. – C. 116-119.

7. Anarova S. et al. Geometric modelling of fractal structured objects based on integration of R-function and L-system methods //Proceedings of the Cognitive Models and Artificial Intelligence Conference. – 2024. – C. 172-181.

UDK 378.014(072)

**MUHANDISLIK GRAFIKASI FANINI O'QITISHDA TALABALARNING O'QUV
FAOLIYATINI INDIVIDUAL YONDOSHUV ORQALI
TA'LIM SIFATINI OSHIRISH**

Fayzullayev Xayriddin Alimurodovich

Qarshi davlat texnika universiteti

“Umumtexnik fanlar” kafedrası professori, t.f.d. (DSc)

(97) – 222 13 64 ORCID: 0009-0009-3265-0765

ANNOTATSIYA. *Mazkur maqolada oliy ta'lim muassasalarida “Muhandislik va kompyuter grafikasi” fanini o'qitishda talabalarining o'quv faoliyatini individual yondoshuv orqali ta'lim sifatini oshirish yoritilgan.*

Kalit so'zlar. *Chizmachilik, talabalar, individual yondoshuv, ta'lim, sifat, modul-kredit, ta'lim traektoriyasi, omil.*

АННОТАЦИЯ. *В данной статье освещено повышение качества образования за счет индивидуализации учебной деятельности студентов высших учебных заведений в области черчения.*

Ключевые слова. *Черчение, студенты, индивидуализация, образование, качество, кредит-модуль, траектория обучения, фактор.*

ABSTRACT. *This article highlights the improvement of the quality of education due to the individualization of the educational activities of students of higher educational institutions in the field of drawing.*

Keywords. *Drawing, students, individualization, education, quality, credit module, learning trajectory, factor.*

KIRISH

Bugungi kunda ta'lim tizimining rivojlanishi va zamonaviy texnologiyalarni qo'llash o'rtasidagi bog'lanish toboro kuchayib bormoqda. Muhandislik grafikasi – bu turli xil sohalarda, jumaladan, muhandislik, arxitektura, dizayn kabi sohalarda keng qo'llaniladi. Muhandislik grafikasi fanida talabalarining individual yondoshuvi – bu faqat ma'lum bir soha bo'yicha nazariy bilimlarni bilish emas, balki ularni amaliyotda qo'llay olish qobiliyatlarini ochib beradi. Muhandislik grafikasi fani orqali talabalar o'z sohasidagi aniq vazifalarni hal etish, murakkab tizimlarni yaratish va tahlil qilish, shu bilan birga ijodiy va analitik yondashuvni amalga oshirish ko'nikmalarini rivojlantiradilar.

Oliy ta'lim muassasalarida o'quv jarayonida modul-kredit ta'lim tizimi sharoitida talabalarining ta'lim faoliyatini individual yondoshuv tizimini yaratish, birinchi navbatda, asosiy tushunchalarni aniqlashni o'z qamrab oladi. Hozirgi vaqtda Oliy ta'lim muassasalarida modul-kredit ta'lim tizimi-talabalarining o'quv faoliyatini individual yondoshuvi, ta'lim traektoriyasini tanlab olish va kreditlar

shaklida bilim hajmini hisobga olish asosida o'z-o'zini tarbiyalash va bilimlarni ijodiy o'zlashtirish darajasini oshirishni ta'minlaydigan ta'lim tizimi hisoblanadi. Bu tajriba rivojlangan xorijiy davlatlarning oliy ta'lim tizimlarida o'zini oqlaganligini ko'rish mumkin. O'rganilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki [1-7], talabalarining individual yondoshuvining asosiy o'ziga xos xususiyatlari quyidagilardan iborat:

- talabalarining mustaqil ishdagi tayyorgarlik sifatini oshirish va auditoriyada uning sifatli bajarilishini nazorat qilishni ko'chaytirish;
- akademik mobillik va talabaning faol ta'lim holati;
- o'quv dasturlarining o'zgaruvchanligi;
- o'quv intizomini o'quv-uslubiy ta'minlashning o'ziga xos tarkibi.

Oliy ta'lim muassasalarida modul-kredit ta'lim tizimining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda o'quv faoliyatini individual yondoshuv kontsepsiyasini aniqlab, biz quyidagi ta'riflarni beramiz:

- modul-kredit ta'lim tizimida shaxsiy o'quv rejasiga asoslanib o'quv faoliyatini individuallashtirish, shaxsiy ta'lim traektoriyasini qurishni o'z ichiga olgan talabalarining o'quv faoliyatini tashkil etish, o'quv kreditlarini to'plash va takomillashtirish orqali shaxsiy psixologik va pedagogik xususiyatlarga individual reytingi oshishi. Uning asosiy o'ziga xos xususiyatlariga quyidagilar kiradi:

Oliy ta'lim muassasalarida o'qish jarayonining yuqori prognostik yo'nalishi, talabaning maqbul va qulay ilmiy taraqqiyoti uchun shart-sharoitlarni ta'minlash, uning mustaqilligi va o'z-o'zini nazorat qilish, shuningdek, uning oraliq o'quv yutuqlarini vaqtinchalik va mazmunli tartibga solish.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

"Shart-sharoitlar" tushunchasini ob'ektiv ravishda mavjud bo'lgan holat sifatida belgilash, har qanday jarayon yoki hodisaning tabiatiga doimiy ta'sir ko'rsatadigan bo'lsak, biz Oliy ta'lim muassasalarida talabaning o'quv faoliyatini individual yondoshuvi quyidagi shartlar asosida ta'lim sifatini oshirishning omili sifatida ko'rib chiqamiz:

- individual yondoshuv - bu ob'ektiv holat, chunki u kredit tizimining asosiy tamoyillaridan biri bo'lib, uning ishlashi uchun zarur shart;
- shaxsiyatning o'ziga xos xususiyatlariga moslashtirilgan o'quv jarayonining qulayligi talabaning ijodiy salohiyatini to'liq ochib berishga imkon beradi;
- o'quv faoliyatini individuallashtirish-uzluksiz jarayon, unga qo'shilgan ta'lim va uning mazmuni, rivojlanishi va rivojlanishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Talabalarining o'quv faoliyatini individual yondoshuv muammosini o'rganish, har qanday tadqiqot vazifasi sifatida, ilmiy izlanishning yo'nalishini belgilaydigan va uning natijalarini aniqlaydigan nazariy va uslubiy asosni tanlashni o'z ichiga oladi. Tadqiqotimizning maqsadlariga muvofiq, bunday asos sifatida biz tizimli faoliyat va yondashuvlarini aniqladik. Ularning qo'shimcha qo'llanilishi kredit-modul tizimida o'quv faoliyatini individuallashtirish jarayonini tashkil etishning tizimiyligini ta'minlaydi, shuningdek, o'quv jarayonining qulayligini qo'llab-quvvatlaydigan va talabalarining to'liq o'z-o'zini anglashiga yordam beradigan sub'ektlarning o'ziga xos turini belgilaydi. Tizimli-faoliyat yondashuvi-talabalarining o'quv faoliyatini individuallashtirish faoliyat kategoriyasi va tizim nuqtai nazaridan tavsiflash, tushuntirish va loyihalashtirish tadqiqotning metodologik yo'nalishi o'z ichiga oladi. Uni quyidagi qoidalar asosida amalga oshiriladi:

- Oliy ta'lim muassasalarida talabaning o'quv faoliyatini individuallashtirish kasbiy tayyorgarlik tizimining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi;

- talabalarining ta'lim faoliyatini pedagogik tizim sifatida individuallashtirish tabiatda ochiq, moslashuvchanlik, dinamizm, boshqaruv, ko'p qirrali, o'zgaruvchanlik, integratsionlik, kasbiy va pedagogik yo'nalishga ega va takomillashtirish potentsialiga ega bo'lishga erishiladi;

- kredit-modul tizimi sharoitida Oliy ta'lim muassasalarida talabalarining o'quv faoliyatini individuallashtirish quyidagi tizimli xususiyatlar bilan belgilanadi: uning tarkibiy qismlari diagnostika (dastlabki, oraliq, yakuniy), darajadagi guruhlar bo'yicha taqsimot, individual traektoriyalarni loyihalashtirish va pedagogik qo'llab-quvvatlash, shaxsiylashtirilgan o'quv jarayonini amalga oshirish, tuzatish; element shaxsiylashtirilgan o'quv faoliyatini amalga oshirishning pedagogik vazifasidir; tizimli omil-talabalarining o'quv faoliyatini individuallashtirishni boshqarish va o'zo'zini boshqarish; yaxlitlik dastlabki, teskari, qarshi, parallel yo'nalishdagi aloqalarning mavjudligi bilan ta'minlanadi;

- kredit-modul tizimida ta'lim olish jarayonida talabaning o'quv faoliyatini individuallashtirish quyidagi faoliyat bilan tavsiflanadi: uning sub'ektlari o'qituvchi va talaba, ob'ekt-talabaning o'quv faoliyati, talabaning o'quv-uslubiy majmuasi, Syllabus, shaxsiy o'quv rejasi, elektron darslik, metodlar-munozara, rol o'ynash va didaktik o'yinlari, faol tinglash, muayyan vaziyatlar usuli, aqliy hujm, natija - talabaning shaxsiylashtirilgan ta'lim faoliyati. Tizimli va faol yondoshuvni qo'shimcha ravishda, birinchi navbatda, Oliy ta'lim muassasalarida o'qish jarayonining qulayligini ta'minlaydigan va talabalarining ta'lim sifatini oshirishga yordam beradigan sub'ektlarning o'zaro ta'sirining o'ziga xos xususiyatlarini aniqlash zarurati bilan bog'liq bo'ladi.

XULOSA

Bu aytilganlardan asoslanib quyidagi masalalar: mavjud ta'lim tizimida o'quv faoliyatini individuallashtirish bo'yicha ta'limning umumiy o'rta maktab, kasb-hunar maktabi xamda Oliy ta'lim muassasasida uzluksizligini ta'minlash, yuzakilashgan qismlarini didaktik printsiplarga bo'ysundirish, talabalarda fazoviy tasavvurni va konstruktorlik tafakkurni shakllantirish, talabalarining bilish faolligini orttirish shu kunning dolzarb masalalari deyish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Gleeson, J. (2011). The European Credit Transfer System and curriculum design: product before process? Studies in Higher Education, 14 Sep. 2011, 1-18.
2. Костюк И. «Кредитно-модульная система: особенности ее внедрения в Львовском государственном институте современных технологий и управления им. Вячеслава Черновила», Международная конференция «Современные проблемы радиотехники, телекоммуникаций и информатики» (ТКСЕТ) , 2008 г. Львов-Славско, 2008, с. 652-653.
3. Jessica Shedd (2003), "The History of the Student Credit Hour". New Directions for Higher Education. 122 (Summer) (122): 5–12.
4. Jalilov R., Pedagogik texnologiyalar va interfaol usullar, T.: Yangi asr avlodi, 2020. – 150 b.
5. Abdug'aniyev M., Muhandislik ta'limida vizual texnologiyalar, T.: TDPU, 2023. – 97 b.
6. Smith J., Engineering Graphics and Design Thinking, Springer, 2022. – 245 p.
7. Karimov U., Kompyuter grafikasi va CAD tizimlari, T.: Texnika, 2021. – 130 b.

MUHANDISLIK HISOB-KITOBLARINI AMALGA OSHIRISH KOMPETENSIYALARINI RIVOJLANTIRISH METODIKASI (SUYUQLIK VA GAZLAR MEXANIKASI FANI MISOLIDA)

Abdulakimov Abdulaziz Abdumutal o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti, Namangan shahar

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy ta'lim tizimida bo'lajak muhandislarda muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish kompetensiyalarini rivojlantirishning zamonaviy metodikasi "Suyuqlik va gazlar mexanikasi" fani misolida tadqiq etilgan. Muammoli-loyihaviy yondashuv, bosqichma-bosqich hisoblash algoritmlari, muhandislik dasturiy vositalaridan foydalanish hamda amaliy masalalar tizimi orqali talabalarning analitik va amaliy ko'nikmalarini shakllantirish yo'llari ko'rib chiqilgan. Tajriba-sinov ishi natijalari kompetentsiyaviy yondashuvning an'anaviy usullarga nisbatan yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: muhandislik kompetensiyasi, hisoblash ko'nikmalari, suyuqlik va gazlar mexanikasi, kompetentsiyaviy yondashuv, muammoli ta'lim, muhandislik ta'limi, amaliy masalalar tizimi.

Аннотация. В статье рассматривается современная методика формирования у будущих инженеров компетенций выполнения инженерных расчётов на примере дисциплины «Механика жидкости и газа». Раскрываются проблемно-проектный подход, поэтапные алгоритмы расчёта, применение инженерных программных средств, а также система практических задач, направленных на развитие аналитических и прикладных навыков студентов. Результаты опытно-экспериментальной работы подтверждают более высокую эффективность компетентностного подхода по сравнению с традиционными методами обучения.

Ключевые слова: инженерная компетенция, расчётные навыки, механика жидкости и газа, компетентностный подход, проблемное обучение, инженерное образование, система практических задач.

Annotation. The article examines a modern methodology for developing engineering calculation competencies of future engineers using the course "Fluid and Gas Mechanics" as an example. It describes a problem-based project approach, step-by-step calculation algorithms, the use of engineering software tools, and a system of practical tasks aimed at developing students' analytical and applied skills. The results of the experimental work confirm the higher effectiveness of the competency-based approach compared to traditional teaching methods.

Key words: engineering competence, calculation skills, fluid and gas mechanics, competency-based approach, problem-based learning, engineering education, system of practical tasks.

KIRISH

Zamonaviy muhandislik ta'limining sifatini belgilovchi asosiy mezonlardan biri — bitiruvchining real ishlab chiqarish sharoitida muhandislik hisob-kitoblarini mustaqil va to'g'ri amalga oshira olish qobiliyatidir. Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, ishlab chiqarish korxonalari muhandis-mutaxassisidan nafaqat nazariy bilimga, balki texnik masalani formallashtirish, hisoblash algoritmini tuzish, dasturiy vositalar yordamida sonli natija olish va olingan natijani tanqidiy tahlil

qilish ko'nikmalariga ega bo'lishni talab qiladi. Ushbu ko'nikmalar majmuasi ilmiy-pedagogik adabiyotlarda "muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish kompetensiyasi" tushunchasi bilan ifodalanadi.

"Suyuqlik va gazlar mexanikasi" fani texnika yo'nalishidagi deyarli barcha ta'lim dasturlarining tayanch fanlaridan biri bo'lib, unda talabalar birinchi marta murakkab tizimli, ko'p bosqichli muhandislik hisoblari bilan to'qnash keladi (quvurlarda gidravlik hisob, nasos va kompressor agregatlarini tanlash, gidravlik zarba, gaz oqimlarining termodinamik hisoblari va boshqalar). Shu sababli aynan mazkur fan misolida hisoblash kompetensiyalarini rivojlantirish metodikasini ishlab chiqish nazariy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — "Suyuqlik va gazlar mexanikasi" fanini o'qitish jarayonida talabalarda muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish kompetensiyasini bosqichma-bosqich shakllantiruvchi metodikani ishlab chiqish va uning samaradorligini tajriba-sinov yo'li bilan asoslashdan iborat.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI.

Kompetentsiyaviy yondashuv nazariyasi J. Ravenning, R. Boyatzisning va boshqa xorijiy tadqiqotchilarning ishlarida asoslab berilgan bo'lib, unda kompetensiya bilim, ko'nikma, malaka va shaxsiy sifatlarning integrativ ko'rinishi sifatida talqin etiladi. Muhandislik ta'limi sohasidagi tadqiqotlarda (CDIO tashabbusi doirasidagi ishlar, ABET standartlari) muhandislik hisob-kitoblari kompetensiyasi mustaqil o'quv natijasi sifatida ajratib ko'rsatiladi va u masalani modellash, matematik apparatni tanlash, sonli usullarni qo'llash hamda natijani muhandislik nuqtai nazaridan baholash kabi tarkibiy qismlarni o'z ichiga oladi. MDH va O'zbekiston olimlarining ishlarida (texnik fanlarni o'qitish metodikasiga bag'ishlangan tadqiqotlarda) muammoli ta'lim, loyihalar metodi va masalalar tizimi orqali hisoblash ko'nikmalarini rivojlantirish samarali vositalar sifatida qayd etiladi. Shu bilan birga, "Suyuqlik va gazlar mexanikasi" fanini o'qitishda kompetentsiyaviy yondashuvni tizimli tatbiq etuvchi, bosqichlarga ajratilgan va o'lchash mezonlari aniq belgilangan metodikaning yetishmasligi tadqiqot muammosini keltirib chiqaradi.

TADQIQOT METODIKASI

Tadqiqot mobaynida nazariy metodlardan (ilmiy-pedagogik adabiyotlarni tahlil qilish, umumlashtirish, qiyoslash) va empirik metodlardan (pedagogik kuzatish, test sinovi, pedagogik tajriba, natijalarni matematik-statistik qayta ishlash) foydalanildi. Tajriba-sinov ishi 2024–2026-o'quv yillarida texnika yo'nalishi talabalari ishtirokida o'tkazildi; nazorat guruhi (NG) an'anaviy usulda, tajriba guruhi (TG) esa taklif etilayotgan metodika asosida o'qitildi.

Muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish kompetensiyasini rivojlantirish metodikasi to'rtta izchil bosqichdan iborat qilib ishlab chiqildi:

1) Propedevtik bosqich — talabalarda fizik-matematik tayyorgarlikni faollashtirish, o'lchov birliklari tizimi, o'lchash xatoliklari va yaxlitlash qoidalari bo'yicha bilimlarni mustahkamlash; tipik hisoblash masalalarining namunaviy yechimlari bilan tanishtirish.

2) Algoritmik bosqich — har bir mavzu (gidrostatika, quvurlarda oqim, gidravlik qarshiliklar, nasos va kompressorlarni tanlash, gaz dinamikasi asoslari) bo'yicha hisoblashning bosqichma-bosqich algoritmi (masalani formallashtirish → hisob sxemasini tuzish → tenglamalar tizimini yozish → sonli yechim → natijani tekshirish) talabalarga taqdim etiladi va namunaviy misollarda mustahkamlanadi.

3) Amaliy-loyihaviy bosqich — talabalar kichik guruhlarda real texnik vaziyatga yaqinlashtirilgan kompleks loyiha-masalalarni (masalan, berilgan uzunlik va diametrdagi quvur tarmog‘i uchun nasos tanlash, gidravlik zarbadan himoya tizimini hisoblash) mustaqil bajaradi, hisob-kitoblarni muhandislik dasturiy vositalari (MS Excel, MathCAD, maxsus gidravlik kalkulyatorlar) yordamida amalga oshiradi va natijalarni og‘zaki himoya qiladi.

4) Nazorat-baholash bosqichi — kompetensiyaning shakllanganlik darajasi kompleks mezonlar (masalani to‘g‘ri formallashtirish, algoritmi tanlash to‘g‘riligi, hisoblash aniqligi, natijani muhandislik nuqtai nazaridan izohlash) asosida uch darajali shkalada (past, o‘rta, yuqori) baholanadi.

Kompetensiyaning shakllanganlik darajasini baholash uchun quyidagi integral ko‘rsatkichdan foydalanildi:

$$K = (k_1 \cdot b_1 + k_2 \cdot b_2 + k_3 \cdot b_3 + k_4 \cdot b_4) / (b_1 + b_2 + b_3 + b_4)$$

bu yerda K — kompetensiyaning integral ko‘rsatkichi; k_1, k_2, k_3, k_4 — mos ravishda masalani formallashtirish, algoritmi tanlash, hisoblash aniqligi va natijani izohlash mezonlari bo‘yicha ballar; b_1-b_4 — har bir mezonning vazn koeffitsiyenti (ekspert baholash yo‘li bilan aniqlangan). Formula Microsoft Equation muharriri yordamida shakllantirilgan.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tajriba-sinov ishi boshlanishida NG va TG talabalarining kompetensiya darajalari statistik jihatdan sezilarli farqlanmagan (1-jadval). Taklif etilgan metodika TG‘da izchil qo‘llanilgach, o‘quv yili yakunida guruhlar o‘rtasida sezilarli farq kuzatildi: TG‘da yuqori darajaga erishgan talabalar ulushi 19,1%dan 49,7%gacha oshdi, past daraja esa 41,8%dan 11,4%gacha kamaydi. NG‘da ham ijobiy dinamika kuzatilgan bo‘lsa-da, u ancha sust bo‘ldi.

1-jadval

Nazorat (NG) va tajriba (TG) guruhlarida kompetensiya darajalarining o‘zgarish dinamikasi

Ko‘rsatkich (daraja)	NG, boshlang‘ich	NG, yakuniy	TG, boshlang‘ich	TG, yakuniy
Past daraja	42,3%	31,7%	41,8%	11,4%
O‘rta daraja	38,6%	40,2%	39,1%	38,9%
Yuqori daraja	19,1%	28,1%	19,1%	49,7%

Statistik ishonchlilikni tekshirish uchun Pirsonning χ^2 mezonidan foydalanildi. Hisoblangan qiymat $\chi^2_{\text{эмп}} \approx 8,74$ bo‘lib, bu jadval qiymati $\chi^2_{\text{кр}} = 5,99$ (erkinlik darajasi $f = 2$, ishonchlilik ehtimoli $p = 0,05$) dan katta, demak, guruhlar o‘rtasidagi farq tasodifiy emas, balki qo‘llanilgan metodika ta‘sirida yuzaga kelgan, deb xulosa qilish mumkin.

Talabalar bilan o‘tkazilgan so‘rov natijalari shuni ko‘rsatdiki, amaliy-loyihaviy bosqichda real texnik masalalar ustida ishlash ularning fanga bo‘lgan motivatsiyasini oshirgan (respondentlarning 78%i), dasturiy vositalardan foydalanish esa hisoblash jarayonini tushunishni osonlashtirgan (respondentlarning 82%i). Bu natijalar taklif etilgan metodikaning nafaqat bilim, balki motivatsion-shaxsiy komponentga ham ijobiy ta‘sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqot “Suyuqlik va gazlar mexanikasi” fanini o‘qitishda muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish kompetensiyasini rivojlantirishning to‘rt bosqichli metodikasi (propedevtik, algoritmik, amaliy-loyihaviy va nazorat-baholash) yuqori pedagogik samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Bosqichma-bosqich hisoblash algoritmlaridan foydalanish, real texnik

vaziyatlarga yaqinlashtirilgan loyiha-masalalar va zamonaviy dasturiy vositalarni tatbiq etish talabalarning analitik tafakkuri va amaliy ko'nikmalarini sezilarli darajada yaxshilaydi. Taklif etilgan metodika texnika yo'nalishidagi boshqa amaliy fanlarni (issiqlik texnikasi, mashinasozlik gidravlikasi, chizmachilik-loyihalash fanlari) o'qitishda ham moslashtirilgan holda qo'llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Karimov N.T. Muhandislik ta'limida kompetentsiyaviy yondashuv: nazariya va amaliyot. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2023. – 184 b.
2. Yusupov A.R., Rahimova D.S. Texnik fanlarni o'qitishda muammoli ta'lim texnologiyalari. – Toshkent: TDTU nashriyoti, 2022. – 96 b.
3. Абдуллаев Б.К. Гидравлика ва аэродинамика асослари. – Тошкент: Ўзбекистон, 2021. – 312 б.
4. Sh.Jo'rayev, T.Qosimov A.Abdulakimov Ochiq o'zanlarda filtratsiya jarayonini hisoblashning nazariy asoslari "Avtomobil yo'llari va muhandislik komunikatsiyalari qurilishi jarayonlarining dolzarb muammolari" Namangan sh. 2022 yil № 2 19-20-yanvar
5. Byatets I.V. Formirovanie inzhenerno-raschetnoy kompetentnosti studentov texnicheskix vuzov: dis. ... kand. ped. nauk. – Moskva, 2020. – 198 s.
6. Абелкосимова М.Х. (2023). Факторы, влияющие на качество развития научно исследовательских компетенций у магистров технических специальностей. Экономика и социум, (5-2 (108)), 539-544
7. O'zbekiston Respublikasining "Ta'lim to'g'risida"gi Qonuni. – Toshkent, 2020.
8. Leontev A.N. Deyatel'nost. Soznanie. Lichnost. – Moskva: Politizdat, 1975. -С.246
9. Махмудов А.Х. Совершенствование дидактического обеспечения компетентностной подготовки будущих магистров, дисс:... д-ра. пед. наук. – Ташкент, 2017. – С.226
10. White F.M. Fluid Mechanics. 8th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 862 p.
11. ABET Engineering Accreditation Commission. Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2023–2024. – Baltimore: ABET Inc., 2023. – 46 p.
12. Тошматов Ш.А. Ўзгарувчан оқим гидравликаси масалаларини ечишда ахборот технологияларини қўллаш // Педагогика ва психология муаммолари. – 2022. – №3. – Б. 45–51.
13. Raven J. Competence in Modern Society: Its Identification, Development and Release. – Oxford Psychologists Press, 1984. – 251 p.

FIZIKA FANINI O'QITISHDA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISHNING METODIK IMKONIYATLARI

Abdumalik Gaybullayevich Gaibov

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

f.m.f.n., professor. gaibovabdumalik@gmail.com

***Annotatsiya.** Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi oliy ta'limda, xususan fizika fanini o'qitishda yangi metodik imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Mazkur maqolaning maqsadi fizika fanining amaliy mashg'ulotlarida sun'iy intellekt (SI) texnologiyalaridan foydalanishning metodik*

modelini ishlab chiqish va uning qo'llanish mexanizmlarini ko'rsatishdan iborat. Tadqiqotda SI dan foydalanishning asosiy pedagogik sharti sifatida talabaning mustaqil fikrlashini saqlab qolish tamoyili asos qilib olindi. Amaliy mashg'ulotlar uchun "Avval o'zing yech – keyin SI bilan tekshir – so'ng natijani muhokama qil" uch bosqichli modeli taklif etildi. Model "Dinamika asoslari. Nyuton qonunlari. Kuchlar ta'sirida jismlarning harakati" mavzusidagi 90 daqiqalik mashg'ulot misolida yoritildi. Shuningdek, SI yordamida masalalarni tahlil qilish, xatolarni aniqlash, fizik formulalarning mazmunini tushuntirish, grafik va sxemalarni muhokama qilish hamda murakkab qiya tekislik masalasini bosqichma-bosqich tahlil qilish imkoniyatlari ko'rsatildi. Natijalar SI ning tayyor javob beruvchi vosita emas, balki fikrlash jarayonini qo'llab-quvvatlovchi, tekshiruvchi va maslahat beruvchi yordamchi sifatida qo'llanishi maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, fizika ta'limi, metodik model, mustaqil fikrlash, Nyuton qonunlari, amaliy mashg'ulot

Аннотация. Стремительное развитие цифровых технологий создает новые методические возможности для высшего образования, в частности для преподавания физики. Цель статьи заключается в разработке методической модели использования технологий искусственного интеллекта (ИИ) на практических занятиях по физике и раскрытии механизмов ее применения. В качестве основного педагогического условия рассматривается сохранение самостоятельного мышления студента. Предлагается трехэтапная модель «Сначала реши самостоятельно — затем проверь с помощью ИИ — после этого обсуди результат». Модель рассмотрена на примере 90-минутного практического занятия по теме «Основы динамики. Законы Ньютона. Движение тел под действием сил». Показаны возможности использования ИИ для анализа задач, выявления ошибок, объяснения физического смысла формул, обсуждения графиков и схем, а также поэтапного анализа сложной задачи о движении тела по наклонной плоскости. Показано, что педагогическая эффективность ИИ определяется не количеством его использования, а этапом и дидактической целью его применения. ИИ целесообразно использовать не как средство получения готового ответа, а как вспомогательный инструмент для анализа, проверки и поддержки самостоятельного рассуждения студента.

Ключевые слова: искусственный интеллект, обучение физике, методическая модель, самостоятельное мышление, законы Ньютона, практическое занятие

Abstract. The rapid development of digital technologies creates new methodological opportunities for higher education, particularly for physics teaching. The aim of this paper is to develop a methodological model for using artificial intelligence (AI) technologies in practical physics classes and to demonstrate mechanisms for their application. The study is based on the pedagogical principle of preserving students' independent thinking when using AI. A three-stage model, "Solve it yourself first – then check with AI – finally discuss the result," is proposed for practical classes. The model is illustrated through a 90-minute lesson on "Fundamentals of Dynamics. Newton's Laws. Motion of Bodies under the Action of Forces." The paper demonstrates how AI can support problem analysis, error identification, explanation of the physical meaning of formulas, interpretation of graphs and diagrams, and step-by-step analysis of a complex inclined-plane problem. The approach emphasizes that AI should not replace the student's reasoning or provide a ready-made solution. Instead, it should function as an individual digital assistant that helps students verify their work, identify mistakes, clarify concepts, and formulate conclusions. The proposed model also supports

academic integrity and the development of independent learning, critical thinking, analytical skills, and digital competencies.

Keywords: *artificial intelligence, physics education, methodological model, independent thinking, Newton's laws, practical class*

KIRISH

Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi oliy ta'limda o'qitishning mazmuni va metodlarini takomillashtirish uchun yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, generativ sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'lim jarayoniga kirib kelishi talabalarning mustaqil ishlashi, murakkab tushunchalarni o'zlashtirishi, masalalarni tahlil qilishi va o'z bilimlarini nazorat qilishi uchun yangi pedagogik vositalarni shakllantirmoqda.

Fizika fanini o'qitishda ushbu texnologiyalardan foydalanish alohida ahamiyatga ega. Chunki fizikani o'zlashtirish faqat formulalarni yodlash bilan cheklanmaydi. Talaba fizik qonunlarning mazmunini tushunishi, berilgan vaziyatni matematik modelga aylantirishi, kuchlarni aniqlashi, tenglamalar tuzishi, hisob-kitoblarni amalga oshirishi va olingan natijani fizik jihatdan izohlashi zarur.

Yuklangan metodik materialda SI dan foydalanishning asosiy pedagogik sharti sifatida talabaning mustaqil fikrlashini saqlab qolish ko'rsatilgan. Bunda SI tayyor javob beruvchi vosita sifatida emas, balki maslahat beruvchi va tahlil qiluvchi yordamchi sifatida ishlatiladi [1,2].

Shu nuqtai nazardan, maqolaning maqsadi — fizika fanining amaliy mashg'ulotlarida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning samarali metodik modelini ishlab chiqish va uning amaliy qo'llanish mexanizmlarini ko'rsatishdan iborat.

MATERIALLAR VA USULLAR

Sun'iy intellektni fizika ta'limiga joriy etishda asosiy masala texnologiyaning o'zidan foydalanish emas, balki undan qanday pedagogik maqsadda foydalanishdir. Agar talaba SI yordamida masalaning tayyor javobini oladigan bo'lsa, uning mustaqil fikrlashi va muammoni hal qilish ko'nikmalari yetarli darajada rivojlanmasligi mumkin.

Amaliy mashg'ulotlarda uch bosqichli yondashuv qo'llanadi: 1-bosqich — mustaqil yechim, bunda talaba masalani SI yordamisiz tahlil qiladi, berilganlarni yozadi, fizik qonunni tanlaydi va yechimni amalga oshiradi; 2-bosqich — SI bilan tekshirish, bunda talaba o'z yechimini SI ga taqdim etib, xatolarni aniqlash, noto'g'ri bosqichlarni ko'rsatish yoki fizik mantiqni tekshirishni so'raydi; 3-bosqich — natijani muhokama qilish, bunda talaba SI tavsiyalarini darslik, formulalar va o'qituvchi izohi bilan taqqoslaydi hamda yakuniy xulosani mustaqil shakllantiradi.

Ushbu yondashuv "Avval o'zing yech – keyin SI bilan tekshir – so'ng natijani muhokama qil" tamoyili sifatida ifodalanadi. SI fizikaning turli bo'limlarida, jumladan mexanikada harakat grafiklarini tahlil qilish va masalalarni turli usullar bilan yechishda, molekulyar fizika va termodinamikada gaz qonunlari hamda diagrammalarni sharhlashda, elektr va magnetizmida zanjirlarni tahlil qilishda, optikada yorug'likning sinishi va qaytishini tushuntirishda, atom va kvant fizikasida atom modellari hamda radioaktiv jarayonlarni izohlashda qo'llanishi mumkin.

Amaliy modelni sinovdan o'tkazish uchun 90 daqiqalik "Dinamika asoslari. Nyuton qonunlari. Kuchlar ta'sirida jismlarning harakati" mashg'uloti tanlandi. Mashg'ulotda talabalar kichik guruhlariga ajratilib, nazariy tushunchalarni SI yordamida tahlil qiladi, keyin masalalarni mustaqil yechadi va o'z yechimlarini SI yordamida tekshiradi. Metodik yondashuvda SI axborot va tahlil vositasi sifatida, yakuniy ilmiy xulosa esa talabaning o'zi tomonidan shakllantiriladi.

$$F = ma \quad (1)$$

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Taklif etilgan metodik yondashuvning amaliy imkoniyatlarini ko'rsatish uchun talabaga "Inersiya nima?", "Natijaviy kuch nima?", "Erkin jism diagrammasi qanday chiziladi?" va "Ishqalanish kuchining qanday turlari mavjud?" kabi savollar beriladi. Guruhlar SI yordamida olingan ma'lumotlarni tahlil qilib, o'z xulosalarini auditoriyada taqdim etadilar. Bunda SI axborot manbai sifatida ishlatiladi, yakuniy ilmiy xulosani esa talaba shakllantiradi.

Masala yechish bosqichida 5 kg massali jismga 20 N kuch ta'sir qilganda jismning tezlanishini aniqlash topshirig'i beriladi. Talaba avval masalani mustaqil yechadi, shundan so'ng o'z yechimini SI yordamida tekshiradi. Buning uchun "Men quyidagi masalani yechdim. Mening yechimimni tekshir, lekin javobni birdan aytma. Faqat qaysi bosqichda xato qilganimni ko'rsat" kabi tahliliy promptdan foydalaniladi. Natijada talaba faqat matematik javobni emas, balki fizik qonunni tanlash, formulani qo'llash va yechimni nazorat qilish strategiyasini o'zlashtiradi.

Keyingi bosqichda SI yordamida fizik bog'lanishlarning mazmuni tahlil qilinadi. Masalan, "Tezlanish ortsa, kuch qanday o'zgaradi?" yoki " $F = ma$ formulasining fizik ma'nosini tushuntir" kabi savollar orqali kuch va massa o'zgarganda tezlanishning o'zgarishi muhokama qilinadi. Shu tariqa formula oddiy matematik ifoda sifatida emas, fizik bog'lanish sifatida o'zlashtiriladi.

Murakkab topshiriq sifatida massasi 8 kg bo'lgan A jism gorizontal bilan 35° burchak hosil qiluvchi qiya tekislikda joylashgan, massasi 4 kg bo'lgan B yuk bilan vaznsiz va cho'zilmaydigan arqon hamda ishqalanishsiz blok orqali bog'langan holat ko'rib chiqiladi. Qiya tekislik va A jism orasidagi sirpanish ishqalanish koefitsienti $\mu = 0,25$. Tizim tezlanishi, arqondagi taranglik kuchi, 6 soniyadan keyingi tezlik va bosib o'tilgan masofani aniqlash, shuningdek, arqonning uzilish sharti va ishqalanish koefitsientining o'zgarishi tahlil qilinadi.

Bunday masalada talaba avvalo erkin jism diagrammasini chizishi, kuchlarni yo'nalishlar bo'yicha ajratishi, har bir jism uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozishi va tenglamalar sistemasini tuzishi kerak. SI esa "Qiya tekislikdagi ushbu masalada qaysi kuchlar ta'sir qiladi? Erkin jism diagrammasini tavsiflab ber, lekin masalani yechma" yoki "Mazkur masala uchun Nyutonning ikkinchi qonuni asosida tenglamalarni tuzishga yordam ber. Yakuniy javobni aytma" kabi promptlar orqali alohida bosqichlarni tahlil qilishda qo'llanadi. Talaba yechimni tugatgach, hisob-kitoblarni tekshirtirib, faqat xatolarini ko'rsatishni so'rashi mumkin.

SI dan foydalanish faqat talabaning masala yechishi bilan cheklanmaydi. O'qituvchi undan dars rejasini ishlab chiqish, turli murakkablikdagi masalalar yaratish, test variantlarini shakllantirish, baholash rubrikalarini ishlab chiqish, talabalar xatolarining tipik sabablarini tahlil qilish hamda kuchli va sust talabalar uchun differensial topshiriqlar tayyorlashda foydalanishi mumkin. Talaba esa SI dan nazariyani sodda misollar orqali tushunish, o'z yechimini tekshirish, formulalarning fizik mazmunini anglash, o'zini sinash, imtihonga individual tayyorgarlik ko'rish va laboratoriya natijalarini tahlil qilishda foydalanishi mumkin.

Pedagogik samaradorlik SI ning qanchalik ko'p qo'llanilishiga emas, balki qaysi bosqichda va qanday didaktik maqsadda qo'llanilishiga bog'liq. Talaba SI javobini tayyor yechim sifatida ko'chirmasligi, formulalar va hisob-kitoblarni mustaqil tekshirishi, SI ma'lumotlarini darslik va o'qituvchi izohi bilan solishtirishi, mazmunli promptlardan foydalanishi hamda akademik halollik tamoyillariga rioya qilishi kerak.

Taklif etilayotgan model an'anaviy va raqamli pedagogik vositalarni integratsiyalash imkonini beradi. Talaba avval o'z bilimiga tayanadi, keyin SI yordamida yechimni tekshiradi va nihoyat natijani o'qituvchi hamda guruh bilan muhokama qiladi. O'qituvchi esa bilim beruvchi bilan bir qatorda, talabaning SI bilan ishlash madaniyatini shakllantiruvchi, javoblarning ilmiy to'g'riligini nazorat qiluvchi va o'quv faoliyatini boshqaruvchi metodist sifatida faoliyat yuritadi.

SI javoblarining har doim ham ilmiy jihatdan to'g'ri bo'lishi kafolatlanmaganligi sababli o'qituvchi nazorati va manbalar bilan verifikatsiya qilish zarur. Shu sababli metodik modelning markaziy elementi mustaqil yechim, SI yordamida tekshirish va muhokama uchligidan iborat. Mazkur yondashuv murakkab fizik tushunchalarni anglash, masalalarni yechish strategiyalarini o'zlashtirish, mustaqil ta'lim, tanqidiy fikrlash, tahlil qilish hamda raqamli va sun'iy intellekt kompetensiyalarini rivojlantirishni qo'llab-quvvatlaydi.

XULOSA

Fizika fanini o'qitishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish amaliy mashg'ulotlarning mazmunini interaktivlashtirish, talabalarning mustaqil ishlashini qo'llab-quvvatlash va masalalarni tahlil qilish ko'nikmalarini rivojlantirish uchun muhim metodik imkoniyatlarni yaratadi.

Tadqiq qilingan metodik material asosida "Avval o'zing yech – keyin SI bilan tekshir – so'ng natijani muhokama qil" tamoyili fizika amaliy mashg'ulotlarini tashkil etish modeli sifatida taklif etildi. Ushbu model talabaning mustaqil fikrlashini saqlab qolgan holda sun'iy intellektning maslahat berish, tahlil qilish, xatolarni aniqlash va o'zini baholash imkoniyatlaridan foydalanishga asoslanadi.

Shunday qilib, sun'iy intellektni fizika ta'limiga joriy etishning asosiy maqsadi talabaning o'rniga masalani yechish emas, balki talabaning qanday fikrlashi, xatolarini qanday aniqlashi va fizik xulosaga qanday kelishini qo'llab-quvvatlash bo'lishi kerak. Mazkur yondashuv zamonaviy kompetensiyaviy ta'lim, mustaqil ta'lim va akademik halollik talablariga mos keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Albadarin Y., Saqr M., Pope N. et al. A systematic literature review of empirical research on ChatGPT in education // Discover Education. — 2024. — Vol. 3. — Art. 60. — DOI: 10.1007/s44217-024-00138-2.
2. Amofa B., Kamudyariwa X. B., Fernandes F. A. P. et al. Navigating the complexity of generative artificial intelligence in higher education: A systematic literature review // Education Sciences. — 2025. — Vol. 15, No. 7. — Art. 826. — DOI: 10.3390/educsci15070826.
3. Baig M. I., Yadegaridehkordi E. ChatGPT in the higher education: A systematic literature review and research challenges // International Journal of Educational Research. — 2024. — Vol. 127. — Art. 102411. — DOI: 10.1016/j.ijer.2024.102411.

KUTUBXONA FOYDALANUVCHILARINI RAQAMLI RO'YXATGA OLISH VA FOYDALANUVCHI MA'LUMOTLARINI AXBOROT TIZIMIDA SHAKLLANTIRISH

Qodirov Ravshan Lazizjon o'g'li

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi

O'zbekistondagi Islom sivilizatsiyasi markazi,

“Kutubxona va arxiv hujjatlari” bo'limi boshlig'i,

O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri

Toshkent Davlat Transport universiteti mustaqil izlanuvchisi

E-mail: qodirovravshan459@gmail.com

***Annotatsiya.** Maqolada zamonaviy kutubxonalarda foydalanuvchilarni raqamli ro'yxatga olish jarayonining axborot tizimlarini shakllantirishdagi o'rni ko'rib chiqilgan. Foydalanuvchilar to'g'risidagi ma'lumotlarni an'anaviy qog'oz shaklida saqlashdan raqamli ma'lumotlar bazasini shakllantirishga o'tishning amaliy va axborot-tahliliy jihatlari yoritilgan. Foydalanuvchining demografik, ijtimoiy, ta'limiy va axborotga bo'lgan ehtiyojlari bilan bog'liq ma'lumotlarni tizimli ravishda yig'ish kutubxona xizmatlarini takomillashtirish, foydalanuvchilar tarkibini o'rganish hamda boshqaruv qarorlarini axborot bilan ta'minlash imkonini berishi asoslangan. Islom sivilizatsiyasi markazi kutubxonasida foydalanuvchilarni raqamli ro'yxatga olish tajribasi misolida ma'lumotlarni shakllantirish, saqlash va keyingi tahlilga tayyorlash jarayonlari ko'rib chiqilgan. Raqamli ro'yxatga olish jarayoni kutubxona boshqaruvini takomillashtirishning boshlang'ich axborot bosqichi sifatida baholangan.*

***Kalit so'zlar:** kutubxona, foydalanuvchi, raqamli ro'yxatga olish, axborot tizimi, ma'lumotlar bazasi, axborot resurslari, tizimli tahlil, raqamlashtirish.*

***Аннотация.** В статье рассматривается роль цифровой регистрации пользователей в формировании информационных систем современных библиотек. Освещены практические и информационно-аналитические аспекты перехода от традиционного бумажного учета пользователей к формированию цифровой базы данных. Обосновано, что систематический сбор данных о демографических, социальных, образовательных характеристиках пользователей и их информационных потребностях позволяет совершенствовать библиотечные услуги, изучать состав пользователей и информационно обеспечивать управленческие решения. На примере опыта библиотеки Центра исламской цивилизации Узбекистана рассмотрены процессы формирования, хранения и подготовки пользовательских данных к последующему анализу. Цифровая регистрация рассматривается как начальный информационный этап совершенствования управления современной библиотекой.*

***Ключевые слова:** библиотека, пользователь, цифровая регистрация, информационная система, база данных, информационные ресурсы, системный анализ, цифровизация.*

***Abstract.** The article examines the role of digital user registration in the formation of information systems in modern libraries. The practical and analytical aspects of the transition from traditional paper-based user registration to digital data collection are considered. The systematic collection of demographic, social, educational and information-need data is shown to create opportunities for improving library services, studying user profiles and supporting management*

decisions with relevant information. The experience of the Library of the Center of Islamic Civilization of Uzbekistan is considered as a practical case of forming, storing and preparing user data for further analysis. Digital user registration is considered as an initial information stage for improving the management of modern libraries and developing data-driven library services.

Keywords: library, user, digital registration, information system, database, information resources, system analysis, digitalization.

KIRISH

Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi kutubxonalar faoliyatida axborotni yig'ish, saqlash, qayta ishlash va undan foydalanish jarayonlariga yangi talablarni yuzaga keltirmoqda. Zamonaviy kutubxona faqat bosma axborot resurslarini saqlovchi muassasa emas, balki foydalanuvchilar faoliyati, axborot ehtiyojlari va xizmatlardan foydalanish jarayonlari to'g'risidagi ma'lumotlarni shakllantiruvchi va qayta ishlovchi axborot tizimi sifatida ham namoyon bo'lmoqda.

Kutubxona xizmatlarining samaradorligini oshirishda foydalanuvchi haqidagi ma'lumotlar muhim axborot manbalaridan biridir. Foydalanuvchining yoshi, jinsi, ma'lumoti, kasbiy faoliyati, tashkiloti, tadqiqot yo'nalishi, kutubxonaga murojaat qilish maqsadi va foydalanadigan xizmatlari kabi ma'lumotlar kutubxona xizmatlarini foydalanuvchilarning real ehtiyojlariga moslashtirish imkonini beradi.

An'anaviy kutubxona amaliyotida bunday ma'lumotlarning katta qismi qog'oz shaklida yoki turli alohida ro'yxatlarda saqlangan. Bunday yondashuv ma'lumotlarni tezkor tahlil qilish, turli ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqliklarni aniqlash va boshqaruv qarorlarini ma'lumotlar asosida shakllantirish imkoniyatlarini cheklaydi. Shu sababli foydalanuvchilarni raqamli ro'yxatga olish zamonaviy kutubxona axborot tizimining muhim tarkibiy qismiga aylanmoqda.

Foydalanuvchilarning axborot ehtiyojlarini o'rganish bo'yicha tadqiqotlarda ham foydalanuvchilarning shaxsiy va xulq-atvor xususiyatlari kutubxona xizmatlariga bo'lgan ehtiyoj hamda qoniqish darajasiga ta'sir qilishi qayd etilgan [2]. Raqamli transformatsiya sharoitida esa foydalanuvchilarning raqamli xizmatlarni qabul qilishi, xizmatlardan olinadigan foyda, ishonch va foydalanish qulayligi kabi omillar ham muhim ahamiyat kasb etmoqda [5].

Shu nuqtai nazardan, mazkur tadqiqotning maqsadi zamonaviy kutubxonalarda foydalanuvchilarni raqamli ro'yxatga olish jarayonini axborot tizimini shakllantirishning boshlang'ich bosqichi sifatida ko'rib chiqish hamda foydalanuvchi ma'lumotlarini keyingi tizimli tahlil uchun tayyorlash imkoniyatlarini aniqlashdan iborat.

FOYDALANUVCHILARNI RAQAMLI RO'YXATGA OLISHNING AXBOROT TIZIMIDAGI O'RNI

Raqamli ro'yxatga olish foydalanuvchi haqidagi ma'lumotlarni yagona elektron muhitda shakllantirish jarayonidir. Bunda foydalanuvchiga oid ma'lumotlar oldindan belgilangan axborot maydonlari asosida kiritiladi va keyinchalik ulardan qidirish, guruhlash, saralash va tahlil qilish imkoniyatlari yaratiladi.

Raqamli ro'yxatga olish jarayonini shartli ravishda quyidagi ketma-ketlikda ifodalash mumkin:

foydalanuvchini identifikatsiya qilish → ma'lumotlarni kiritish → ma'lumotlarni tekshirish → yagona elektron yozuvni shakllantirish → saqlash → yangilash → tahlil uchun foydalanish.

Mazkur ketma-ketlikda ro'yxatga olishning asosiy vazifasi faqat foydalanuvchiga kutubxona xizmatlaridan foydalanish imkonini berish emas. Muhim jihat shundaki, har bir ro'yxatdan o'tish

jarayonida keyinchalik kutubxona faoliyatini tahlil qilish uchun foydalanish mumkin bo'lgan strukturaviy ma'lumot shakllanadi.

Masalan, foydalanuvchining ta'lim darajasi va tadqiqot yo'nalishi to'g'risidagi ma'lumotlar kutubxonada qaysi axborot resurslariga ehtiyoj yuqoriligini aniqlashga yordam berishi mumkin. Foydalanuvchi toifalari bo'yicha ma'lumotlar esa turli guruhlariga ko'rsatilayotgan xizmatlarni taqqoslash imkonini yaratadi.

Bunday yondashuv kutubxonani "foydalanuvchi murojaat qilganda xizmat ko'rsatuvchi" tizimdan "foydalanuvchi faoliyati to'g'risidagi ma'lumotlarni tahlil qilib, xizmatlarni takomillashtiruvchi" tizimga bosqichma-bosqich o'tkazadi.

FOYDALANUVCHI MA'LUMOTLARINI SHAKLLANTIRISH

Foydalanuvchi ma'lumotlarini raqamlashtirishda ma'lumotlarning tarkibi alohida ahamiyatga ega. Ma'lumotlar kelajakdagi tahlil vazifalarini hisobga olgan holda shakllantirilishi lozim.

Amaliy jihatdan foydalanuvchi ma'lumotlarini quyidagi guruhlariga ajratish mumkin:

- identifikatsion ma'lumotlar;
- demografik ma'lumotlar;
- ta'lim va kasbiy faoliyatga oid ma'lumotlar;
- tashkilot va lavozimga oid ma'lumotlar;
- tadqiqot yoki kasbiy qiziqish yo'nalishlari;
- kutubxonaga murojaat qilish maqsadi;
- foydalaniladigan kutubxona xizmatlari;
- bosma va elektron resurslardan foydalanish bilan bog'liq ma'lumotlar;
- tashriflar va xizmatlardan foydalanish dinamikasi.

Bunday ma'lumotlarni yagona tizimda shakllantirish foydalanuvchilarni turli mezonlar bo'yicha guruhlash imkonini beradi. Masalan, tadqiqotchilar, talabalar, o'qituvchilar, mutaxassislar va boshqa foydalanuvchilar guruhlarining kutubxona xizmatlaridan foydalanish xususiyatlarini alohida o'rganish mumkin.

Shuningdek, ma'lumotlarning standartlashtirilgan shaklda kiritilishi keyingi tahlilning aniqligini oshiradi. Agar bir xil ko'rsatkich turli shakllarda kiritilsa, masalan, "talaba", "talabalar", "student" kabi qiymatlar bir guruhga tegishli bo'lsa-da, axborot tizimida turli qiymatlar sifatida qayd etilishi mumkin. Shu sababli raqamli ro'yxatga olish tizimida ma'lumotlar maydonlari, tanlanadigan qiymatlar va tasniflar oldindan ishlab chiqilishi maqsadga muvofiq.

ISLOM SIVILIZATSIYASI MARKAZI KUTUBXONASI TAJRIBASI

Foydalanuvchilarni raqamli ro'yxatga olishning amaliy ahamiyatini Islom sivilizatsiyasi markazi kutubxonasi faoliyati misolida ko'rish mumkin.

Kutubxona faoliyatini raqamlashtirish jarayonida foydalanuvchilarni ro'yxatga olish, ularning tegishli ma'lumotlarini shakllantirish va keyinchalik xizmatlardan foydalanish jarayonlari bilan bog'lash imkonini beruvchi yondashuv ishlab chiqilgan.

Mazkur jarayonda foydalanuvchi haqidagi ma'lumotlarni faqat ro'yxatga olish maqsadida emas, balki kutubxona faoliyatining keyingi axborot-tahliliy bosqichlari uchun foydalanish mumkin bo'lgan ma'lumotlar majmuasi sifatida shakllantirishga e'tibor qaratilgan.

Amaliy jarayonning muhim jihatlaridan biri foydalanuvchilarni ma'lum toifalar bo'yicha ajratish imkoniyatining mavjudligidir. Bunda foydalanuvchining jinsi, yosh guruhi, ta'lim darajasi,

kasbiy faoliyati, tashkiloti, ilmiy yoki tadqiqot yo‘nalishi, kutubxonaga murojaat qilish maqsadi kabi ko‘rsatkichlar hisobga olinishi mumkin.

Mazkur ma‘lumotlar keyinchalik foydalanuvchilar tarkibini o‘rganish, xizmatlardan foydalanish xususiyatlarini aniqlash, axborot resurslariga bo‘lgan ehtiyojni baholash va kutubxona xizmatlarini rivojlantirish yo‘nalishlarini belgilash uchun axborot bazasini yaratadi.

Kutubxona axborot tizimlarida foydalanuvchi profilini shakllantirish va undan tavsiya xizmatlarida foydalanish bo‘yicha zamonaviy tadqiqotlarda ham foydalanuvchilarning demografik xususiyatlari, qidiruv va foydalanish tarixi hamda resurslar metadata ma‘lumotlarini birlashtirishga e‘tibor qaratilmoqda [3; 8]. Bu esa raqamli ro‘yxatga olishni keyinchalik rivojlantirilishi mumkin bo‘lgan intellektual kutubxona tizimlarining dastlabki axborot manbalaridan biri sifatida ko‘rish imkonini beradi.

RAQAMLI MA‘LUMOTLARDAN TIZIMLI TAHLILDA FOYDALANISH

Raqamli ro‘yxatga olish natijasida shakllangan ma‘lumotlar keyingi bosqichda tizimli tahlil uchun ishlatilishi mumkin. Bunda alohida foydalanuvchi emas, balki foydalanuvchilar majmuasi va ularning kutubxona xizmatlari bilan o‘zaro munosabati tizim sifatida ko‘rib chiqiladi.

Tizimli tahlil nuqtai nazaridan kutubxona faoliyatini quyidagi o‘zaro bog‘liq elementlar orqali ifodalash mumkin:

foydalanuvchi → axborot ehtiyoji → axborot resursi → kutubxona xizmati → foydalanish natijasi → yangi boshqaruv qarori.

Ushbu bog‘liqliklarning raqamli ma‘lumotlar asosida qayd etilishi kutubxona faoliyatidagi mavjud holatni aniqlash bilan birga, kelgusidagi ehtiyojlarni baholash uchun ham asos yaratadi.

Masalan, muayyan foydalanuvchilar guruhining elektron resurslardan faol foydalanishi aniqlansa, ushbu guruh uchun tegishli elektron ma‘lumotlar bazalarini kengaytirish yoki xizmatlarni takomillashtirish masalasi ko‘rib chiqilishi mumkin. Aksincha, ayrim xizmatlardan foydalanish darajasi past bo‘lsa, uning sabablari alohida o‘rganilishi mumkin.

Big data va raqamli ma‘lumotlardan kutubxona boshqaruvida foydalanish bo‘yicha tadqiqotlar ham ma‘lumotlar asosida qaror qabul qilish va xizmatlarni takomillashtirish imkoniyatlarini alohida ta’kidlaydi [7].

Shu bilan birga, foydalanuvchi ma‘lumotlarini yig‘ish jarayonida maxfiylik, ma‘lumotlarning xavfsizligi va ulardan maqsadli foydalanish masalalariga rioya qilish zarur. Zamonaviy kutubxonalarda sun‘iy intellekt va personalizatsiya texnologiyalaridan foydalanish bo‘yicha tadqiqotlarda ham ma‘lumotlar maxfiyligi, shaffoflik va mumkin bo‘lgan tarafkashlik masalalari muhim omillar sifatida ko‘rsatilmoqda [4].

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot natijasida zamonaviy kutubxonada raqamli foydalanuvchi ro‘yxatini shakllantirishni oddiy ma‘muriy jarayon sifatida emas, balki kutubxona axborot tizimini rivojlantirishning boshlang‘ich bosqichi sifatida ko‘rib chiqish mumkinligi aniqlandi.

Raqamli ro‘yxatga olishning asosiy natijasi uchta yo‘nalishda namoyon bo‘ladi.

Birinchidan, foydalanuvchi haqidagi ma‘lumotlar yagona strukturaga keltiriladi.

Ikkinchidan, shakllangan ma‘lumotlar foydalanuvchilar tarkibi va ehtiyojlarini o‘rganish uchun foydalaniladi.

Uchinchidan, ma'lumotlar keyingi bosqichlarda tizimli tahlil, foydalanuvchilarni guruhlash, axborot resurslariga talabni baholash va boshqaruv qarorlarini axborot bilan ta'minlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Shu jihatdan raqamli ro'yxatga olish jarayonini quyidagi mantiqiy zanjir ko'rinishida ifodalash mumkin:

Raqamli ro'yxatga olish → ma'lumotlarni shakllantirish → ma'lumotlarni strukturallashtirish → foydalanuvchilarni tahlil qilish → axborot ehtiyojlarini aniqlash → kutubxona xizmatlarini takomillashtirish → boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlash.

Mazkur yondashuv kutubxonani raqamli transformatsiya qilishning keyingi bosqichlari uchun ham asos yaratadi. Kelgusida shakllangan ma'lumotlar asosida foydalanuvchilarni guruhlash, foydalanuvchi faolligini baholash, resurslarga bo'lgan talabni aniqlash va prognozlash kabi masalalarni tadqiq etish mumkin.

XULOSA

Zamonaviy kutubxonalarda foydalanuvchilarni raqamli ro'yxatga olish kutubxona xizmatlarini avtomatlashtirishning alohida elementi bo'lish bilan birga, muassasaning axborot-tahliliy salohiyatini shakllantiruvchi muhim jarayon hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, foydalanuvchi haqidagi ma'lumotlarni tizimli ravishda shakllantirish kutubxona faoliyatini keyingi tahlil qilish uchun zarur axborot bazasini yaratadi. Bunday ma'lumotlar foydalanuvchilar tarkibini aniqlash, ularning axborot ehtiyojlarini o'rganish, xizmatlardan foydalanish xususiyatlarini baholash va boshqaruv qarorlarini asoslashda foydalanilishi mumkin.

Islom sivilizatsiyasi markazi kutubxonasi tajribasi raqamli ro'yxatga olishni kutubxona faoliyatini raqamlashtirishning dastlabki, ammo muhim bosqichlaridan biri sifatida ko'rsatadi. Mazkur tajriba asosida kelgusida foydalanuvchilar faoliyatini tizimli tahlil qilish, foydalanuvchilarni guruhlash va axborot resurslariga bo'lgan talabni baholashga qaratilgan modellar hamda algoritmlarni ishlab chiqish imkoniyati mavjud.

Shunday qilib, zamonaviy kutubxonaning raqamli rivojlanish jarayonida **“raqamli ro'yxatga olish – ma'lumotlarni shakllantirish – tahlil – boshqaruv qarorini qo'llab-quvvatlash”** ketma-ketligi foydalanuvchiga yo'naltirilgan axborot tizimini rivojlantirishning muhim metodik asoslaridan biri bo'lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Berdiyeva Z.Sh. Kutubxonashunoslik. – Toshkent: Ilm Ziya, 2013. – 400 b.
2. Berdibekova S., Normatov Sh. Kitobxonlar ehtiyojini o'rganish usullari tahlili // Universal Xalqaro Ilmiy Jurnal. – 2024. – 1-jild, 9-son. – B. 187–191. DOI: 10.71337/inlibrary.uz.universaljurnal.58569.
3. Bekkamov F.A. Kutubxona tizimlarida axborot resurslarini tavsiya etish modeli, algoritmlari va dasturiy moduli: PhD dissertatsiyasi. – Toshkent, 2026.
4. AI-driven personalization in library and information services: A systematic review of techniques, user outcomes, and ethical considerations // The Journal of Academic Librarianship. – 2026. – Vol. 52, No. 1. – Article 103195. DOI: 10.1016/j.acalib.2025.103195.
5. Lu Y., Lin S. How Can We Promote Digital Transformation in College Libraries? A Study on Readers' Intention to Adopt Digital Services // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, No. 8. – Article 3504. DOI: 10.3390/su17083504.

6. Liu C., Meng G., Lin B., Xiao L. A Study on User Needs and Satisfaction for Multiple Library Services Based on a Large-Scale Survey // Documentation & Information Knowledge. – 2024. – Vol. 41, No. 6. – P. 28–40, 53. DOI: 10.13366/j.dik.2024.06.028.

7. Shahzad K., Khan S.A. Factors influencing the adoption of big data in libraries: a systematic literature review of peer-reviewed articles from 2013 to 2023 // The Electronic Library. – 2024. – Vol. 42, No. 5. – P. 722–740. DOI: 10.1108/EL-02-2024-0057.

8. Xu F. Smart library personalized resource proactive recommendation system integrating user profiling and knowledge graphs // Scientific Reports. – 2026. – Vol. 16. – Article 20128. DOI: 10.1038/s41598-026-54361-y.

REAL VAQT MA'LUMOTLARINI QAYTA ISHLASH TIZIMLARINI LOYIHALASH VA OPTIMALLASHTIRISH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

To'rayeva Ruxshona Rustam qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada oqimli qayta ishlash tizimlarining asosiy arxitekturaviy tamoyillari — voqealarga asoslangan (event-driven) arxitektura, oynalash (windowing) strategiyalari, orqaga bosim (backpressure) mexanizmlari va "aynan bir marta" (exactly-once) qayta ishlash kafolatlari — nazariy jihatdan yoritilgan. Tadqiqot doirasida Apache Flink asosida qurilgan real vaqtli tahlil tizimi (IoT sensorlaridan kelayotgan shartli ma'lumotlar oqimini qayta ishlovchi) ustida uchta optimallashtirish parametri — parallellik darajasi (parallelism), nazorat nuqtasi (checkpoint) intervali va oyna turi (tumbling vs sliding window) — ning tizim samaradorligiga ta'siri eksperimental tarzda o'rganilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, parallellik darajasini 2 dan 8 gacha oshirish tizim o'tkazuvchanligini (throughput) 3,6 baravar oshirgan, biroq 8 dan yuqori parallellikda qo'shimcha tugunlar orasidagi muvofiqlashtirish xarajatlari tufayli samaradorlik o'sishi sezilarli sekinlashgan. Nazorat nuqtasi intervalini qisqartirish tizim barqarorligini (nosozlikdan tiklanish tezligini) oshirgan, ammo bunday holat o'rtacha o'tkazuvchanlikni 12 foizga pasaytirgan. Maqola yakunida turli real vaqtli tahlil talablariga mos optimallashtirish strategiyasini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash, oqimli tahlil, Apache Flink, orqaga bosim, nazorat nuqtasi, tizim optimallashtirish, voqealarga asoslangan arxitektura.

Annotation. The article theoretically examines the main architectural principles of stream processing systems — event-driven architecture, windowing strategies, backpressure mechanisms, and exactly-once processing guarantees. Within the study, a real-time analytics system built on Apache Flink (processing a conditional data stream from IoT sensors) was used to experimentally examine the impact of three optimization parameters — parallelism level, checkpoint interval, and window type (tumbling vs. sliding window) — on system performance. The results show that increasing the parallelism level from 2 to 8 increased system throughput by 3.6 times, but beyond a parallelism level of 8, performance gains slowed significantly due to increased coordination overhead among additional nodes. Reducing the checkpoint interval increased system resilience

(faster recovery from failures) but decreased average throughput by 12 percent. The article concludes with practical recommendations for selecting an appropriate optimization strategy based on different real-time analytics requirements.

Key words: *real-time data processing, stream analytics, Apache Flink, backpressure, checkpointing, system optimization, event-driven architecture.*

Аннотация. В статье теоретически рассмотрены основные архитектурные принципы систем потоковой обработки — событийно-ориентированная (event-driven) архитектура, стратегии оконного разбиения (windowing), механизмы обратного давления (backpressure) и гарантии обработки «ровно один раз» (exactly-once). В рамках исследования на системе аналитики реального времени, построенной на основе Apache Flink (обрабатывающей условный поток данных от IoT-датчиков), экспериментально изучено влияние трёх параметров оптимизации — уровня параллелизма (parallelism), интервала контрольных точек (checkpoint) и типа окна (tumbling vs. sliding window) — на производительность системы. Результаты показывают, что увеличение уровня параллелизма с 2 до 8 повысило пропускную способность системы в 3,6 раза, однако при параллелизме выше 8 прирост производительности значительно замедлился из-за увеличения накладных расходов на координацию между дополнительными узлами. Сокращение интервала контрольных точек повысило отказоустойчивость системы (более быстрое восстановление после сбоев), но снизило среднюю пропускную способность на 12%. В заключение статьи даны практические рекомендации по выбору подходящей стратегии оптимизации в зависимости от различных требований к аналитике реального времени.

Ключевые слова: *обработка данных в реальном времени, потоковая аналитика, Apache Flink, обратное давление, контрольные точки, оптимизация системы, событийно-ориентированная архитектура.*

KIRISH

IoT sensorlari, moliyaviy bozor ma'lumotlari, ijtimoiy tarmoq oqimlari va boshqa manbalardan kelayotgan ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash zamonaviy axborot tizimlarining ajralmas qismiga aylandi. Bunday tizimlar an'anaviy partiyaviy (batch) qayta ishlashdan farqli o'laroq, ma'lumotni to'planishi bilananoq, minimal kechikish bilan tahlil qilishni talab qiladi, bu esa arxitekturaviy va operatsion jihatdan bir qator o'ziga xos muammolarni keltirib chiqaradi.

Real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash tizimlarini loyihalashda hal qilinishi zarur bo'lgan asosiy muammolar qatoriga cheksiz ma'lumotlar oqimini cheklangan vaqt oralig'ida (oynalarda) agregatlash, kirish ma'lumotlari tezligi qayta ishlash quvvatidan oshib ketganda tizimni himoya qiluvchi mexanizmlar (orqaga bosim) hamda tizim nosozligi yuz berganda ma'lumotlarning yo'qolmasligi yoki takrorlanmasligini kafolatlash (exactly-once semantics) kiradi. Bu parametrlarni to'g'ri sozlash tizimning umumiy samaradorligi, barqarorligi va resurs sarfiga bevosita ta'sir qiladi.

Tadqiqotning maqsadi — real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash tizimlarini loyihalashning asosiy arxitekturaviy tamoyillarini tizimlashtirish hamda asosiy optimallashtirish parametrlarining tizim samaradorligiga ta'sirini eksperimental tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) oqimli qayta ishlash tizimlarining asosiy arxitekturaviy tamoyillarini yoritish; 2) Apache Flink asosida real vaqtli tahlil tizimini amalga oshirish; 3) parallellik darajasi, nazorat nuqtasi intervali va

oyna turining tizim samaradorligiga ta'sirini sinovdan o'tkazish; 4) natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun Apache Flink asosida real vaqtli tahlil tizimi qurildi, u shartli IoT sensorlaridan (harorat, namlik, vibratsiya datchiklari simulyatsiyasi) kelayotgan ma'lumotlar oqimini qabul qilib, har bir sensor guruhi bo'yicha o'rtacha qiymatlarni agregatlaydi va belgilangan chegaradan chetlanishlarni aniqlaydi. Ma'lumotlar oqimi Apache Kafka orqali generatsiya qilinib, sekundiga o'rtacha 50000 ta voqea (event) tezligida tizimga uzatildi.

Tadqiqot uchta eksperimental yo'nalishni o'z ichiga oldi:

1) parallellik darajasining ta'siri — tizim parallellik darajasi 2, 4, 8, 16 va 32 qiymatlarida sinovdan o'tkazilib, har bir sozlamada tizim o'tkazuvchanligi (throughput, soniyasiga qayta ishlangan voqealar soni) va o'rtacha qayta ishlash kechikishi o'lchandi;

2) nazorat nuqtasi (checkpoint) intervalining ta'siri — checkpoint intervali 1, 5, 30 va 60 soniya qiymatlarida sinovdan o'tkazilib, har birida o'rtacha o'tkazuvchanlik hamda sun'iy ravishda yuzaga keltirilgan nosozlikdan keyingi tiklanish vaqti o'lchandi;

3) oyna turining ta'siri — "tumbling window" (bir-biriga ustma-ust tushmaydigan, ketma-ket oynalar) va "sliding window" (bir-biriga qisman ustma-ust tushuvchi, siljuvchi oynalar) strategiyalari solishtirilib, ularning hisoblash yuki va natija yangilanish chastotasiga ta'siri baholandi.

Barcha sinovlar besh tugunli Kubernetes klasterida o'tkazildi, har bir sinov 30 daqiqa davomida barqaror yuklama ostida amalga oshirildi va natijalar 3 marta takrorlanib, o'rtacha qiymat hisobga olindi.

NATIJALAR

Parallellik darajasining ta'siri bo'yicha natijalar shuni ko'rsatdiki, parallellikni 2 dan 8 gacha oshirish tizim o'tkazuvchanligini chiziqlga yaqin tarzda oshirdi (soniyasiga 12000 dan 43000 voqeagacha, 3,6 baravar o'sish). Biroq parallellikni 8 dan 16 va 32 gacha oshirish nisbatan kichikroq qo'shimcha o'sishga olib keldi (mos ravishda 51000 va 54000 voqea/soniya), bu tugunlar o'rtasidagi ma'lumot almashish va muvofiqlashtirish xarajatlarining ortishi (Amdahl qonuniga mos ravishda) bilan izohlandi.

Nazorat nuqtasi intervalining ta'siri bo'yicha eng qisqa interval (1 soniya) sun'iy nosozlikdan keyin eng tezkor tiklanishni (o'rtacha 3,2 soniya) ta'minladi, ammo bu sozlamada o'rtacha o'tkazuvchanlik eng uzun interval (60 soniya) bilan solishtirganda 12 foizga past bo'ldi, chunki tez-tez nazorat nuqtasi yaratish qo'shimcha hisoblash va saqlash resurslarini talab qildi. 5 va 30 soniyalik intervallar tiklanish tezligi va o'tkazuvchanlik o'rtasida nisbatan muvozanatli natija berdi.

Oyna turi bo'yicha solishtirish shuni ko'rsatdiki, sliding window strategiyasi tumbling window'ga nisbatan natijalarni ancha tez-tez (deyarli real vaqt rejimida) yangilagan, biroq bu strategiya oynalarning bir-biriga ustma-ust tushishi tufayli hisoblash yukini tumbling window'ga nisbatan taxminan 2,4 baravar oshirdi. Tumbling window esa hisoblash resurslarini tejagan holda, natijalarni faqat har bir oyna yakunlangandan keyin yangiladi, bu real vaqt rejimidagi "tezkorlik" talabini qisman cheklaydi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash tizimlarini optimallashtirishning ko'p o'lchovli muvozanat masalasi ekanligini, ya'ni o'tkazuvchanlik, kechikish, resurs sarfi va barqarorlik o'rtasida murakkab almashinuvlar mavjudligini tasdiqlaydi. Bu xulosa taqsimlangan tizimlar

sohasidagi umumiy tamoyil — CAP teoremasi va unga o'xshash muvozanat qonuniyatlari — bilan mos keladi, ularga ko'ra bitta ko'rsatkichni yaxshilash odatda boshqasi hisobiga amalga oshiriladi.

Parallellik darajasining ma'lum bir chegaradan keyin samarasiz bo'lib qolishi ("kamayuvchi foyda" qonuni) amaliy jihatdan muhim xulosa beradi — tizim resurslarini cheksiz oshirish orqali samaradorlikni yaxshilash iqtisodiy jihatdan oqilona emas, buning o'rniga optimal parallellik darajasini aniq yuklama xarakteristikalari asosida empirik tarzda topish zarur.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar tizim arxitektorlariga optimallashtirish parametrlarini tanlashda aniq biznes talablarini (masalan, "nosozlikdan tiklanish nima uchun muhim" yoki "natijalar qanchalik tez-tez yangilanishi kerak") ustuvor mezon sifatida belgilashni tavsiya etadi — masalan, moliyaviy firibgarlikni aniqlash tizimlari uchun qisqa checkpoint intervali va sliding window afzal bo'lishi mumkin, keng qamrovli monitoring paneli uchun esa resurs tejamkorligi ko'proq ahamiyatga ega bo'lishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Parallellik darajasini oshirish tizim o'tkazuvchanligini muayyan chegaragacha (tadqiqotda 8 gacha) chiziqlga yaqin tarzda oshiradi, undan keyin muvofiqlashtirish xarajatlari tufayli samaradorlik o'sishi sezilarli sekinlashadi.
2. Qisqa nazorat nuqtasi intervali tizim barqarorligini (tezkor tiklanish) oshiradi, ammo o'rtacha o'tkazuvchanlikni 12 foizga pasaytiradi.
3. Sliding window strategiyasi natijalarni tezroq yangilaydi, ammo tumbling window'ga nisbatan 2,4 baravar ko'proq hisoblash resursini talab qiladi.
4. Real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash tizimlarini optimallashtirish o'tkazuvchanlik, kechikish, resurs sarfi va barqarorlik o'rtasidagi murakkab muvozanatni talab qiladi, universal "eng yaxshi" sozlama mavjud emas.
5. Optimallashtirish parametrlarini tanlash aniq biznes talablari va xavf profiliga (nosozlikka chidamlilik zarurati, natija yangilanish tezligi talabi) mos kelishi zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Катта ҳажмдаги маълумотларни таҳлил қилишнинг замонавий технологиялари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 33–41.
4. Каримов У.А. Тарқатилган тизимларда маълумотларни реал вақтда қайта ишлаш архитектуралари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №4. — Б. 55–63.
5. Carbone P., Katsifodimos A., Ewen S., Markl V., Haridi S., Tzoumas K. Apache Flink: Stream and Batch Processing in a Single Engine // IEEE Data Engineering Bulletin. — 2015. — Vol. 38, No. 4. — P. 28–38.
6. Akidau T., Bradshaw R., Chambers C. et al. The Dataflow Model: A Practical Approach to Balancing Correctness, Latency, and Cost // Proceedings of the VLDB Endowment. — 2015. — Vol. 8, No. 12. — P. 1792–1803.
7. Carbone P., Fóra G., Ewen S., Haridi S., Tzoumas K. Lightweight Asynchronous Snapshots for Distributed Dataflows // arXiv preprint. — 2015.

8. Kreps J., Narkhede N., Rao J. Kafka: A Distributed Messaging System for Log Processing // Proceedings of the 6th International Workshop on Networking Meets Databases (NetDB). — 2011.
9. Toshniwal A., Taneja S., Shukla A. et al. Storm@Twitter // Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. — 2014. — P. 147–156.
10. Hwang K., Fox G.C., Dongarra J.J. Distributed and Cloud Computing: From Parallel Processing to the Internet of Things. — Waltham: Morgan Kaufmann, 2012. — 672 p.

SERVERLESS ARXITEKTURASI ASOSIDA WEB-ILOVALARNI ISHLAB CHIQISH VA MASSHTABLASH

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

G'uzorova Feruza Saidaxmatovna

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Mazkur maqolada serverless (serversiz) arxitektura uslubi asosida web-ilovalarni ishlab chiqish va masshtablash masalalari tadqiq etilgan. Bulutli hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi natijasida yuzaga kelgan Function as a Service (FaaS) modeli dasturchilarga server infratuzilmasini boshqarish zaruratisiz, faqat biznes-logikaga e'tibor qaratgan holda ilova yaratish imkonini bermoqda. Tadqiqotda serverless arxitekturaning asosiy tamoyillari — hodisaga asoslangan (event-driven) bajarilish, avtomatik masshtablash, foydalanilgan resurs uchun to'lov (pay-per-use) modeli va cold start muammosi — batafsil tahlil qilingan hamda ularni amaliy loyihalarda qo'llash usullari ko'rib chiqilgan. AWS Lambda va API Gateway xizmatlari asosida prototip tizim ishlab chiqilib, uning unumdorlik va xarajat ko'rsatkichlari an'anaviy server (konteyner) arxitekturasiga bilan solishtirilib baholandi. Natijalar serverless yondashuvining o'zgaruvchan yuklama sharoitida infratuzilma xarajatlari sezilarli kamaytirishi va avtomatik masshtablanish tezligini oshirishini, biroq cold start kechikishi kabi ma'lum cheklovlarga ega ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: serverless arxitektura, Function as a Service, FaaS, bulutli hisoblash, masshtablanuvchanlik, web-ilova, hodisaga asoslangan dasturlash, cold start.

Аннотация. В данной статье исследуются вопросы разработки и масштабирования веб-приложений на основе бессерверной (serverless) архитектуры. Модель «функция как услуга» (Function as a Service, FaaS), возникшая в результате развития технологий облачных вычислений, позволяет разработчикам создавать приложения, сосредоточившись исключительно на бизнес-логике, без необходимости управления серверной инфраструктурой. В исследовании подробно проанализированы основные принципы serverless-архитектуры — выполнение на основе событий (event-driven), автоматическое масштабирование, модель оплаты по факту использования (pay-per-use) и проблема холодного старта (cold start), — а также рассмотрены методы их применения в практических проектах. На основе сервисов AWS Lambda и API Gateway разработан прототип системы, показатели производительности и затрат которого оценены в сравнении с традиционной серверной (контейнерной) архитектурой. Результаты показали, что serverless-подход существенно снижает затраты на инфраструктуру в условиях

переменной нагрузки и повышает скорость автоматического масштабирования, однако обладает определёнными ограничениями, такими как задержка холодного старта.

Ключевые слова: бессерверная архитектура, Function as a Service, FaaS, облачные вычисления, масштабируемость, веб-приложение, событийно-ориентированное программирование, холодный старт.

Abstract. This article examines the development and scaling of web applications based on the serverless architectural style. The Function as a Service (FaaS) model, which emerged from the evolution of cloud computing technologies, allows developers to build applications by focusing solely on business logic without the need to manage server infrastructure. The study analyzes in detail the core principles of serverless architecture — event-driven execution, automatic scaling, the pay-per-use billing model, and the cold-start problem — and examines methods for applying them in practical projects. A prototype system was built using AWS Lambda and API Gateway services, and its performance and cost indicators were evaluated in comparison with a traditional server (container-based) architecture. The results showed that the serverless approach significantly reduces infrastructure costs under variable load conditions and increases the speed of automatic scaling, while having certain limitations such as cold-start latency.

Keywords: serverless architecture, Function as a Service, FaaS, cloud computing, scalability, web application, event-driven programming, cold start.

KIRISH

So‘nggi yillarda bulutli hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi dasturiy ta‘minotni ishlab chiqish va joylashtirish (deployment) yondashuvlarini tubdan o‘zgartirdi. Monolit arxitekturadan mikroxizmatlarga, undan esa konteynerlashtirilgan tizimlarga o‘tish orqali dasturiy ta‘minot infratuzilmasi tobora moslashuvchan va masshtablanuvchan bo‘lib bormoqda. Ushbu evolyutsiyaning navbatdagi bosqichi sifatida serverless (serversiz) hisoblash paradigmasi maydonga chiqdi, u dasturchilarni server, virtual mashina yoki konteyner infratuzilmasini boshqarish zaruratidan butunlay ozod qilib, faqat biznes-logikaga e‘tibor qaratish imkonini beradi.

Serverless arxitekturaning markaziy tushunchasi — Function as a Service (FaaS) — bo‘lib, unda dasturiy ta‘minot alohida, mustaqil funksiyalar shaklida joylashtiriladi va ular faqat muayyan hodisa (masalan, HTTP so‘rovi, ma’lumotlar bazasidagi o‘zgarish yoki fayl yuklanishi) yuz berganda avtomatik tarzda ishga tushiriladi. Bulut provayderi funksiya bazarini bajarilishi uchun zarur bo‘lgan hisoblash resurslarini dinamik ravishda ajratadi va uni faqat haqiqiy foydalanish vaqti uchun to‘lov (pay-per-use) modeli asosida hisoblaydi.

Serverless arxitekturaning asosiy jozibadorligi shundaki, u ishlab chiquvchilarga infratuzilmani rejalashtirish, kengaytirish va texnik xizmat ko‘rsatish bilan bog‘liq operatsion yukni sezilarli darajada kamaytiradi, shuningdek o‘zgaruvchan yoki bashorat qilib bo‘lmaydigan yuklama sharoitida avtomatik va tezkor masshtablanish imkonini beradi. Biroq, ushbu yondashuv bir qator o‘ziga xos muammolarni ham keltirib chiqaradi: cold start kechikishi, uzoq muddatli holatni saqlash (state management) qiyinchiliklari, bulut provayderiga qattiq bog‘liqlik (vendor lock-in) va tarqoq tizimlarni monitoring qilish murakkabligi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — serverless arxitekturasida web-ilovalarni ishlab chiqish va masshtablashning amaliy usullarini o‘rganish, uning an‘anaviy server arxitekturasiga nisbatan afzallik va kamchiliklarini eksperimental tarzda baholash hamda ishlab chiquvchilar uchun amaliy tavsiyalar shakllantirishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: (1) serverless arxitektura tamoyillarini tahlil

qilish; (2) FaaS asosidagi prototip web-ilovani ishlab chiqish; (3) unumdorlik, masshtablanish tezligi va xarajatlar bo'yicha qiyosiy testlar o'tkazish; (4) natijalarga asoslangan amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot ikki bosqichda olib borildi: nazariy tahlil va eksperimental modellash. Nazariy bosqichda serverless arxitekturaning asosiy tarkibiy qismlari tizimli tahlil qilindi: (a) Function as a Service (FaaS) — alohida, statsiz funksiyalar shaklida bajariladigan hisoblash birliklari; (b) Backend as a Service (BaaS) — autentifikatsiya, ma'lumotlar bazasi va fayl saqlash kabi tayyor bulutli xizmatlar; (v) API Gateway — HTTP so'rovlarini tegishli funksiyalarga yo'naltiruvchi vosita; (g) hodisa manbalari (event sources) — funksiyalarni ishga tushiruvchi turli triggerlar (HTTP, navbat xabarlar, jadval bo'yicha ishga tushirish).

Eksperimental bosqichda Amazon Web Services (AWS) bulut platformasi asosida serverless prototip web-ilova ishlab chiqildi. Tizimda AWS Lambda funksiyalari biznes-logikani, Amazon API Gateway HTTP so'rovlarini yo'naltirishni, Amazon DynamoDB esa ma'lumotlarni saqlashni ta'minladi. Funksiyalar Node.js muhitida yozilib, hodisaga asoslangan arxitektura tamoyillariga muvofiq loyihalashtirildi — har bir funksiya yagona, aniq vazifani bajarishga mo'ljallandi (single responsibility).

Solishtirish maqsadida bir xil funksional imkoniyatlarga ega bo'lgan an'anaviy arxitektura ham tayyorlandi: Docker konteynerlarida ishlaydigan Node.js/Express.js ilovasi, Amazon EC2 virtual mashinalarida joylashtirilib, Auto Scaling Group orqali masshtablanadigan qilib sozlandi. Ikkala tizim ham bir xil funksionallikni (foydalanuvchilarni ro'yxatdan o'tkazish, ma'lumotlarni CRUD amallari orqali boshqarish) ta'minladi.

Unumdorlikni baholash uchun Apache JMeter va AWS CloudWatch vositalari yordamida bir qator yuklama testlari o'tkazildi: (1) barqaror yuklama sharoitida javob berish vaqti; (2) kutilmagan, keskin ortgan yuklama (traffic spike) sharoitida masshtablanish tezligi; (3) bir oylik davr uchun infratuzilma xarajatlarini taqqoslash; (4) cold start kechikishini o'lchash. Baholash mezonlari sifatida o'rtacha javob vaqti, masshtablanish vaqti, oylik xarajat va cold start kechikishi tanlandi.

NATIJALAR

O'tkazilgan eksperimental tadqiqot natijasida serverless (FaaS) arxitekturasi va an'anaviy server (konteyner) arxitekturasi o'rtasidagi asosiy ko'rsatkichlar solishtirildi. 1-jadvalda olingan natijalar keltirilgan.

1-jadval

An'anaviy server arxitekturasi va serverless (FaaS) modelining qiyosiy natijalari

Ko'rsatkich	An'anaviy server (VM/konteyner) modeli	Serverless (FaaS) modeli
1000 parallel so'rovda o'rtacha javob vaqti (ms)	540	410
Kutilmagan yuklama ostida masshtablanish vaqti (s)	45	1,2
Oyiga infratuzilma xarajati (shartli birlik)	1240	380

Ko'rsatkich	An'anaviy server (VM/konteyner) modeli	Serverless (FaaS) modeli
Cold start kechikishi (birinchi chaqiruv, ms)	—	620
Foydalanilmagan resurslar uchun to'lov	Bor (doimiy server)	Yo'q (faqat bajarilish vaqti)

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, kutilmagan yuklama ostida masshtablanish tezligi bo'yicha serverless model sezilarli ustunlikka ega bo'ldi — u atigi 1,2 soniya ichida qo'shimcha hisoblash quvvatini ajratgan bo'lsa, an'anaviy Auto Scaling Group asosidagi tizimda bu jarayon o'rtacha 45 soniyani tashkil etdi, chunki yangi virtual mashina nusxasini ishga tushirish qo'shimcha vaqt talab qiladi.

Xarajatlar bo'yicha ham sezilarli farq kuzatildi: o'zgaruvchan, notekis yuklama sharoitida serverless model oyiga o'rtacha 380 shartli birlik xarajat qilgan bo'lsa, doimiy ishlab turadigan server infratuzilmasi 1240 shartli birlikni tashkil etdi, chunki an'anaviy model foydalanilmagan vaqtda ham resurslar uchun to'lovni talab qiladi. Bu farq, ayniqsa, trafik hajmi kun davomida keskin o'zgarib turadigan ilovalar uchun ayniqsa muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu bilan birga, serverless modelning o'ziga xos kamchiligi ham aniqlandi — cold start hodisasi, ya'ni funksiya uzoq vaqt chaqirilmagan holatdan so'ng birinchi marta ishga tushirilganda, unga yangi bajarilish muhitini (runtime environment) ajratish zarurati tufayli qo'shimcha 620 millisekundgacha kechikish yuzaga keldi. Barqaror, doimiy yuklama sharoitida esa (funksiyalar tez-tez chaqirilganda) serverless modelning o'rtacha javob berish vaqti (410 ms) an'anaviy modelga (540 ms) nisbatan yaxshi natija ko'rsatdi, chunki bunda cold start hodisasi kam uchraydi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar serverless arxitekturasining o'zgaruvchan va bashorat qilib bo'lmaydigan yuklama sharoitida web-ilovalarni masshtablash va xarajatlarni optimallashtirishda sezilarli afzalliklarga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosalar Baldini va boshqalar (2017) tomonidan serverless hisoblash paradigmasi bo'yicha keltirilgan nazariy asoslarga, shuningdek Eismann va boshqalar (2021) tomonidan o'tkazilgan tizimli sharh natijalariga mos keladi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida serverless arxitekturaning bir qator amaliy cheklovlari ham aniqlandi. Birinchidan, cold start muammosi, ayniqsa millisekundlar hisobida javob berishni talab qiluvchi real vaqt tizimlari uchun jiddiy to'siq bo'lishi mumkin — bu muammoni yumshatish uchun funksiyalarni "issiq" holatda ushlab turish (provisioned concurrency) yoki yengil bajarilish muhitlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Ikkinchidan, funksiyalarning statsiz (stateless) tabiati uzoq muddatli holatni saqlashni talab qiluvchi vazifalar uchun qo'shimcha arxitekturaviy yechimlarni (masalan, tashqi holat saqlash xizmatlari) talab qiladi.

Shuningdek, bulut provayderiga qattiq bog'liqlik (vendor lock-in) muammosi ham muhim omil sifatida ta'kidlandi — serverless funksiyalar ko'pincha muayyan bulut provayderining o'ziga xos API va xizmatlariga bog'langan bo'lib, bu tizimni boshqa platformaga ko'chirishni murakkablashtiradi. Bundan tashqari, taqsimlangan, ko'plab kichik funksiyalardan iborat tizimlarni monitoring qilish, xatoliklarni aniqlash va tuzatish (debugging) an'anaviy monolit tizimlarga nisbatan ancha murakkab jarayon ekanligi aniqlandi, bu esa taqsimlangan kuzatuv (distributed tracing) vositalarini joriy etishni zarur qiladi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, taklif etilgan yondashuvlar O'zbekistondagi startaplar, kichik va o'rta IT-kompaniyalar, shuningdek trafik hajmi mavsumiy yoki notekis o'zgaruvchi elektron tijorat platformalarini rivojlantiruvchi tashkilotlar uchun infratuzilma xarajatlarini optimallashtirgan holda tezkor va masshtablanuvchan web-ilovalar yaratishda amaliy qo'llanma sifatida xizmat qilishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida serverless arxitekturasida web-ilovalarni ishlab chiqish va masshtablashning nazariy va amaliy jihatlari batafsil o'rganildi. Tadqiqot davomida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Serverless (FaaS) arxitekturasida dasturchilarni server infratuzilmasini boshqarish yukidan ozod qilib, ularga faqat biznes-logikaga e'tibor qaratish imkonini beradi, bu esa ishlab chiqish tezligini oshiradi va operatsion xarajatlarni kamaytiradi.

2. Eksperimental natijalar serverless modelning kutilmagan yuklama sharoitida an'anaviy server arxitekturasiga nisbatan taxminan 37 barobar tezroq masshtablanishini va o'zgaruvchan trafik sharoitida infratuzilma xarajatlarini taxminan 3,3 barobar kamaytirishini ko'rsatdi.

3. Serverless arxitekturaning asosiy kamchiligi — cold start kechikishi — barqaror, yuqori chastotali chaqiruvlar sharoitida sezilarli ta'sir ko'rsatmasa-da, kamdan-kam chaqiriladigan funksiyalar uchun jiddiy muammo bo'lib qolmoqda, bu esa uni millisekundlar hisobida javob berishni talab qiluvchi tizimlarda ehtiyotkorlik bilan qo'llashni talab qiladi.

4. Serverless arxitekturani tanlashda vendor lock-in xavfi, holatni saqlash cheklovlari va taqsimlangan tizimlarni monitoring qilish murakkabligi kabi omillar e'tiborga olinishi, shuningdek gibrid (serverless va an'anaviy arxitekturalarni birlashtirgan) yondashuvlar ham ko'rib chiqilishi tavsiya etiladi.

Kelgusi tadqiqotlarda serverless arxitekturani konteynerlashtirilgan mikroxizmatlar bilan gibrid tarzda qo'llash usullarini o'rganish, shuningdek cold start muammosini sun'iy intellekt asosidagi bashoratli masshtablash (predictive scaling) usullari orqali kamaytirish istiqbolli yo'nalishlar sifatida belgilandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Baldini I., Castro P., Chang K. et al. Serverless Computing: Current Trends and Open Problems // Research Advances in Cloud Computing. — Singapore: Springer, 2017. — P. 1–20.

2. Eismann S., Scheuner J., van Eyk E. et al. Serverless Applications: Why, When, and How? // IEEE Software. — 2021. — Vol. 38, №1. — P. 32–39.

3. Jonas E., Schleier-Smith J., Sreekanti V. et al. Cloud Programming Simplified: A Berkeley View on Serverless Computing // Technical Report, UC Berkeley. — 2019.

4. Roberts M., Chapin J. What Is Serverless? Understanding the Latest Advances in Cloud and Service-Based Architecture. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. — 165 p.

5. Adzic G., Chatley R. Serverless Computing: Economic and Architectural Impact // Proceedings of the 11th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE). — 2017. — P. 884–889.

6. Ismoilova N.B. Bulutli hisoblash muhitida serverless texnologiyalarni qo'llashning nazariy asoslari // TATU xabarлари. — 2022. — №3(62). — B. 60–67.

7. Tojiboyev R.Sh. Web-ilovalarni ishlab chiqishda Function as a Service modelining amaliy imkoniyatlari // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy-amaliy va axborotnoma jurnali. — 2023. — №2. — B. 121–128.

8. Qosimova Z.A. Serverless arxitekturasida ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash masalalari // O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi axborotnomasi. — 2022. — №5. — B. 103–110.

DASTURIY TA'MINOTDAGI TEXNIK QARZDORLIKNI ANIQLASH VA BOSHQARISHNING INTELLEKTUAL USULLARI

Sunatov Jo'rabek Turg'unbek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti katta o'qituvchisi, Qarshi shahar

G'uzorova Feruza Saidaxmatovna

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti talabasi, Qarshi shahar

Annotatsiya. Maqolada texnik qarzning ikki asosiy turi — o'z-o'zidan tan olingan texnik qarz (*Self-Admitted Technical Debt, SATD*, dasturchilar tomonidan kod izohlarida bevosita qayd etilgan) va yashirin texnik qarz (kod metrikalari orqali bilvosita aniqlanadigan) — tavsiflangan hamda ularni aniqlashda qo'llaniladigan tabiiy tilni qayta ishlash (*SATD* uchun) va mashinali o'qitish (yashirin qarz uchun) usullari nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida *SATD*'ni kod izohlaridan avtomatik aniqlovchi *BERT* asosidagi tasniflovchi model ishlab chiqilgan hamda texnik qarz miqdorining vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishini bashorat qiluvchi vaqt qatorlari (*time-series*) modeli qurilgan. Modellar sinovdan o'tkazish uchun oltita yirik ochiq manbali dasturiy loyihaning to'liq commit tarixi (jami 45000 dan ortiq commit va 12000 dan ortiq kod izohi) tahlil qilingan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, *BERT* asosidagi *SATD* tasniflovchi model 91,4% aniqlik bilan texnik qarzga oid izohlarni aniq belgilagan, bashorat modeli esa texnik qarz miqdorining keyingi ikki oy davomidagi o'zgarishini o'rtacha 84% aniqlik bilan bashorat qilgan. Maqola yakunida texnik qarzni erta bosqichda aniqlash va uni tuzatish ustuvorligini rejalashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: texnik qarz, dasturiy ta'minot sifati, mashinali o'qitish, tabiiy tilni qayta ishlash, kod izohlari, *BERT*, dasturiy ta'minot muhandisligi.

Annotation. The article describes two main types of technical debt — Self-Admitted Technical Debt (*SATD*, explicitly noted by developers in code comments) and hidden technical debt (indirectly identified through code metrics) — and theoretically and practically analyzes the natural language processing methods (for *SATD*) and machine learning methods (for hidden debt) used to detect them. Within the study, a *BERT*-based classification model was developed to automatically detect *SATD* from code comments, and a time-series model was built to forecast how the amount of technical debt changes over time. To test the models, the complete commit history of six large open-source software projects (a total of over 45,000 commits and over 12,000 code comments) was analyzed. The results show that the *BERT*-based *SATD* classifier correctly identified debt-related comments with 91.4 percent accuracy, and the forecasting model predicted changes in technical debt volume over the following two months with an average accuracy of 84 percent. The article concludes with practical recommendations for early detection of technical debt and prioritizing its remediation.

Key words: *technical debt, software quality, machine learning, natural language processing, code comments, BERT, software engineering.*

Аннотация. В статье описаны два основных типа технического долга — самопризнанный технический долг (*Self-Admitted Technical Debt, SATD*, явно отмеченный разработчиками в комментариях к коду) и скрытый технический долг (косвенно определяемый через метрики кода), — а также теоретически и практически проанализированы методы обработки естественного языка (для SATD) и машинного обучения (для скрытого долга), применяемые для их обнаружения. В рамках исследования разработана классификационная модель на основе BERT для автоматического обнаружения SATD в комментариях к коду, а также построена модель временных рядов для прогнозирования изменения объёма технического долга с течением времени. Для тестирования моделей проанализирована полная история коммитов шести крупных проектов с открытым исходным кодом (в общей сложности более 45000 коммитов и более 12000 комментариев к коду). Результаты показывают, что классификатор SATD на основе BERT правильно определял комментарии, связанные с долгом, с точностью 91,4%, а модель прогнозирования предсказывала изменения объёма технического долга на следующие два месяца со средней точностью 84%. В заключение статьи даны практические рекомендации по раннему обнаружению технического долга и приоритизации его устранения.

Ключевые слова: *технический долг, качество программного обеспечения, машинное обучение, обработка естественного языка, комментарии к коду, BERT, программная инженерия.*

KIRISH

Texnik qarz — dasturiy ta'minotni tezroq yetkazib berish maqsadida qabul qilinadigan, ammo kelajakda qo'shimcha ishlov berish (refaktoring, qayta yozish) xarajatlarini talab qiladigan arxitektura va kodlash bo'yicha kelishuvlarni ifodalovchi metafora bo'lib, u dasturiy ta'minotning uzoq muddatli qo'llab-quvvatlanuvchanligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Texnik qarzni o'z vaqtida aniqlash va boshqarish dasturiy mahsulot sifatini saqlab qolishning muhim sharti hisoblanadi.

Texnik qarzning bir qismi dasturchilar tomonidan ongli ravishda qabul qilinib, kod izohlarida "TODO", "FIXME", "hack" kabi belgilar orqali qayd etiladi (bu "o'z-o'zidan tan olingan texnik qarz" — SATD deb ataladi), boshqa qismi esa hech qanday izohsiz, faqat kodning tuzilishi va murakkabligi orqali bilvosita namoyon bo'ladi. An'anaviy qo'lda kuzatish usullari katta hajmdagi loyihalarda texnik qarzni to'liq va tizimli tarzda kuzatib borish imkonini bermaydi, bu esa avtomatlashtirilgan, intellektual usullarni talab qiladi.

Tadqiqotning maqsadi — texnik qarzni, xususan SATD va yashirin texnik qarzni, avtomatik aniqlash va uning vaqt o'tishi bilan o'zgarishini bashorat qilishning intellektual usullarini ishlab chiqish hamda ularning samaradorligini eksperimental tarzda baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) texnik qarzning asosiy turlarini va ularni aniqlash yondashuvlarini tavsiflash; 2) SATD'ni aniqlovchi tabiiy tilni qayta ishlash modelini ishlab chiqish; 3) texnik qarz dinamikasini bashorat qiluvchi vaqt qatorlari modelini qurish; 4) modellarni haqiqiy loyihalar ma'lumotlarida sinovdan o'tkazish va natijalar asosida amaliy tavsiyalar shakllantirish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot uchun GitHub platformasidagi oltita yirik ochiq manbali dasturiy loyihaning (turli yo'nalish va dasturlash tiliga oid) to'liq commit tarixi yig'ildi, jami 45000 dan ortiq commit va ulardan ajratib olingan 12000 dan ortiq kod izohi tahlil uchun jalb qilindi. Kod izohlarining bir qismi (3000 tasi) ikkita mustaqil dasturiy ta'minot muhandisi tomonidan qo'lda "SATD" yoki "oddiy izoh" sifatida belgilandi (annotatsiyalandi), bu belgilangan ma'lumotlar to'plami modelni o'qitish va sinovdan o'tkazish uchun asos bo'ldi.

Tadqiqot metodologiyasi ikki asosiy komponentdan iborat bo'ldi:

1) SATD tasniflovchi model — oldindan o'qitilgan BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) tili modeli dasturiy kod izohlari matnida nozik sozlash (fine-tuning) orqali moslashtirilib, har bir izohni "texnik qarzga oid" yoki "oddiy" sifatida tasniflovchi model yaratildi;

2) texnik qarz dinamikasini bashorat qilish modeli — har bir loyihaning haftalik texnik qarz ko'rsatkichi (SonarQube orqali hisoblangan texnik qarz vaqti va SATD sonining yig'indisi) asosida LSTM (Long Short-Term Memory) tarmog'iga asoslangan vaqt qatorlari modeli o'qitildi, bu model kelgusi ikki oy davomidagi texnik qarz miqdorining o'zgarish tendensiyasini bashorat qilishga mo'ljallangan.

SATD tasniflovchi modelning samaradorligi accuracy, precision, recall va F1-ko'rsatkich asosida, bashorat modelining samaradorligi esa o'rtacha mutlaq foiz xatosi (MAPE) va bashorat yo'nalishining to'g'riligi (tendensiya oshish/kamayishini to'g'ri bashorat qilish foizi) asosida baholandi.

NATIJALAR

BERT asosidagi SATD tasniflovchi model sinov to'plamida 91,4% aniqlikka erishdi (precision — 0,90, recall — 0,89, F1 — 0,895). Bu natija an'anaviy kalit so'zlarga asoslangan (masalan, faqat "TODO" va "FIXME" so'zlarini qidiruvchi) bazaviy usulga (accuracy — 76,2%) nisbatan 15,2 foizlik sezilarli ustunlikni tashkil etdi, chunki BERT modeli kontekstni hisobga olgan holda, aniq kalit so'zsiz ham texnik qarzga ishora qiluvchi izohlarni (masalan, "bu yerda vaqtinchalik yechim, keyinroq to'g'irlash kerak") aniqlash qobiliyatiga ega bo'ldi.

Texnik qarz dinamikasini bashorat qilish modeli oltita loyihaning barchasida o'rtacha 84% aniqlik bilan (MAPE — 16%) kelgusi ikki oylik texnik qarz o'zgarish tendensiyasini bashorat qildi. Tendensiya yo'nalishini (oshish yoki kamayish) to'g'ri bashorat qilish foizi esa 89% ni tashkil etdi, bu modelning texnik qarzning umumiy yo'nalishini aniqlashda ayniqsa ishonchli ekanligini ko'rsatdi.

Qo'shimcha tahlil shuni ko'rsatdiki, SATD chastotasi bilan keyingi ikki oy ichida qayd etilgan ishlab chiqarish xatolari soni o'rtasida ijobiy korrelyatsiya ($r=0,47$, $p<0,01$) mavjud bo'lib, bu SATD'ning nafaqat kod sifati, balki haqiqiy dasturiy ishonchlilik bilan ham bog'liqligini tasdiqladi. Loyihalar bo'yicha taqqoslash shuni ko'rsatdiki, SATD chastotasi doimiy ravishda oshib boruvchi loyihalarda (refaktoring amaliyoti kam qo'llaniladigan loyihalarda) texnik qarz ko'rsatkichi ham izchil o'sish tendensiyasini namoyon etdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar tabiiy tilni qayta ishlashga asoslangan usullarning, xususan zamonaviy kontekstual til modellarining, SATD'ni aniqlashda an'anaviy kalit so'zlarga asoslangan usullardan sezilarli ustunlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu xulosa texnik qarz tadqiqotlari sohasidagi so'nggi ilmiy yo'nalishlar bilan mos keladi, ularda ham kontekstual til modellarining dasturchilar yozgan

tabiiy tildagi izohlarni nozik farqlar bilan tushunish qobiliyati SATD aniqlash sifatini sezilarli darajada oshirishi qayd etilgan.

Texnik qarz dinamikasini bashorat qilish qobiliyati amaliy nuqtai nazardan alohida ahamiyatga ega, chunki bu loyiha rahbariyatiga texnik qarzni "reaktiv" (allaqachon muammo tug'dirgandan keyin) emas, balki "proaktiv" tarzda, uning tendensiyasi hali boshqarib bo'ladigan darajada bo'lganda, boshqarish imkonini beradi. SATD chastotasi bilan ishlab chiqarish xatolari o'rtasidagi aniqlangan bog'liqlik esa SATD'ni shunchaki "dasturchi eslatmasi" emas, balki haqiqiy sifat riski ko'rsatkichi sifatida ko'rib chiqish zarurligini asoslaydi.

Amaliy nuqtai nazardan, natijalar dasturiy ta'minot ishlab chiqaruvchi jamoalarga SATD tasniflovchi vositalarni kod tekshiruvi (code review) jarayoniga integratsiya qilishni, texnik qarz dinamikasini muntazam kuzatib borishni hamda bashorat modeli ko'rsatgan o'sish tendensiyasi asosida refaktoring ishlarini oldindan rejalashtirishni tavsiya etadi. Bunday proaktiv yondashuv texnik qarzning nazoratdan chiqib ketishining oldini olishga xizmat qiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. BERT asosidagi tasniflovchi model o'z-o'zidan tan olingan texnik qarzni (SATD) 91,4% aniqlik bilan aniqlaydi, bu an'anaviy kalit so'zlarga asoslangan usuldan 15,2 foiz yuqori.
2. LSTM asosidagi vaqt qatorlari modeli texnik qarz dinamikasining keyingi ikki oylik tendensiyasini o'rtacha 84% aniqlik bilan bashorat qiladi.
3. SATD chastotasi bilan ishlab chiqarish muhitidagi xatolar soni o'rtasida statistik ahamiyatga ega ijobiy bog'liqlik ($r=0,47$) mavjud, bu SATD'ning haqiqiy sifat riski ko'rsatkichi ekanligini tasdiqlaydi.
4. Intellektual usullar texnik qarzni "reaktiv" emas, "proaktiv" tarzda boshqarish imkonini beradi, bu uning nazoratdan chiqib ketishining oldini oladi.
5. SATD aniqlash vositalarini kod tekshiruvi jarayoniga integratsiya qilish va bashorat natijalari asosida refaktoring ishlarini rejalashtirish texnik qarzni samarali boshqarishning amaliy strategiyasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. — Toshkent, 2020.
2. Tashmatov Sh.A., Ne'matov A.R. Neyron tarmoqlar va chuqur o'qitish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2022. — 276 b.
3. Рахимов Б.Ж. Дастурий таъминот сифатини таъминлашнинг замонавий усуллари // Ахборот технологиялари муаммолари. — 2023. — №3. — Б. 50–58.
4. Каримов У.А. Дастурий таъминот муҳандислигида сунъий интеллект технологияларининг қўлланилиши // Педагогика ва психология муаммолари. — 2023. — №2. — Б. 58–66.
5. Cunningham W. The WyCash Portfolio Management System // ACM SIGPLAN OOPS Messenger. — 1992. — Vol. 4, No. 2. — P. 29–30.
6. Potdar A., Shihab E. An Exploratory Study on Self-Admitted Technical Debt // Proceedings of the IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME). — 2014. — P. 91–100.

7. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of NAACL-HLT. — 2019. — P. 4171–4186.
8. Maldonado E. da S., Shihab E. Detecting and Quantifying Different Types of Self-Admitted Technical Debt // Proceedings of the IEEE 7th International Workshop on Managing Technical Debt (MTD). — 2015. — P. 9–15.
9. Kruchten P., Nord R.L., Ozkaya I. Technical Debt: From Metaphor to Theory and Practice // IEEE Software. — 2012. — Vol. 29, No. 6. — P. 18–21.
10. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. — 1997. — Vol. 9, No. 8. — P. 1735–1780.

KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLAR OQIMINING SHAKLLANISHI VA DINAMIK XUSUSIYATLARINI MODELLASHTIRISH

Egamberdiyev Hojiakbar Salohitdinovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti dotsenti, t.f.f.d. (PhD)

Ochilov Bekzod Baxadirovich

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti katta o'qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada katta hajmdagi ma'lumotlar oqimining shakllanish jarayoni va uning dinamik xususiyatlarini modellashtirish masalalari tadqiq etilgan. Turli axborot manbalaridan shakllanadigan ma'lumotlarning hajmi, kelib tushish intensivligi, tarkibiy o'zgaruvchanligi va vaqt bo'yicha taqsimlanishi tahlil qilinadi. Ma'lumotlar oqimini modellashtirishda uning manbadan hosil bo'lishidan boshlab qayta ishlash tizimiga uzatilishigacha bo'lgan bosqichlari ko'rib chiqiladi. Tadqiqotda ma'lumotlar oqimining asosiy parametrlarini ifodalovchi matematik model taklif etilib, oqim hajmi, intensivligi, zichligi va o'zgaruvchanligini baholash yondashuvi ishlab chiqiladi. Shuningdek, turli tipdagi ma'lumotlarning yagona oqim muhitida shakllanishi va ularni keyingi qayta ishlashga tayyorlash jarayonlari tahlil qilinadi. Taklif etilgan model katta hajmdagi ma'lumotlar oqimini monitoring qilish va integratsiyalash axborot tizimlarini loyihalash uchun nazariy asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

Kalit so'zlar: katta hajmdagi ma'lumotlar, ma'lumotlar oqimi, oqim modeli, dinamik model, ma'lumotlar manbasi, oqim intensivligi, ma'lumotlar hajmi, ma'lumotlar zichligi, modellashtirish, axborot tizimi.

Annotation. This article investigates the formation process of large-scale data streams and the modeling of their dynamic characteristics. It analyzes the volume, arrival intensity, structural variability, and temporal distribution of data originating from diverse sources. The modeling process examines the stages of the data stream, spanning from its generation at the source to its transmission to the processing system. The study proposes a mathematical model representing key data stream parameters and develops an approach to evaluate stream volume, intensity, density, and variability. Additionally, it analyzes the formation of various data types within a unified stream environment and the processes involved in preparing them for subsequent analysis. The proposed model can serve as a theoretical foundation for designing information systems dedicated to monitoring and integrating large-scale data streams.

Key words: *big data, data stream, stream model, dynamic model, data source, stream intensity, data volume, data density, modeling, information system.*

Аннотация. *В данной статье исследуется процесс формирования крупномасштабных потоков данных и моделирование их динамических характеристик. Анализируются объем, интенсивность поступления, структурная изменчивость и временное распределение данных, поступающих из различных источников. Процесс моделирования охватывает этапы жизненного цикла потока данных: от их генерации в источнике до передачи в систему обработки. В работе предложена математическая модель, описывающая ключевые параметры потока данных, и разработан подход к оценке таких характеристик, как объем, интенсивность, плотность и изменчивость потока. Кроме того, рассматриваются вопросы формирования различных типов данных в рамках единой потоковой среды и процессы их подготовки к последующему анализу. Предложенная модель может служить теоретической основой для проектирования информационных систем, предназначенных для мониторинга и интеграции крупномасштабных потоков данных.*

Ключевые слова: *большие данные, поток данных, потоковая модель, динамическая модель, источник данных, интенсивность потока, объем данных, плотность данных, моделирование, информационная система.*

KIRISH

Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi natijasida axborot tizimlarida hosil bo'layotgan ma'lumotlarning hajmi va xilma-xilligi tobora ortib bormoqda. Zamonaviy tizimlarda ma'lumotlar yagona manbadan emas, balki ko'plab mustaqil va o'zaro bog'langan manbalardan shakllanadi. Bunday manbalarga sensor qurilmalari, IoT vositalari, audio va video qurilmalar, axborot tizimlari, ma'lumotlar bazalari hamda foydalanuvchi faoliyati natijasida hosil bo'ladigan axborotlarni kiritish mumkin.

Turli manbalardan ma'lumotlarning doimiy ravishda kelib tushishi natijasida statik ma'lumotlar to'plamidan farq qiluvchi ma'lumotlar oqimi shakllanadi. Ushbu oqimning asosiy xususiyati uning vaqt davomida o'zgarib turishi bilan belgilanadi. Oqim tarkibidagi ma'lumotlarning hajmi, kelib tushish tezligi, tarkibi va sifat ko'rsatkichlari doimiy yoki davriy ravishda o'zgarishi mumkin.

Shu sababli katta hajmdagi ma'lumotlar oqimi bilan ishlaydigan axborot tizimini loyihalashdan oldin uning shakllanish mexanizmini va dinamik xususiyatlarini modellashtirish muhim hisoblanadi. Ma'lumotlar oqimini modellashtirish orqali tizimga kelib tushadigan axborot hajmini oldindan baholash, oqim intensivligining o'zgarishini aniqlash, qayta ishlash resurslariga bo'lgan ehtiyojni belgilash va turli ma'lumot manbalarining o'zaro ta'sirini tahlil qilish mumkin.

Amaliy tadqiqotimizda ma'lumotlar oqimining shakllanishi bir nechta texnologik bosqichlar bilan bog'langan. Xususan, ma'lumotlarni yig'ish qatlamida IoT qurilmalari orqali audio ma'lumotlar olinadi, dastlabki qayta ishlash qatlamida signalga ishlov beriladi, keyingi qatlamlarda esa ma'lumotlar strukturaviylashtiriladi va tahlilga tayyorlanadi.

Shu asosda ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi katta hajmdagi ma'lumotlar oqimining shakllanish jarayonini matematik jihatdan ifodalash va uning asosiy dinamik parametrlarini baholash modelini ishlab chiqishdan iborat.

TADQIQOT VAZIFALARI

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. ma'lumotlar oqimining shakllanish manbalarini aniqlash;
2. ma'lumotlar oqimining asosiy parametrlarini belgilash;
3. oqim hajmi va intensivligini matematik ifodalash;
4. vaqt bo'yicha oqim o'zgarishini modellashtirish;
5. turli manbalardan keladigan ma'lumotlarni yagona oqim modelida ifodalash;
6. taklif etilgan modelning axborot tizimida qo'llanish imkoniyatlarini aniqlash.

1. MA'LUMOTLAR OQIMINING SHAKLLANISHI

Ma'lumotlar oqimini umumiy holda vaqt bo'yicha ketma-ket shakllanuvchi ma'lumotlar to'plami sifatida qarash mumkin:

$$D(t) = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$$

bu yerda d_i — ma'lumotlar oqimining i -elementi, t — vaqt.

Agar tizimda bir nechta mustaqil manba mavjud bo'lsa, umumiy ma'lumotlar oqimi quyidagicha ifodalanadi:

$$D(t) = \bigcup_{i=1}^m D_i(t)$$

bu yerda $D_i(t)$ — i -manbadan shakllanuvchi ma'lumotlar oqimi; m — ma'lumotlar manbalari soni; $D(t)$ — tizimga kelib tushayotgan umumiy oqim.

Bunday model turli manbalardan keladigan axborotni yagona tizimda ko'rib chiqish imkonini beradi. Amaliy tizimda ma'lumot manbalari sifatida IoT qurilmalari, audio qurilmalar va boshqa raqamli manbalardan foydalanish mumkin. IoT qatlamida ma'lumotlarni yig'ish, sinxronlashtirish, paketlash va keyingi qayta ishlash tizimiga uzatish jarayonlari amalga oshiriladi.

2. MA'LUMOTLAR OQIMINING DINAMIK XUSUSIYATLARI

Ma'lumotlar oqimining dinamikasini tavsiflash uchun uning bir nechta asosiy parametrlarini ajratish mumkin.

2.1. Oqim hajmi

Ma'lum vaqt oralig'ida tizimga kelib tushgan ma'lumotlar hajmi quyidagicha aniqlanadi:

$$V(T) = \sum_{i=1}^n s_i$$

bu yerda s_i — i -ma'lumot elementining hajmi.

2.2. Oqim intensivligi

Ma'lumotlar kelib tushish intensivligi quyidagi ifoda orqali beriladi:

$$\lambda(t) = \Delta N / \Delta t$$

bu yerda ΔN — vaqt oralig'ida kelib tushgan ma'lumotlar soni; Δt — vaqt oralig'i; $\lambda(t)$ — ma'lumotlar oqimining intensivligi. Agar $\lambda(t)$ vaqt davomida o'zgarsa, oqim dinamik oqim sifatida qaraladi.

2.3. Oqim zichligi

Ma'lumotlar oqimining zichligi ma'lum vaqt oralig'ida tizimga kelib tushgan ma'lumotlar hajmining shu oraliq davomiyligiga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$\rho(t) = V(t) / \Delta t$$

bu yerda $\rho(t)$ — oqim zichligi, $V(t)$ — berilgan vaqt oralig'idagi ma'lumotlar hajmi. Zichlik ko'rsatkichi tizimga bir vaqtning o'zida tushayotgan yuklamani baholash va qayta ishlash resurslarini rejalashtirish uchun qo'llaniladi.

2.4. Oqimning o'zgaruvchanligi

Ma'lumotlar oqimining o'zgaruvchanligi uning intensivligi yoki tarkibining vaqt bo'yicha necha marta va qanchalik keskin o'zgarishini ifodalaydi. Uni intensivlik qiymatining standart og'ishi orqali baholash mumkin:

$$\sigma = \sqrt{(1/n) \sum_{i=1}^n (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}$$

bu yerda λ_i — i-vaqt oralig'idagi intensivlik qiymati, $\bar{\lambda}$ — o'rtacha intensivlik. σ qiymati qanchalik katta bo'lsa, oqim shunchalik notekis va bashorat qilish qiyin hisoblanadi.

3. KO'P MANBALI OQIMNI MODELLASHTIRISH

Turli manbalardan keladigan ma'lumotlarning umumiy tizimga ta'sirini baholash uchun har bir manbaning ulushini alohida ko'rib chiqish maqsadga muvofiq. i-manbaning umumiy oqimdagi ulushi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$w_i(t) = V_i(t) / V(t)$$

bu yerda $V_i(t)$ — i-manbadan kelgan ma'lumotlar hajmi, $V(t)$ — umumiy oqim hajmi. Bunda:

$$\sum_{i=1}^m w_i(t) = 1$$

shart bajarilishi lozim. Ushbu ko'rsatkich yordamida tizimga eng ko'p yuklama beruvchi manbalarni aniqlash va resurslarni ularga mos ravishda taqsimlash mumkin bo'ladi.

Amaliy tizimda IoT qurilmalari orqali shakllanadigan audio ma'lumotlar oqimi asosiy manba sifatida ko'rib chiqilgan bo'lib, taklif etilgan model boshqa turdagi manbalar (matn, sensor, video) qo'shilgan holatda ham qo'llanilishi mumkin, chunki model manbalar sonidan qat'i nazar umumlashtirilgan tarzda ishlab chiqilgan.

4. MA'LUMOTLAR OQIMI TURLARINING TASNIFI

Ma'lumotlar oqimini modellashtirishda uning shakllanish xarakteriga ko'ra turli sinflarga ajratish maqsadga muvofiq, chunki har bir sinf o'ziga xos qayta ishlash strategiyasini talab qiladi.

4.1. Intensivligiga ko'ra tasnif

Intensivlik ko'rsatkichi $\lambda(t)$ ning vaqt bo'yicha xatti-harakatiga qarab oqimlarni quyidagi turlarga ajratish mumkin:

- statsionar oqim — $\lambda(t)$ vaqt davomida taxminan doimiy qoladi;
- davriy oqim — $\lambda(t)$ ma'lum davriylik bilan takrorlanadigan tebranishlarni namoyon qiladi (masalan, sutkalik faollik tsikllari);
- burst xarakterli oqim — qisqa vaqt oralig'ida $\lambda(t)$ keskin ortib, so'ngra pasayadi;
- trendli oqim — $\lambda(t)$ uzoq muddatli o'sish yoki kamayish tendentsiyasini namoyon qiladi.

Amaliy tizimda audio ma'lumotlar oqimi ko'pincha burst xarakterga ega bo'ladi, chunki nutq faolligi vaqt bo'yicha notekis taqsimlanadi — faol so'zlashuv davrlari sukunat davrlari bilan almashinib turadi.

4.2. Manba soniga ko'ra tasnif

Ma'lumotlar oqimini shakllantiruvchi manbalar soniga ko'ra quyidagi holatlar ajratiladi: bitta manbali oqim ($m = 1$), bunda $D(t) = D_1(t)$; va ko'p manbali oqim ($m > 1$), bunda $D(t)$ yig'indi ko'rinishida ifodalanadi (2-formula). Ko'p manbali holatda manbalar orasidagi vaqt bo'yicha sinxronlashtirish alohida texnik masala hisoblanadi, chunki turli manbalar tizimga turli kechikish bilan yetib kelishi mumkin.

5. MANBALAR SINXRONIZATSIYASI MASALASI

Bir nechta mustaqil manbadan keladigan ma'lumotlarni yagona vaqt o'qiga bog'lash ko'p manbali tizimlarning muhim texnik muammosi hisoblanadi. Agar i-manbadan kelgan ma'lumot tizimga τ_i kechikish bilan yetib kelsa, uning haqiqiy vaqt belgisi quyidagicha tiklanishi mumkin:

$$t_{real} = t_{received} - \tau_i$$

bu yerda $t_{received}$ — ma'lumotning tizimga kelib tushgan vaqti, τ_i — i-manbaning o'rtacha uzatish kechikishi. Sinxronlashtirilgan vaqt belgisi asosida turli manbalardan kelgan ma'lumotlarni to'g'ri xronologik tartibda birlashtirish mumkin bo'ladi, bu esa keyingi tahlil bosqichlarining to'g'riligini ta'minlaydi.

Amaliy tizimda IoT qurilmalari orqali audio ma'lumotlar yig'ilganda, har bir qurilmaning ichki soati markaziy server soati bilan davriy ravishda sinxronlashtiriladi (masalan, NTP protokoli asosida), bu esa manbalar orasidagi vaqt farqini minimallashtirishga xizmat qiladi.

6. OQIM PARAMETRLARINI BASHORAT QILISH YONDASHUVLARI

Ma'lumotlar oqimining kelajakdagi hajmi va intensivligini oldindan bashorat qilish tizim resurslarini rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega. Bashorat qilish uchun statistik va mashinaviy o'rganishga asoslangan usullardan foydalanish mumkin.

6.1. Statistik yondashuvlar

Oddiy holatlarda oqim intensivligining o'tgan qiymatlari asosida harakatlanuvchi o'rtacha (moving average) yoki eksponensial silliqlash (exponential smoothing) usullaridan foydalanib, keyingi vaqt oralig'idagi taxminiy qiymatni hisoblash mumkin:

$$\lambda(t+1) = \alpha \cdot \lambda(t) + (1-\alpha) \cdot \lambda(t)$$

bu yerda $\lambda(t+1)$ — bashorat qilinayotgan intensivlik, α — silliqlash koeffitsienti ($0 < \alpha < 1$). Bunday yondashuv hisoblash jihatidan sodda bo'lib, statsionar yoki sekin o'zgaruvchan oqimlar uchun qoniqarli natija beradi.

6.2. Mashinaviy o'rganishga asoslangan yondashuvlar

Murakkab, davriy yoki notekis dinamikaga ega oqimlar uchun vaqt qatorlarini tahlil qilishga mo'ljallangan modellar (masalan, ARIMA, yoki rekurrent neyron tarmoqlar) qo'llanilishi mumkin. Bunday modellar oqim tarkibidagi uzoq muddatli bog'liqliklarni va davriy naqshlarni aniqlashga qodir, biroq ular ko'proq hisoblash resursini va tarixiy ma'lumotlarni talab qiladi.

Amaliy tizimni loyihalashda bashorat modelini tanlash oqimning xarakteriga (statsionarligi, davriyligi, notekisligi) va mavjud hisoblash resurslariga bog'liq holda amalga oshiriladi.

7. MA'LUMOTLAR OQIMI MODELING AMALIY TIZIMLARDA QO'LLANILISHI

7.1. Resurslarni rejalashtirishda qo'llanilishi

Taklif etilgan model asosida hisoblangan oqim hajmi $V(T)$ va intensivlik $\lambda(t)$ ko'rsatkichlari axborot tizimining hisoblash resurslarini (server quvvati, saqlash hajmi, tarmoq o'tkazuvchanligi) oldindan rejalashtirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Xususan, oqim intensivligining maksimal kutilayotgan qiymati λ_{max} asosida tizimning eng yuqori yuklama sharoitida ham barqaror ishlashini ta'minlovchi apparat resurslari hajmini aniqlash mumkin.

Bunda quyidagi nisbat qo'llanilishi mumkin:

$$R_{kerakli} \geq \lambda_{max} \times r$$

bu yerda R_{kerakli} — zarur resurs hajmi, r — bitta ma'lumot elementini qayta ishlash uchun talab etiladigan resurs miqdori. Ushbu nisbat tizimning eng yuqori yuklama nuqtalarida ham uzilishlarsiz ishlashini kafolatlash uchun minimal talab sifatida qaraladi.

7.2. Monitoring tizimlarida qo'llanilishi

Modellashtirilgan parametrlar — hajm, intensivlik, zichlik va o'zgaruvchanlik — real vaqt monitoring paneli (dashboard) uchun asosiy ko'rsatkichlar sifatida qo'llanilishi mumkin. Bunday panelda $\lambda(t)$ ning me'yoriy chegaradan chetga chiqishi anomaliya sifatida belgilanishi va tegishli signal (alert) shakllantirilishi mumkin, bu esa tizim operatorlariga muammoni oldindan aniqlash imkonini beradi.

7.3. Integratsiya tizimlari bilan bog'liqligi

Ushbu maqolada taklif etilgan matematik model ma'lumotlar oqimining shakllanish tomonini tavsiflasa, uni yagona axborot muhitiga integratsiyalash jarayoni alohida texnologik masala hisoblanadi. Ko'p manbali oqim modeli $D(t) = U_i D_i(t)$ integratsiya jarayoni uchun kirish nuqtasi vazifasini bajaradi — har bir $D_i(t)$ integratsiya tizimiga alohida oqim sifatida uzatiladi va keyingi bosqichda umumiy formatga keltiriladi. Integratsiya jarayonining o'ziga xos bosqichlari va usullari mustaqil tadqiqot mavzusi sifatida alohida ko'rib chiqiladi.

8. MA'LUMOTLAR OQIMINI MODELLASHTIRISHDA UCHRAYDIGAN TEXNIK MUAMMOLAR

8.1. Ma'lumotlarning yo'qolishi va to'liq bo'lmasligi

Amaliy sharoitda ma'lumotlar oqimi tarmoq uzilishi, qurilma nosozligi yoki signal sifatining pasayishi natijasida to'liq bo'lmasligi mumkin. Bunday holatda haqiqiy oqim hajmi $V(T)$ modelda hisoblangan nazariy qiymatdan kichik bo'lishi mumkin. Ushbu farqni baholash uchun ma'lumotlarning to'liqlik koeffitsientini kiritish mumkin:

$$K_{\text{to'liq}} = V_{\text{haqiqiy}}(T) / V_{\text{kutilgan}}(T)$$

bu yerda $V_{\text{haqiqiy}}(T)$ — amalda qabul qilingan ma'lumotlar hajmi, $V_{\text{kutilgan}}(T)$ — manba xarakteristikalariga asosida kutilayotgan nazariy hajm. $K_{\text{to'liq}}$ qiymatining birdan sezilarli farq qilishi ma'lumotlarni yig'ish qatlamida muammo mavjudligidan dalolat beradi.

8.2. Manbalar orasidagi hajm nomutanosibligi

Ko'p manbali tizimlarda alohida manbalarining oqimga qo'shgan hissasi bir xil bo'lmasligi mumkin — ba'zi manbalar barqaror va yuqori intensivlikda ma'lumot yuborsa, boshqalari kamdan-kam yoki notekis ravishda ma'lumot yuborishi mumkin. Bunday nomutanosiblik 3-bo'limda keltirilgan $w_i(t)$ og'irlik koeffitsientlari orqali kuzatilishi va zarur hollarda resurslarni manbalar bo'yicha nomutanosib taqsimlash orqali qoplanishi mumkin — masalan, yuqori intensivlikka ega manbaga ko'proq qayta ishlash quvvati ajratish.

8.3. Model parametrlarining vaqt bo'yicha eskirishi

Statistik yoki mashinaviy o'rganishga asoslangan bashorat modellari ma'lum vaqt oralig'ida to'plangan tarixiy ma'lumotlar asosida sozlanadi. Biroq ma'lumotlar manbalarining xatti-harakati vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkin (masalan, foydalanuvchilar faolligining mavsumiy o'zgarishi). Bu hodisa "kontsept siljishi" (concept drift) deb ataladi va model parametrlarini davriy ravishda yangilab turishni talab qiladi. Aks holda, bashorat aniqligi vaqt o'tishi bilan pasayib boradi.

9. MUHOKAMA

Ushbu tadqiqotda taklif etilgan matematik model ma'lumotlar oqimini uning shakllanish manbasi, hajmi, intensivligi, zichligi va o'zgaruvchanligi nuqtai nazaridan yaxlit tavsiflashga imkon beradi. Modelning asosiy afzalligi shundaki, u konkret texnologik amalga oshirishdan mustaqil bo'lib, turli xildagi manbalarga (audio, sensor, matn) nisbatan bir xil matematik apparat orqali qo'llanilishi mumkin.

Shu bilan birga, taklif etilgan model asosan tavsiflovchi (deskriptiv) xarakterga ega bo'lib, uning bashorat qiluvchi kuchi tanlangan statistik yoki mashinaviy o'rganish usuliga bog'liq. Shu sababli amaliy joriy etishda modelni aniq oqim xarakteristikalariga moslashtirish va parametrlarni davriy ravishda yangilab turish tavsiya etiladi.

Boshqa mavjud yondashuvlar bilan solishtirganda, taklif etilgan model soddaligi va tushunarliqligi bilan ajralib turadi — bu uning amaliy tizimlarda tezkor joriy etilishini osonlashtiradi, biroq murakkab, ko'p o'lovli bog'liqliklarni chuqur tahlil qilish uchun uni chuqurroq statistik yoki neyron tarmoq asosidagi modellar bilan boyitish maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin.

10. KELGUSI TADQIQOTLAR YO'NALISHI

Ushbu tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan model ma'lumotlar oqimining asosiy dinamik xususiyatlarini tavsiflaydi, biroq bir qator yo'nalishlar keyingi tadqiqotlar uchun ochiq qolmoqda. Birinchidan, modelni real vaqt rejimida yig'ilgan tarixiy ma'lumotlar asosida kalibrlash va aniqlashtirish zarur. Ikkinchidan, ko'p manbali oqimlar orasidagi o'zaro korrelyatsiyani (masalan, bir manbadagi faollik ortishi boshqa manbaga qanday ta'sir qilishini) tahlil qilish alohida ilmiy qiziqish uyg'otadi.

Uchinchidan, taklif etilgan model asosida moslashuvchan (adaptive) resurs boshqaruvi algoritmini ishlab chiqish — ya'ni tizim resurslarining oqim intensivligiga qarab avtomatik ravishda kengayishi yoki qisqarishi (auto-scaling) — amaliy ahamiyatga ega bo'lgan yo'nalish hisoblanadi. Bunday algoritm katta hajmdagi ma'lumotlar oqimi bilan ishlaydigan tizimlarning iqtisodiy va texnik samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

11. MODEL PARAMETRLARINING AMALIY TALQINI

Taklif etilgan modelning amaliyotda to'g'ri qo'llanilishi uchun uning har bir parametri aniq fizik yoki texnik ma'noga ega bo'lishi lozim. Quyida asosiy parametrlarning amaliy talqini umumlashtirilgan.

- $V(T)$ — ma'lum davr ichida tizim tomonidan qayta ishlanishi kerak bo'lgan umumiy ma'lumot hajmi; saqlash va tarmoq infratuzilmasini rejalashtirishda asosiy ko'rsatkich;
- $\lambda(t)$ — tizimga soniyasiga yoki daqiqasiga kelib tushayotgan ma'lumotlar soni; qayta ishlash serverlarining minimal unumdorligini belgilaydi;
- $\rho(t)$ — bir vaqtning o'zida tizimga tushayotgan yuklama zichligi; navbat (queue) uzunligini va kutish vaqtini bashorat qilishda foydalaniladi;
- σ — oqimning notekisligi; zaxira (buffer) hajmini va yuklama cho'qqilariga (peak load) chidamlilikni belgilashda hisobga olinadi;
- $w_i(t)$ — har bir manbaning umumiy oqimdagi ulushi; resurslarni manbalar bo'yicha ustuvorlashtirish uchun qo'llaniladi.

Ushbu parametrlarning barchasini birgalikda tahlil qilish orqali tizim loyihachisi nafaqat joriy holatni, balki tizimning kelajakdagi yuklama ostida qanday xatti-harakat namoyon qilishini ham oldindan baholashi mumkin bo'ladi.

12. MODELNI TEKSHIRISH (VALIDATSIYA) TARTIBI

Taklif etilgan matematik modelning amaliy tizimga joriy etilishidan oldin uning haqiqiy ma'lumotlar oqimiga qanchalik mos kelishini tekshirish zarur. Validatsiya jarayoni odatda quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: dastlab ma'lum vaqt oralig'ida real oqimdan namunaviy ma'lumotlar to'planadi; so'ngra ushbu ma'lumotlar asosida $V(T)$, $\lambda(t)$, $\rho(t)$ va σ ko'rsatkichlarining haqiqiy qiymatlari hisoblanadi; keyin bu qiymatlar model asosida kutilgan qiymatlar bilan solishtiriladi.

Agar haqiqiy va kutilgan qiymatlar orasidagi farq belgilangan chegaradan oshsa, model parametrlari (masalan, silliqlash koeffitsienti α yoki og'irlik koeffitsientlari w_i) qayta sozlanadi. Bunday takroriy validatsiya tsikli modelning vaqt o'tishi bilan haqiqiy oqim xususiyatlariga yaqinroq mos kelishini ta'minlaydi va 8.3-bandda tavsiflangan kontsept siljishi muammosini yumshatishga xizmat qiladi.

XULOSA

Tadqiqot natijasida katta hajmdagi ma'lumotlar oqimining shakllanish jarayonini tavsiflovchi matematik model ishlab chiqildi. Model doirasida oqim hajmi, intensivligi, zichligi va o'zgaruvchanligini baholovchi ko'rsatkichlar aniqlandi, shuningdek turli manbalardan keladigan ma'lumotlarni yagona oqim ko'rinishida ifodalash usuli taklif etildi.

Taklif etilgan model katta hajmdagi ma'lumotlar oqimi bilan ishlaydigan axborot tizimlarini loyihalashda tizimga tushadigan yuklamani oldindan baholash, resurslarni rejalashtirish va turli manbalarning tizimga ta'sirini tahlil qilish uchun nazariy asos bo'lib xizmat qiladi. Keyingi tadqiqotlarda ushbu model amaliy tizimda yig'ilgan real ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazilishi va parametrlarning haqiqiy qiymatlari bilan aniqlashtirilishi maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Laney D. 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety // META Group Research Note. — 2001. — File 949.
2. Gandomi A., Haider M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics // International Journal of Information Management. — 2015. — Vol. 35, No. 2. — P. 137–144. — DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi «"Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PF-6079-son Farmoni // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
4. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // Future Generation Computer Systems. — 2013. — Vol. 29, No. 7. — P. 1645–1660. — DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.
5. Babcock B., Babu S., Datar M., Motwani R., Widom J. Models and Issues in Data Stream Systems // Proceedings of the 21st ACM Symposium on Principles of Database Systems (PODS). — 2002. — P. 1–16. — DOI: 10.1145/543613.543615.

6. Muthukrishnan S. Data Streams: Algorithms and Applications // Foundations and Trends in Theoretical Computer Science. — 2005. — Vol. 1, No. 2. — P. 117–236. — DOI: 10.1561/04000000002.
7. Kleinrock L. Queueing Systems. Vol. 1: Theory. — New York: John Wiley & Sons, 1975.
8. Little J.D.C. A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$ // Operations Research. — 1961. — Vol. 9, No. 3. — P. 383–387. — DOI: 10.1287/opre.9.3.383.
9. Leland W.E., Taqqu M.S., Willinger W., Wilson D.V. On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version) // IEEE/ACM Transactions on Networking. — 1994. — Vol. 2, No. 1. — P. 1–15. — DOI: 10.1109/90.282603.
10. Akidau T., Bradshaw R., Chambers C., et al. The Dataflow Model: A Practical Approach to Balancing Correctness, Latency, and Cost in Massive-Scale, Unbounded, Out-of-Order Data Processing // Proceedings of the VLDB Endowment. — 2015. — Vol. 8, No. 12. — P. 1792–1803.
11. Mills D., Martin J., Burbank J., Kasch W. Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification. RFC 5905. — IETF, 2010. — DOI: 10.17487/RFC5905.
12. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. 3rd ed. — Melbourne: OTexts, 2021. — URL: <https://otexts.com/fpp3/>
13. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 5th ed. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
14. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. — 1997. — Vol. 9, No. 8. — P. 1735–1780. — DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
15. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly Detection: A Survey // ACM Computing Surveys. — 2009. — Vol. 41, No. 3. — Art. 15. — DOI: 10.1145/1541880.1541882.
16. Kreps J., Narkhede N., Rao J. Kafka: a Distributed Messaging System for Log Processing // Proceedings of the NetDB Workshop. — Athens, 2011.
17. Gama J., Žliobaitė I., Bifet A., Pechenizkiy M., Bouchachia A. A Survey on Concept Drift Adaptation // ACM Computing Surveys. — 2014. — Vol. 46, No. 4. — Art. 44. — DOI: 10.1145/2523813.
18. Llorido-Botran T., Miguel-Alonso J., Lozano J.A. A Review of Auto-scaling Techniques for Elastic Applications in Cloud Environments // Journal of Grid Computing. — 2014. — Vol. 12, No. 4. — P. 559–592. — DOI: 10.1007/s10723-014-9314-7.

MA'LUMOTLAR OQIMINI MONITORING QILISH VA INTEGRATSIYALASH TIZIMINING SAMARADORLIGINI BAHOLASH MEZONLARI VA USULLARI

Egamberdiyev Hojiakbar Salohitdinovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti dotsenti, t.f.f.d. (PhD)

Ochilov Bekzod Baxadirovich

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti katta o'qituvchisi

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada katta hajmdagi ma'lumotlar oqimini monitoring qilish va integratsiyalashga mo'ljallangan axborot tizimining samaradorligini baholash masalalari tadqiq etilgan. Tizim samaradorligini aniqlash uchun ma'lumotlarni qayta ishlash aniqligi, qayta ishlash kechikishi, ma'lumotlar oqimini o'tkazish qobiliyati, resurslardan foydalanish darajasi va integratsiya jarayonining barqarorligi kabi mezonlar belgilangan. Tadqiqotda ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, strukturaviylashtirish, integratsiyalash va intellektual tahlil bosqichlarining natijalarini baholashga imkon*

beruvchi ko'rsatkichlar tizimi ishlab chiqilgan. Amaliy tizim asosida turli qayta ishlash bosqichlarining samaradorligi tahlil qilinib, taklif etilgan yondashuvning ishlash xususiyatlari aniqlangan. Shuningdek, tizimning aniqlik va kechikish ko'rsatkichlarini baholash uchun eksperimental yondashuv taklif etilgan. Olingan natijalar ma'lumotlar oqimini qayta ishlash tizimining texnik samaradorligini kompleks baholash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: ma'lumotlar oqimi, monitoring, integratsiya, axborot tizimi, samaradorlik, aniqlik, kechikish, throughput, resurs sarfi, eksperimental baholash, sun'iy intellekt.

Annotation. This article examines the evaluation of the efficiency of an information system designed to monitor and integrate large-scale data streams. Criteria such as data processing accuracy, processing latency, data stream throughput, resource utilization, and the stability of the integration process have been established to determine system efficiency. A system of indicators was developed to evaluate the outcomes of the data collection, processing, structuring, integration, and intelligent analysis stages. Based on a practical system implementation, the efficiency of various processing stages was analyzed, and the operational characteristics of the proposed approach were determined. Additionally, an experimental approach was proposed to evaluate the system's accuracy and latency metrics. The obtained results enable a comprehensive assessment of the technical efficiency of the data stream processing system.

Key words: data flow, monitoring, integration, information system, efficiency, accuracy, latency, throughput, resource consumption, experimental evaluation, artificial intelligence.

Аннотация. В данной статье рассматривается оценка эффективности информационной системы, предназначенной для мониторинга и интеграции крупномасштабных потоков данных. Для определения эффективности системы были установлены такие критерии, как точность обработки данных, задержка обработки, пропускная способность потоков данных, использование ресурсов и стабильность процесса интеграции. Была разработана система показателей для оценки результатов на этапах сбора, обработки, структурирования, интеграции и интеллектуального анализа данных. На основе практической реализации системы был проведен анализ эффективности различных этапов обработки и определены эксплуатационные характеристики предложенного подхода. Кроме того, был предложен экспериментальный метод оценки показателей точности и задержки системы. Полученные результаты позволяют провести комплексную оценку технической эффективности системы обработки потоков данных.

Ключевые слова: поток данных, мониторинг, интеграция, информационная система, эффективность, точность, задержка, пропускная способность, потребление ресурсов, экспериментальная оценка, искусственный интеллект.

KIRISH

Katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlovchi axborot tizimlarini ishlab chiqishda tizimning funksional imkoniyatlari bilan bir qatorda uning samaradorligini obyektiv baholash ham muhim ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, integratsiyalash va tahlil qilish bosqichlarining mavjudligi tizimning samarali ishlashini avtomatik ravishda ta'minlamaydi. Har bir bosqichning ishlash tezligi, aniqligi va resurslardan foydalanish darajasini alohida baholash talab etiladi.

Ayniqsa, turli manbalardan kelayotgan ma'lumotlar oqimi bilan ishlaydigan tizimlarda ma'lumotlarning hajmi va tarkibi o'zgarishi tizim ishlash ko'rsatkichlariga ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli samaradorlikni bitta ko'rsatkich orqali emas, balki bir nechta mezonlar majmuasi orqali baholash maqsadga muvofiq.

Amaliy tadqiqotda ishlab chiqilgan tizim ma'lumotlarni yig'ish, dastlabki qayta ishlash, ASR, speaker diarization, semantik tahlil, RAG, LLM va analitik komponentlarni o'z ichiga oladi. Bunday ko'p bosqichli tizimda har bir komponentning ishlash natijasi yakuniy tizim samaradorligiga ta'sir ko'rsatadi.

Shu sababli ushbu maqolaning asosiy maqsadi ma'lumotlar oqimini monitoring qilish va integratsiyalash axborot tizimining samaradorligini baholash mezonlarini ishlab chiqish hamda ularni amaliy tizim asosida qo'llash usulini taklif etishdan iborat.

1. TIZIM SAMARADORLIGINI BAHOLASH MEZONLARI

Tizim samaradorligini kompleks baholash uchun quyidagi asosiy ko'rsatkichlar tanlanadi:

1. tahlil aniqligi;
2. qayta ishlash kechikishi;
3. ma'lumotlarni qayta ishlash tezligi;
4. o'tkazish qobiliyati (throughput);
5. CPU va xotira resurslaridan foydalanish;
6. integratsiya aniqligi;
7. tizim barqarorligi.

Ushbu ko'rsatkichlar tizimning ham funksional, ham texnik samaradorligini baholash imkonini beradi.

2. ANIQLIK KO'RSATKICHI

Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish tizimida asosiy ko'rsatkichlardan biri natijaning aniqligidir. Umumiy aniqlik quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\text{Accuracy} = N_{\text{correct}} / N_{\text{total}}$$

bu yerda N_{correct} — to'g'ri aniqlangan natijalar soni; N_{total} — jami tekshirilgan natijalar soni. Agar tizimda tasniflash vazifasi mavjud bo'lsa, aniqlik bilan bir qatorda precision, recall va F1-score kabi ko'rsatkichlardan foydalanish mumkin. Bu ko'rsatkichlar ayniqsa semantik tahlil va intellektual baholash bosqichlarining sifatini aniqlash uchun muhimdir.

3. QAYTA ISHLASH KECHIKISHI

Tizimning yana bir muhim ko'rsatkichi — ma'lumotning tizimga kelib tushishidan yakuniy natija shakllanishigacha bo'lgan vaqt. Uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$L = T_{\text{out}} - T_{\text{in}}$$

bu yerda T_{in} — ma'lumot tizimga kelib tushgan vaqt; T_{out} — qayta ishlangan natija hosil bo'lgan vaqt; L — qayta ishlash kechikishi. Kechikish qiymatining kamayishi tizimning ma'lumotlarni qayta ishlash samaradorligi yuqori ekanligini bildiradi.

4. O'TKAZISH QOBILIYATI

Ma'lumotlar oqimi bilan ishlaydigan tizim uchun throughput muhim texnik ko'rsatkich hisoblanadi:

$$\text{Throughput} = N / \Delta t$$

bu yerda N — qayta ishlangan ma'lumotlar hajmi yoki elementlari soni; Δt — qayta ishlash vaqti. Throughput qiymati yuqori bo'lishi tizimning katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash imkoniyati yuqori ekanligini ko'rsatadi.

5. HISOBLASH RESURSLARIDAN FOYDALANISH

Tizimning samaradorligini baholashda hisoblash resurslaridan foydalanish ham hisobga olinadi. Asosiy ko'rsatkichlar:

- CPU yuklanishi;
- operativ xotira sarfi;
- GPU yuklanishi;
- tarmoq yuklanishi;
- ma'lumotlarni saqlash hajmi.

Masalan, CPU foydalanish koeffitsienti quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$U_{CPU} = (T_{busy} / T_{total}) \times 100\%$$

Bu ko'rsatkich tizimning mavjud apparat resurslaridan qanchalik samarali foydalanayotganini baholash imkonini beradi.

6. INTEGRATSIYA SAMARADORLIGI

Turli manbalardan kelayotgan ma'lumotlarni yagona tizimga birlashtirishda integratsiya sifati ham baholanishi kerak. Bunda:

- ma'lumotlarning to'liqligi;
- formatlarning mosligi;
- takroriy ma'lumotlar soni;
- noto'g'ri yozuvlar;
- integratsiya jarayonidagi yo'qotishlar

kabi ko'rsatkichlardan foydalanish mumkin. Integratsiya samaradorligini umumiy holda quyidagicha baholash mumkin:

$$E_{int} = N_{valid} / N_{received}$$

bu yerda N_{valid} — integratsiyadan keyin to'g'ri shakllangan ma'lumotlar soni, $N_{received}$ — qabul qilingan jami ma'lumotlar soni.

7. KOMPLEKS SAMARADORLIK KO'RSATKICHI

Turli ko'rsatkichlarni birlashtirib, tizimning umumiy samaradorligini baholash mumkin:

$$E = \sum_{i=1}^n w_i X_i$$

bu yerda X_i — i -ko'rsatkichning normallashtirilgan qiymati; w_i — ushbu ko'rsatkichning og'irlik koeffitsienti; n — baholash mezonlari soni. Bunda w_i qiymatlarining yig'indisi quyidagi shartni qanoatlantiradi:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Mazkur yondashuv yordamida tizimning aniqligi, tezligi, resurs sarfi va integratsiya sifatini yagona kompleks bahoga keltirish mumkin.

8. EKSPERIMENTAL BAHOLASH

Amaliy tadqiqotda ishlab chiqilgan tizimning samaradorligini baholash uchun turli hajmdagi ma'lumotlar to'plamlari shakllantiriladi. Har bir tajribada ma'lumotlar hajmi, qayta ishlash vaqti, aniqlik va hisoblash resurslari qayd etiladi. Tajriba natijalarini quyidagi ko'rinishda tashkil etish mumkin:

Diqqat: quyidagi jadvaldagi qiymatlar tizimning kutilayotgan ishlash xarakterini ko'rsatish uchun keltirilgan SHARTLI (namunaviy) qiymatlardir — haqiqiy tajriba natijalari EMAS. Maqolani nashrga tayyorlashdan oldin ular amaliy tizimda o'tkazilgan real sinovlar natijalari bilan almashtirilishi shart.

Tajriba	Ma'lumot hajmi (MB)	Qayta ishlash vaqti (s)	Aniqlik (%)	Throughput (obyekt/s)	CPU yuklanishi (%)
1	50	4.2	91.3	11.9	38
2	150	11.6	92.7	12.9	47
3	300	24.8	90.5	12.1	61
4	600	53.1	89.8	11.3	74

* Jadvaldagi raqamlar — namunaviy (illustrativ) qiymatlar.

Keltirilgan namunaviy dinamikadan ko'rinib turibdiki, ma'lumotlar hajmi ortishi bilan qayta ishlash vaqti va CPU yuklanishi ortadi, throughput ko'rsatkichi esa nisbatan barqaror oraliqda saqlanadi. Bunday tendentsiya tizim resurslarini rejalashtirishda va yuklama ostida barqarorlikni baholashda foydali bo'lishi mumkin. Real tajriba o'tkazilgach, ushbu jadvaldagi qiymatlar haqiqiy o'lchov natijalari bilan to'liq almashtirilishi lozim.

9. BAHOLASH MEZONLARINING BIR-BIRIGA BOG'LIQLIGI

Yuqorida keltirilgan mezonlar bir-biridan mustaqil emas — ko'pincha ular orasida o'zaro bog'liqlik va murosas (trade-off) munosabati mavjud bo'ladi. Masalan, aniqlikni oshirish maqsadida qo'llaniladigan qo'shimcha tekshiruv bosqichlari (masalan, LLM javobini bir necha marta generatsiya qilib solishtirish) qayta ishlash kechikishini L oshirishi mumkin. Xuddi shunday, throughput ko'rsatkichini oshirish uchun parallel qayta ishlash sonini ko'paytirish CPU va xotira resurslaridan foydalanishni U_{CPU} sezilarli darajada oshirishi mumkin.

Shu sababli tizimni sozlashda barcha mezonlarni bir vaqtning o'zida maksimal darajaga yetkazish odatda mumkin emas — loyihachi tizimning maqsadiga qarab (masalan, real vaqt tezkorligi muhimmi yoki maksimal aniqlik muhimmi) ustuvorliklarni belgilashi va 7-bo'limda keltirilgan og'irlik koeffitsientlari w_i orqali murosali yechimni topishi lozim.

10. BAHOLASH NATIJALARINI VIZUAL TAQDIM ETISH

Tizim samaradorligini kuzatib borish uchun baholash natijalarini vaqt bo'yicha vizual ko'rinishda taqdim etish tavsiya etiladi. Bunday taqdimot quyidagi ko'rinishlarda amalga oshirilishi mumkin:

- vaqt qatorlari grafigi — aniqlik va kechikish ko'rsatkichlarining vaqt bo'yicha o'zgarishini kuzatish uchun;
- issiqlik xaritasi (heatmap) — turli komponentlarning yuklanish darajasini bir vaqtning o'zida solishtirish uchun;
- taqsimot diagrammasi — ma'lumotlar hajmi oshishi bilan kechikishning statistik taqsimlanishini ko'rsatish uchun;
- boshqaruv paneli (dashboard) — barcha asosiy ko'rsatkichlarni yagona ekranda real vaqt rejimida kuzatish uchun.

Bunday vizual vositalar tizim operatorlariga nafaqat joriy holatni, balki uzoq muddatli tendentsiyalarni ham kuzatish va muammolarni oldindan bashorat qilish imkonini beradi.

11. TURLI TIZIM KONFIGURATSIYALARINI SOLISHTIRISH METODIKASI

Tizimning turli konfiguratsiyalari (masalan, turli ASR modellari yoki turli LLM parametrlari) o'rtasida solishtirish o'tkazish uchun bir xil sinov sharoitlari (bir xil ma'lumotlar to'plami, bir xil apparat resurslari) ta'minlanishi zarur. Solishtirish natijalarining ishonchli bo'lishi uchun har bir konfiguratsiya bo'yicha bir nechta marta takroriy sinov o'tkazish va natijalarning o'rtacha qiymati hamda statistik tarqalishini (masalan, standart og'ish) hisobga olish tavsiya etiladi.

Bunday metodik yondashuv tasodifiy omillar (masalan, tarmoq kechikishining vaqtinchalik o'zgarishi) natijalarga ta'sirini kamaytiradi va konfiguratsiyalar orasidagi haqiqiy farqni aniqroq aniqlash imkonini beradi. Amaliy tizimda har bir yangi komponent versiyasi joriy etilishidan oldin shu tarzda boshqaruv (control) konfiguratsiyasi bilan solishtirilishi tavsiya etiladi.

12. BAHOLASH JARAYONIDAGI METODOLOGIK XATOLIKLAR VA ULARNI OLDINI OLIISH

Tizim samaradorligini baholashda bir qator metodologik xatoliklarga yo'l qo'yish mumkin, ular natijalarning noto'g'ri talqin qilinishiga olib kelishi mumkin. Quyida eng ko'p uchraydigan xatoliklar va ularni oldini olish yo'llari keltirilgan.

12.1. Sinov ma'lumotlarining bir tomonlamaligi

Agar sinov uchun tanlangan ma'lumotlar to'plami tizim ishlaydigan haqiqiy sharoitning barcha xilma-xilligini aks ettirmasa (masalan, faqat sifatli audio yozuvlar bilan sinov o'tkazilib, shovqinli sharoitlar hisobga olinmasa), olingan aniqlik ko'rsatkichi amaliyotdagi haqiqiy ko'rsatkichdan sezilarli darajada yuqori bo'lishi mumkin. Shu sababli sinov to'plami turli sifat darajasidagi va turli sharoitlardagi ma'lumotlarni o'z ichiga olishi zarur.

12.2. O'lchov vaqtining tanlanishi

Tizim samaradorligini faqat bitta qisqa vaqt oralig'ida o'lchash notekis natijalarga olib kelishi mumkin, chunki 2-maqolada ko'rsatilganidek ma'lumotlar oqimi o'zgaruvchan (dinamik) xarakterga ega bo'lishi mumkin. Shu sababli baholashni turli yuklama sharoitlarida (past, o'rtacha va yuqori intensivlikda) va yetarlicha uzoq vaqt oralig'ida o'tkazish tavsiya etiladi.

12.3. Ko'rsatkichlarni izolyatsiyalangan holda talqin qilish

9-bo'limda ko'rsatilganidek, mezonlar orasida o'zaro bog'liqlik mavjud. Faqat bitta ko'rsatkichga (masalan, faqat aniqlikka) e'tibor qaratib, boshqa ko'rsatkichlarni (masalan, kechikish yoki resurs sarfini) e'tibordan chetda qoldirish tizimning umumiy amaliy qo'llanilishi haqida noto'g'ri xulosaga olib kelishi mumkin. Shu sababli baholash har doim kompleks tarzda, 7-bo'limda keltirilgan yig'ma ko'rsatkich E orqali amalga oshirilishi tavsiya etiladi.

13. BAHOLASH NATIJALARIDAN FOYDALANISH: QAROR QABUL QILISH JARAYONI

Baholash natijalari nafaqat tizimning joriy holatini tavsiflash, balki amaliy qarorlar qabul qilish uchun ham asos bo'lib xizmat qilishi kerak. Masalan, agar baholash natijasida ma'lum bir komponentning (masalan, ASR modulining) aniqligi belgilangan me'yoriy chegaradan past ekanligi aniqlansa, bu holat quyidagi qarorlardan birini qabul qilish uchun asos bo'lishi mumkin: modelni qayta o'qitish, kirish signali sifatini yaxshilash choralari ko'rish, yoki muqobil modelga o'tish.

Xuddi shunday, agar throughput ko'rsatkichi tizimga tushayotgan real yuklamani qoplay olmasa, bu holat hisoblash resurslarini kengaytirish yoki qayta ishlash algoritmini optimallashtirish zaruratini ko'rsatadi. Shu tariqa, baholash tizimi nafaqat monitoring vositasi, balki tizimni uzluksiz takomillashtirish (continuous improvement) jarayonining ajralmas qismi sifatida qaraladi.

14. BAHOLASH TIZIMINING AMALIY TATBIQI

Amaliy tizimda baholash mezonlarini avtomatlashtirilgan tarzda kuzatib borish uchun har bir texnologik qatlamga o'lchov nuqtalari (instrumentation points) joylashtiriladi. Ushbu nuqtalar orqali har bir ma'lumot elementining tizim bo'ylab harakati — qabul qilingan vaqtdan yakuniy natija shakllangan vaqtigacha — kuzatib boriladi va tegishli ko'rsatkichlar avtomatik hisoblanadi.

Bunday avtomatlashtirilgan baholash tizimi operator tomonidan qo'lda o'lchov o'tkazish zaruratini bartaraf etadi va real vaqt rejimida tizim samaradorligi haqida uzluksiz ma'lumot beradi, bu esa 4-maqolada tavsiflangan monitoring va analitika qatlamining asosiy vazifalaridan birini tashkil etadi.

15. BAHOLASH MEZONLARINING SIFAT MENEJMENTI TIZIMLARI BILAN BOG'LIQLIGI

Ma'lumotlar oqimini qayta ishlash tizimining samaradorligini baholash yagona, bir martalik jarayon emas, balki uzluksiz sifat menejmenti tsiklining bir qismi sifatida qaralishi lozim. Bunday tsikl odatda "rejalashtirish — bajarish — tekshirish — harakat qilish" (Plan-Do-Check-Act) modeliga muvofiq tashkil etiladi: dastlab baholash mezonlari va me'yoriy chegaralar belgilanadi, so'ngra tizim ishga tushiriladi va real sharoitda kuzatiladi, keyin natijalar me'yoriy qiymatlar bilan solishtiriladi, va nihoyat aniqlangan kamchiliklarni bartaraf etish uchun tegishli o'zgartirishlar kiritiladi.

Bunday yondashuvning amaliy ahamiyati shundaki, tizim samaradorligi vaqt o'tishi bilan bir martalik o'lchov emas, balki uzluksiz kuzatiladigan va yaxshilanadigan ko'rsatkich sifatida boshqariladi. Bu, ayniqsa, ma'lumotlar oqimining tabiati va xususiyatlari vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkinligini hisobga olganda (2-maqolada tavsiflangan kontsept siljishi hodisasi), muhim ahamiyat kasb etadi.

16. TURLI MANFAATDOR TOMONLAR UCHUN BAHOLASH KO'RSATKICHLARINING AHAMIYATI

Tizim samaradorligini baholash natijalari turli manfaatdor tomonlar (stakeholder) uchun turlicha ahamiyatga ega bo'lishi mumkin. Tizim ishlab chiquvchilari uchun texnik ko'rsatkichlar (kechikish, throughput, resurs sarfi) muhim bo'lsa, yakuniy foydalanuvchilar uchun ko'proq natijaning aniqligi va tizimning javob berish tezligi muhim ahamiyat kasb etadi. Tizim egalari (rahbariyat) uchun esa ko'proq iqtisodiy samaradorlik — ya'ni sarflangan resurslarga nisbatan olingan foyda — muhim bo'ladi.

Shu sababli baholash tizimini loyihalashda turli manfaatdor tomonlarning ehtiyojlarini hisobga olgan holda, ko'rsatkichlarni turli darajadagi tafsilot bilan taqdim etish tavsiya etiladi — texnik jamoa uchun batafsil, komponent darajasidagi ko'rsatkichlar, rahbariyat uchun esa yig'ma, yuqori darajadagi ko'rsatkichlar (masalan, 7-bo'limda keltirilgan kompleks samaradorlik ko'rsatkichi E).

17. XALQARO TAJRIBA VA STANDARTLAR BILAN UYG'UNLIK

Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlarining samaradorligini baholashda xalqaro amaliyotda qo'llaniladigan umumiy sifat va ishonchlilik tamoyillariga tayanish maqsadga muvofiq. Xususan, dasturiy ta'minot sifatini baholashning umumiy tamoyillari (funksionallik, ishonchlilik, unumdorlik, foydalanish

qulayligi, xavfsizlik) ushbu maqolada keltirilgan mezonlar bilan uzviy bog'liq: aniqlik va integratsiya sifati funksionallikka, kechikish va throughput unumdorlikka, tizim barqarorligi esa ishonchlilikka mos keladi.

Bunday umumiy tamoyillarga tayanish, bir tomondan, baholash metodologiyasining ilmiy asoslanganligini ta'minlasa, ikkinchi tomondan, natijalarning boshqa tadqiqotchilar va amaliyotchilar tomonidan tushunilishi va solishtirilishini osonlashtiradi. Kelajakda taklif etilgan mezonlar tizimini soha bo'yicha keng tarqalgan baholash metodikalari bilan yanada chuqurroq moslashtirish istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

18. UMUMIY YONDASHUVNING ILMIY-AMALIY AHAMIYATI

Ushbu maqolada ishlab chiqilgan baholash mezonlari va usullari majmuasi ma'lumotlar oqimini qayta ishlash tizimlarining texnik sifatini obyektiv va takroriy tarzda o'lchash imkonini beradi. Mezonlarning biri bilan matematik jihatdan bog'langanligi (masalan, kompleks ko'rsatkich E orqali) ularni amaliy qaror qabul qilish jarayonlarida to'g'ridan-to'g'ri qo'llash imkonini beradi, bu esa taklif etilgan yondashuvning nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatini ham ta'minlaydi.

19. YAKUNIY TAVSIYALAR

Amaliy tizimni ishga tushirishdan oldin ushbu maqolada keltirilgan barcha mezonlar bo'yicha boshlang'ich (baseline) o'lchovlarni o'tkazish, ularni hujjatlashtirish va kelgusi o'lchovlar bilan solishtirish uchun mezon (referens) sifatida saqlash tavsiya etiladi. Bu, tizimga kiritilayotgan har qanday o'zgarishning (yangi model versiyasi, yangi apparat resursi, yangi algoritmi) samaradorlikka qanday ta'sir qilganini aniq va ob'ektiv tarzda baholash imkonini beradi.

XULOSA

Tadqiqot natijasida katta hajmdagi ma'lumotlar oqimini monitoring qilish va integratsiyalash axborot tizimining samaradorligini baholash uchun mezonlar tizimi ishlab chiqildi. Tizim samaradorligini baholashda aniqlik, qayta ishlash kechikishi, throughput, hisoblash resurslaridan foydalanish va integratsiya sifati asosiy ko'rsatkichlar sifatida belgilandi.

Taklif etilgan kompleks baholash modeli turli texnologik bosqichlarning natijalarini yagona mezonlar tizimida tahlil qilish imkonini beradi. Ushbu yondashuv axborot tizimining texnik imkoniyatlarini obyektiv baholash, mavjud cheklovlarni aniqlash va tizim komponentlarini takomillashtirish yo'nalishlarini belgilash uchun qo'llanishi mumkin.

Amaliy tizimda ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va intellektual tahlilning bir nechta ketma-ket bosqichlari mavjudligi sababli kompleks baholash yondashuvi tizimning umumiy ishlash sifatini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Keyingi bosqichda ushbu mezonlar asosida real amaliy tizimda to'liq eksperimental sinov o'tkazilishi va olingan haqiqiy ko'rsatkichlar maqolaga kiritilishi tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi «"Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PF-6079-son Farmoni // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi (lex.uz).

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi «Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi PQ-358-son qarori // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi (lex.uz).

3. Jain R. The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling. — New York: John Wiley & Sons, 1991.
4. Beyer B., Jones C., Petoff J., Murphy N.R. Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
5. Radford A., Kim J.W., Xu T., Brockman G., McLeavey C., Sutskever I. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision // Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning (ICML 2023). — PMLR, 2023. — Vol. 202. — P. 28492–28518.
6. Park T.J., Kanda N., Dimitriadis D., Han K.J., Watanabe S., Narayanan S. A review of speaker diarization: Recent advances with deep learning // Computer Speech & Language. — 2022. — Vol. 72. — Art. 101317. — DOI: 10.1016/j.csl.2021.101317.
7. Lewis P., Perez E., Piktus A., et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2020. — Vol. 33. — P. 9459–9474.
8. Chang Y., Wang X., Wang J., et al. A Survey on Evaluation of Large Language Models // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. — 2024. — Vol. 15, No. 3. — Art. 39. — DOI: 10.1145/3641289.
9. Sokolova M., Lapalme G. A systematic analysis of performance measures for classification tasks // Information Processing & Management. — 2009. — Vol. 45, No. 4. — P. 427–437. — DOI: 10.1016/j.ipm.2009.03.002.
10. Karimov J., Rabl T., Katsifodimos A., Samarev R., Heiskanen H., Markl V. Benchmarking Distributed Stream Data Processing Systems // Proceedings of the IEEE 34th International Conference on Data Engineering (ICDE). — 2018. — P. 1507–1518. — DOI: 10.1109/ICDE.2018.00169.
11. Chintapalli S., Dagit D., Evans B., et al. Benchmarking Streaming Computation Engines: Storm, Flink and Spark Streaming // IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW). — 2016. — P. 1789–1792. — DOI: 10.1109/IPDPSW.2016.138.
12. Batini C., Scannapieco M. Data and Information Quality: Dimensions, Principles and Techniques. — Cham: Springer, 2016.
13. Wang R.Y., Strong D.M. Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers // Journal of Management Information Systems. — 1996. — Vol. 12, No. 4. — P. 5–33.
14. Triantaphyllou E. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. — Dordrecht: Springer, 2000.
15. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. — New York: McGraw-Hill, 1980.
16. Few S. Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2006.
17. Babcock B., Babu S., Datar M., Motwani R., Widom J. Models and Issues in Data Stream Systems // Proceedings of the 21st ACM Symposium on Principles of Database Systems (PODS). — 2002. — P. 1–16. — DOI: 10.1145/543613.543615.

CHO'L MINTAQALARIDA SUG'ORISH TIZIMLARINI YER OSTI SUVLARI HOLATI KO'RSATKICHLARINI UYG'UNLASHTIRISH ASOSIDA INTELLEKTUAL BOSHQARISH: AXBOROT-MATEMATIK ASOSLAR

Adilbek Turg'unov

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

e-mail: adilbekturgunov@gmail.com

Abstract. Existing irrigation-management information systems in desert zones commonly rely on fixed schedules or operator experience and account only for root-zone soil moisture, leaving groundwater level dynamics, capillary rise and salt balance outside the control loop. In conditions typical of the Kashkadarya desert steppe, this causes excessive irrigation norms, deep filtration losses, a rising groundwater table and intensifying secondary salinization. The purpose of this study is to develop the information-mathematical foundations for real-time intelligent irrigation control that explicitly coordinates surface and subsurface water-salt indicators. The coupled "soil-plant-atmosphere-groundwater" system is represented as a single control object; a modified root-zone water-balance equation with a capillary-flux correction term deducted from the irrigation norm is proposed, together with a lumped-parameter groundwater-level dynamics equation, a salt-balance equation with a hard secondary-salinization constraint, and a multi-criteria optimization problem minimizing irrigation water, energy consumption and salinization risk while maximizing yield. A multi-level intelligent information-system architecture — combining a distributed sensor-actuator network with piezometric level monitoring, a hybrid fuzzy-neural forecasting module, model-predictive control and a digital-twin module — is proposed to implement the framework. The results provide a theoretical and architectural basis for groundwater-aware irrigation management in arid regions, to be verified experimentally at the Karshi steppe test site.

Keywords: intelligent irrigation control, groundwater dynamics, capillary rise, secondary salinization, multi-criteria optimization, digital twin.

Аннотация. Действующие информационные системы управления орошением в пустынных зонах, как правило, опираются на жёсткие графики полива или опыт оператора и учитывают лишь влажность корнеобитаемого слоя, оставляя вне контура управления динамику уровня грунтовых вод, капиллярное поднятие и солевой баланс. В условиях, типичных для Кашкадарьинской пустынной степи, это приводит к завышению поливных норм, росту глубинной фильтрации, повышению уровня грунтовых вод и усилению вторичного засоления. Цель работы — разработка информационно-математических основ интеллектуального управления орошением в реальном времени, явно согласующего поверхностные и подземные водно-солевые показатели. Сопряжённая система «почва–растение–атмосфера–грунтовые воды» представлена как единый объект управления; предложено модифицированное уравнение водного баланса корнеобитаемого слоя с учётом капиллярного притока, вычитаемого из поливной нормы, уравнение динамики уровня грунтовых вод в сосредоточенном приближении, уравнение солевого баланса с жёстким ограничением по вторичному засолению, а также многокритериальная задача оптимизации, минимизирующая расход поливной воды, энергозатраты и риск засоления при максимизации урожайности. Для реализации предложена многоуровневая архитектура интеллектуальной информационной системы, объединяющая распределённую сенсорно-исполнительную сеть с

пьезометрическим мониторингом уровня, гибридный нечётко-нейронный модуль прогнозирования, прогнозирующее управление (МРС) и модуль цифрового двойника. Результаты формируют теоретическую и архитектурную основу для управления орошением с учётом состояния грунтовых вод в засушливых регионах, подлежащую экспериментальной проверке на полигоне Кариинской степи.

Ключевые слова: интеллектуальное управление орошением, динамика грунтовых вод, капиллярное поднятие, вторичное засоление, многокритериальная оптимизация, цифровой двойник.

Annotatsiya. Cho'l mintaqalarida mavjud sug'orishni boshqarish axborot tizimlari, odatda, qat'iy jadvallarga yoki operator tajribasiga tayanadi va faqat ildiz qatlamining namlik holatini hisobga oladi, yer osti suvlari sathi dinamikasi, kapillyar ko'tarilish va tuz balansini esa boshqaruv konturidan tashqarida qoldiradi. Qashqadaryo cho'l dashtiga xos sharoitlarda bu holat sug'orish normalarining ortiqcha belgilanishiga, chuqur filtratsiya yo'qotishlarining oshishiga, yer osti suvlari sathining ko'tarilishiga va ikkilamchi sho'rlanish jarayonining jadallashuviga olib keladi. Tadqiqotning maqsadi — yer usti va yer osti suv-tuz ko'rsatkichlarini aniq uyg'unlashtiruvchi, real vaqt rejimida ishlaydigan intellektual sug'orishni boshqarishning axborot-matematik asoslarini ishlab chiqishdir. Bog'langan "tuproq–o'simlik–atmosfera–yer osti suvi" tizimi yagona boshqaruv obyekti sifatida ifodalangan; sug'orish normasidan chegiriladigan kapillyar oqim hadini o'z ichiga olgan ildiz qatlamining takomillashtirilgan suv balansi tenglamasi, yer osti suvlari sathi dinamikasining to'plangan parametrlar tenglamasi, ikkilamchi sho'rlanish bo'yicha qat'iy cheklovga ega tuz balansi tenglamasi, shuningdek sug'orish suvi sarfi, energiya sarfi va sho'rlanish xavfini kamaytirish hamda hosildorlikni oshirishga qaratilgan ko'p mezonli optimallashtirish masalasi taklif etildi. Konsepsiyani amalga oshirish uchun pyezometrik sath monitoringiga ega taqsimlangan sensor-aktuator tarmog'ini, gibrid fuzzy-neyron bashorat modulini, prognozga asoslangan boshqaruv (MPC) va raqamli egizak modulini birlashtiruvchi ko'p darajali intellektual axborot tizimi arxitekturasi taklif etildi. Natijalar Qarshi cho'li poligonida eksperimental tekshirishga tegishli bo'lgan, quruq mintaqalarda yer osti suvlari holatini hisobga oluvchi sug'orishni boshqarish uchun nazariy va arxitektura asosini tashkil etadi.

Kalit so'zlar: intellektual sug'orishni boshqarish, yer osti suvlari dinamikasi, kapillyar ko'tarilish, ikkilamchi sho'rlanish, ko'p mezonli optimallashtirish, raqamli egizak.

KIRISH

O'zbekistonda, xususan Qashqadaryo cho'l dashtida, suv resurslarining cheklanganligi va iqlim o'zgarishi sharoitida qishloq xo'jaligida suvdan oqilona foydalanish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Mintaqadagi sug'oriladigan yerlarning katta qismi yer osti suvlari sathi kam chuqurlikda joylashgan va minerallashtirish darajasi yuqori bo'lgan gidrogeologik sharoitda joylashgan. Mavjud sug'orishni boshqarish axborot tizimlari, qoida tariqasida, qat'iy dasturlashtirilgan jadvallarga yoki operator tajribasiga tayanadi va faqat ildiz qatlamining namlik holatini hisobga oladi. Yer osti suvlari sathining dinamikasi, suv qatlamidan ildiz qatlamiga kapillyar ko'tarilish oqimi va tuproq profilining tuz balansi boshqaruv konturidan tashqarida qoladi. Natijada sug'orish normalari muntazam ravishda ortiqcha belgilanadi, chuqur filtratsiya yo'qotishlari ortadi, yer osti suvlari sathi ko'tariladi va ikkilamchi sho'rlanish jarayoni jadallashadi.

Ushbu muammoni axborot tizimlari va jarayonlari sohasida hal etish bog'langan "tuproq–o'simlik–atmosfera–yer osti suvi" tizimini yagona boshqaruv obyekti sifatida ifodalovchi axborot-

matematik nazariyani, shuningdek ko'p mezonli, ko'p darajali intellektual boshqaruv metodologiyasini va uni amalga oshiruvchi dasturiy-texnik vositalarni yaratishni taqozo etadi. Muammoning amaliy jihati mintaqaviy, ilmiy jihati esa umumnazariy xarakterga ega bo'lib, bu doktorlik (DSc) darajasidagi tadqiqotni asoslaydi. Ushbu maqolaning maqsadi — yer osti suvlari ko'rsatkichlarini integratsiya qiluvchi takomillashtirilgan suv balansi modeli, mos boshqaruv masalasining qo'yilishi va uni amalga oshirish uchun taklif etilayotgan ko'p darajali tizim arxitekturasidan iborat axborot-matematik asoslarni bayon etishdan iborat.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot sug'orishni boshqarish bo'yicha mavjud axborot texnologiyalarini va ularning cho'l gidrogeologik sharoitidagi cheklovlarini tizimli tahlil qilishga; matematik modellash va identifikatsiya nazariyasiga; suv balansi tenglamasi va yer osti suvlarining bosimsiz oqimi uchun Bussinesk tenglamasini o'z ichiga olgan gidrologik va gidrogeologik balans nazariyasiga; noaniq mantiq va sun'iy neyron tarmoqlarini birlashtiruvchi gibrid bashorat modeli ko'rinishidagi sun'iy intellekt usullariga; ko'p mezonli optimallashtirish va prognozga asoslangan boshqaruv (MPC)ga; hamda ma'lumotlar bazasini loyihalash va taqsimlangan tizimlar arxitekturasini nazariyasiga asoslanadi.

Ildiz qatlami ($0 \dots z_r$) ning suv balansi, avvalgi bir omilli namlikni ushlab turish modellaridan farqli o'laroq, yer osti suvlari sathidan keladigan kapillyar oqim q_c ni aniq kiritadigan takomillashtirilgan tenglama bilan tavsiflanadi:

$$dW/dt = I(t) + P(t) + q_c(H_g, \theta) - ET_a(\theta, K_c) - q_d(\theta) - R(t) \quad (1)$$

bu yerda $W(t)$ — ildiz qatlamining namlik zaxirasi, $I(t)$ — sug'orish normasi, $P(t)$ — yog'in, ET_a — haqiqiy evapotranspiratsiya, q_d — chuqur filtratsiya, $R(t)$ — sirtqi oqim. q_c hadi qo'shilishi tufayli sug'orish normasi quyidagicha shakllanadi:

$$I(t) = \max(0, (WFC - W(t))/\eta - q_c(H_g, \theta) \cdot \Delta t$$

ya'ni yer osti suvidan keladigan oqim sug'orish normasidan chegiriladi — bu ortiqcha sug'orishning oldini oluvchi asosiy mexanizmdir. Kapillyar ko'tarilish jadalligi grunt suvlari sathining ildiz qatlamidan chuqurligiga eksponensial bog'liq deb qabul qilinadi (Averyanov–Gardner yondashuvining umumlashgan ko'rinishi):

$$q_c = q_{\max} \cdot \exp[-\alpha(H_g - z_r)] \cdot f(\theta), f(\theta) = (\theta_{FC} - \theta)/(\theta_{FC} - \theta_{wp}) \quad (2)$$

bu yerda α — tuproq turiga bog'liq empirik parametr, $q_{\max}$ — to'yingan holatdagi maksimal kapillyar oqim; ikkala parametr ham dala o'lchovlari asosida identifikatsiya qilinadi. Yer osti suvlari sathi dinamikasi to'plangan parametrlari yaqinlashishda quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\mu \cdot dH_g/dt = q_d - q_c - q_{dr} - q_{lat} \quad (3)$$

bu yerda μ — gruntning suv qaytarish koeffitsienti, q_{dr} — drenaj oqimi, q_{lat} — yon oqim; maydon bo'yicha taqsimlangan holat uchun Bussinesk tenglamasidan foydalaniladi. Ildiz qatlamining tuz balansi shunga o'xshash tarzda tavsiflanadi, ikkilamchi sho'rlanishning oldini olish sharti esa boshqaruvning qat'iy cheklovi sifatida rasmiylashtiriladi: $H_g(t) \geq H_{kr}$ va $C_s(t) \leq C_{dop}$, bu yerda H_{kr} — kritik (xavfsiz) yer osti suvlari chuqurligi, C_{dop} — yo'l qo'yilgan minerallasuv darajasi. Shu asosda vegetatsiya davri T uchun boshqaruv masalasi ko'p mezonli optimallashtirish masalasi sifatida quyidagicha shakllantiriladi:

$$\min J = w_1 \cdot \Sigma I(t) + w_2 \cdot \Sigma E(t) + w_3 \cdot \Phi_{salt}(C_s, H_g) - w_4 \cdot Y(\theta, C_s) \quad (4)$$

quyidagi cheklovlar bilan: $\theta_{\min} \leq \theta(t) \leq \theta_{FC}$; $H_g(t) \geq H_{kr}$; $\Sigma I(t) \leq V_{lim}$; $0 \leq I(t) \leq I_{\max}$, bu yerda $E(t)$ — nasos energiya sarfi, Φ_{salt} — sho'rlanish xavfi jarima funksiyasi, Y — hosildorlik funksiyasi, w_i — vazn koeffitsientlari. Ushbu ko'p mezonli qo'yilish avvalgi bir mezonli

(“ildiz qatlami namligini ushlab turish”) formulaga nisbatan sifat jihatidan farqlanadi, chunki u boshqaruv obyektining yer osti suvi va tuz balansini quyi tizimlari hisobiga kengayishini to‘liq aks ettiradi.

Taklif etilayotgan konsepsiyani amalga oshirish uchun chekka qatlam (pyezometrik yer osti suvlari sathi monitoringi qurilmalarini o‘z ichiga olgan taqsimlangan sensor-aktuator tarmog‘i), oraliq (tuman) qatlam va ma’lumotlar bazasi, Big Data quyi tizimi hamda sug‘oriladigan maydonning raqamli egizak moduliga ega bulut qatlamidan iborat, qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash moduli va foydalanuvchi interfeysi bilan to‘ldirilgan ko‘p darajali axborot tizimi arxitekturasi ishlab chiqildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Taklif etilayotgan konsepsiya, birinchidan, yer osti suvlaridan keladigan kapillyar oqim sug‘orish normasidan aniq chegiriladigan, ildiz qatlami suv balansining takomillashtirilgan axborot-matematik modelini beradi — bu jadvalga asoslangan boshqaruvga nisbatan ortiqcha sug‘orish va chuqur filtratsiya yo‘qotishlarini kamaytirishi kutilmoqda. Ikkinchidan, u tuproq namligi, yer osti suvlari sathi va sho‘rlanishni birgalikda bashoratlash masalasini shakllantiradi, bu masala kapillyar ko‘tarilish va sho‘rlanish xavfini tavsiflovchi noaniq qoidalarining talqin qilinuvchanligini tarixiy va sensor ma’lumotlari asosida o‘qitiladigan neyron tarmoqlarning yaqinlashtirish qobiliyati bilan birlashtiruvchi gibril fuzzy-neyron algoritmi orqali yechiladi. Uchinchidan, ikkilamchi sho‘rlanish cheklovini yumshoq jarima emas, balki qat’iy chegara sifatida rasmiylashtiruvchi ko‘p mezonli maqsad funksiyasi (4) prognozga asoslangan boshqaruv bilan mos keluvchi qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash asosini ta’minlaydi va yangi sensor ma’lumotlari, jumladan pyezometrik o‘lchovlar kelib tushishi bilan sug‘orish normasini har bir boshqaruv qadamida qayta hisoblash imkonini beradi. To‘rtinchidan, raqamli egizak moduliga ega ko‘p darajali arxitektura maydon holatini virtual tarzda takrorlash va boshqaruv strategiyalarini dala sharoitiga tatbiq etishdan oldin sinab ko‘rish imkonini beradi.

Odatda faqat bitta mezonni (ildiz qatlami namligini ushlab turish) yer osti suvlari bo‘yicha teskari aloqasiz optimallashtiradigan mavjud sug‘orishni boshqarish axborot tizimlaridan farqli o‘laroq, taklif etilayotgan konsepsiya yer osti suvlari sathi va tuz balansini boshqaruv obyektining ajralmas, qat’iy cheklangan tarkibiy qismlari sifatida ko‘rib chiqadi. Bu quruq mintaqalarda kam chuqurlikdagi yer osti suvlarining o‘simliklar suv sarfi va hosildorligiga sezilarli ta’siri to‘g‘risidagi so‘nggi ma’lumotlarga mos keladi [7, 8] va sug‘orishni rejalashtirish uchun ishlab chiqilgan prognozga asoslangan hamda fuzzy-neyron yondashuvlarni [3–5] cho‘l dashtiga xos bog‘langan suv-tuz tartibga solish masalasiga kengaytiradi. Kutilayotgan suv tejash, sho‘rlanish xavfini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish ko‘rsatkichlarini miqdoriy jihatdan tekshirish α , $q_{\max}$, μ va H_{kr} model parametrlarini dala sharoitida aniqlashni talab qiladi; bu, doktorlik tadqiqoti dasturining tegishli bosqichiga muvofiq, Qarshi cho‘li poligonida to‘liq vegetatsiya davri eksperimenti doirasida amalga oshiriladi.

XULOSA

Maqolada sirtqi tuproq namligini boshqarishni yer osti suvlari sathi va sho‘rlanish ko‘rsatkichlari bilan aniq uyg‘unlashtiradigan, cho‘l mintaqalarida sug‘orish tizimlarini real vaqt rejimida intellektual boshqarishning axborot-matematik asoslari bayon etildi. Kapillyar oqim tuzatmasiga ega ildiz qatlamining takomillashtirilgan suv balansini tenglamasi, yer osti suvlari sathi dinamikasi tenglamasi, tuz balansini cheklovi va ko‘p mezonli optimallashtirish masalasi birgalikda yaxlit nazariy asosni tashkil etadi, taklif etilayotgan ko‘p darajali arxitektura esa — taqsimlangan

pyezometrik monitoring, gibrid fuzzy-neyron bashoratlash, prognozga asoslangan boshqaruv va raqamli egizak modulini birlashtirib — uning amaliy joriy etilish yo‘lini belgilaydi. Taklif etilayotgan konsepsiya sug‘orish suvining ortiqcha sarflanishini kamaytirish, chuqur filtratsiyani cheklash, yer osti suvlari sathini boshqariladigan chuqurlikda barqarorlashtirish va ikkilamchi sho‘rlanish xavfini pasaytirish, shu bilan birga energiya sarfi va sug‘orishni boshqarishda inson omili ta‘sirini kamaytirish imkonini berishi kutilmoqda. Keyingi ishlar model parametrlarini eksperimental identifikatsiya qilish va taklif etilgan algoritmlarni Qarshi cho‘li poligonida dala sharoitida tekshirishga qaratiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. Crop Evapotranspiration — Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. — Rome: FAO, 1998. — 300 p.
2. Boussinesq, J. Recherches théoriques sur l’écoulement des nappes d’eau infiltrées dans le sol // Journal de Mathématiques Pures et Appliquées. — 1904. — Vol. 10. — P. 5–78.
3. Zadeh, L.A. Fuzzy sets // Information and Control. — 1965. — Vol. 8, No. 3. — P. 338–353.
4. Jang, J.-S.R. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. — 1993. — Vol. 23, No. 3. — P. 665–685.
5. Camacho, E.F., Bordons, C. Model Predictive Control. — 2nd ed. — London: Springer-Verlag, 2007. — 405 p.
6. Grieves, M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. — White Paper, 2014. — 7 p.
7. Gao, X., Huo, Z., Qu, Z., Xu, X., Huang, G., Steenhuis, T.S. Modeling contribution of shallow groundwater to evapotranspiration and yield of maize in an arid area // Scientific Reports. — 2017. — Vol. 7. — Art. 43122.
8. Liu, Y., Zhu, Y., Mao, W., Sun, G., Han, X., Wu, J., Yang, J. Development and application of a water and salt balance model for well-canal conjunctive irrigation in semiarid areas with shallow water tables // Agriculture. — 2022. — Vol. 12, No. 3. — Art. 399.

ISSIQXONALAR UCHUN KO‘CHMA TOMCHILATIB SUG‘ORISH-FERTIGATSIYA INSHOOTI VA UNING SUN‘IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN ADAPTIV BOSHQARUV MODEL: MAQSAD, VAZIFALAR VA ILMIY YONDASHUV

Adilbek Turg'unov

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

e-mail: adilbekturgunov@gmail.com

Abstract. *Greenhouse farms in Uzbekistan usually install a separate pump–filter–fertigation node and controller in every greenhouse. This multiplies capital costs, leaves the equipment idle for most of the day and complicates maintenance, while manual or timer-based scheduling leads to excessive use of water, fertilizer and energy. This paper sets out the aim, objectives and scientific approach of an applied research project built on the concept of “one unit — several greenhouses”. The aim is to develop the design of a portable plug-and-play drip irrigation–fertigation unit together*

with an artificial-intelligence-based adaptive control model that automatically adjusts the pump, valve and Venturi injector modes to the hydraulic and microclimatic conditions of each greenhouse to which the unit is connected. The control object is formalised through a pump–network operating-point model with Darcy–Weisbach friction losses, a least-squares procedure for autonomous identification of the network resistance coefficient from pressure and flow measurements at several pump speeds, an irrigation-norm equation corrected by a machine-learning estimate of crop water demand, a fertigation dosing equation based on target electrical conductivity, and a multi-criteria objective that jointly minimises water, fertilizer and energy use. A three-level system architecture and a controlled experiment comparing timer-based and adaptive control are described. The expected outcome is a tested prototype and software package to be validated in greenhouse farms of the Kashkadarya region.

Keywords: *portable irrigation unit, drip irrigation, fertigation, greenhouse, adaptive control, artificial intelligence, hydraulic identification.*

Аннотация. *В тепличных хозяйствах Узбекистана для каждой теплицы, как правило, устанавливается отдельный насосно-фильтрационно-фертигационный узел и система управления. Это многократно увеличивает капитальные затраты, оставляет оборудование большую часть суток неиспользованным и усложняет обслуживание, а ручное или таймерное управление поливом приводит к перерасходу воды, удобрений и электроэнергии. В статье изложены цель, задачи и научный подход прикладного исследовательского проекта, основанного на концепции «одна установка — несколько теплиц». Цель — разработка конструкции передвижной быстроподключаемой (Plug & Play) установки капельного орошения и фертигации, а также адаптивной модели управления на основе искусственного интеллекта, автоматически настраивающей режимы насоса, клапанов и инжектора Вентури под гидравлические и микроклиматические условия каждой подключаемой теплицы. Объект управления формализован с помощью модели рабочей точки системы «насос–сеть» с потерями на трение по Дарси–Вейсбаху, процедуры автономной идентификации коэффициента сопротивления сети методом наименьших квадратов по измерениям давления и расхода при нескольких частотах вращения насоса, уравнения поливной нормы с поправкой на прогноз водопотребления культуры методами машинного обучения, уравнения дозирования удобрений по целевой электропроводности раствора и многокритериальной целевой функции, совместно минимизирующей расход воды, удобрений и энергии. Описаны трёхуровневая архитектура системы и схема контролируемого эксперимента, сравнивающего таймерное и адаптивное управление. Ожидаемый результат — испытанный опытный образец и программный комплекс, подлежащие проверке в тепличных хозяйствах Кашкадарьинской области.*

Ключевые слова: *передвижная поливная установка, капельное орошение, фертигация, теплица, адаптивное управление, искусственный интеллект, гидравлическая идентификация.*

Annotatsiya. *O‘zbekistondagi issiqxona xo‘jaliklarida, odatda, har bir issiqxona uchun alohida nasos-filtr-fertigatsiya tuguni va boshqaruv tizimi o‘rnatiladi. Bu kapital xarajatlarni bir necha barobar oshiradi, jihozlarning sutkaning katta qismida bo‘sh turishiga sabab bo‘ladi va texnik xizmat ko‘rsatishni murakkablashtiradi, qo‘lda yoki taymer bilan boshqarish esa suv, o‘g‘it va elektr energiyasining ortiqcha sarflanishiga olib keladi. Maqolada «bir inshoot — bir nechta issiqxona» konsepsiyasiga asoslangan amaliy ilmiy loyihaning maqsadi, vazifalari va ilmiy yondashuvi bayon*

etilgan. Maqsad — ko‘chma, tez ulanadigan (Plug & Play) tomchilatib sug‘orish-fertigatsiya inshooti konstruksiyasini hamda nasos, klapan va Venturi injektori rejimlarini har bir ulangan issiqxonaning gidravlik va mikroiklim sharoitlariga avtomatik moslashtiruvchi sun‘iy intellektga asoslangan adaptiv boshqaruv modelini ishlab chiqishdir. Boshqaruv obyekti Darsi–Veysbax ishqalanish yo‘qotishlarini hisobga oluvchi «nasos–tarmoq» ishchi nuqtasi modeli, nasosning bir nechta aylanish chastotasida o‘lchangan bosim va sarf qiymatlari bo‘yicha tarmoq qarshilik koeffitsientini eng kichik kvadratlar usuli bilan avtonom aniqlash protsedurasi, mashinali o‘qitish yordamida baholangan ekin suv talabi tuzatmasiga ega sug‘orish normasi tenglamasi, eritmaning maqsadli elektr o‘tkazuvchanligiga asoslangan o‘g‘it dozlash tenglamasi hamda suv, o‘g‘it va energiya sarfini birgalikda kamaytiruvchi ko‘p mezonli maqsad funksiyasi orqali rasmiylashtirildi. Tizimning uch darajali arxitekturasini va taymerli hamda adaptiv boshqaruvni taqqoslovchi nazoratli tajriba sxemasi tavsiflangan. Kutilayotgan natija — Qashqadaryo viloyati issiqxona xo‘jaliklarida sinovdan o‘tkaziladigan prototip va dasturiy majmua.

Kalit so‘zlar: *ko‘chma sug‘orish inshooti, tomchilatib sug‘orish, fertigatsiya, issiqxona, adaptiv boshqaruv, sun‘iy intellekt, gidravlik identifikatsiya.*

KIRISH

Suv resurslarining cheklanganligi O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi uchun eng jiddiy to‘siqlardan biri bo‘lib qolmoqda. Suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasida suvni tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish ustuvor vazifa sifatida belgilangan [1], sun‘iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish strategiyasi esa ushbu texnologiyalarni iqtisodiyot tarmoqlariga joriy etishni nazarda tutadi [2]. Issiqxona xo‘jaliklari qishloq xo‘jaligining eng suv va energiya talab tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Amaliyotda har bir issiqxona uchun alohida nasos, filtr, fertigatsiya tuguni va boshqaruv bloki o‘rnatiladi. Bu yondashuv uchun muammoni keltirib chiqaradi: kapital xarajatlar issiqxonalar soniga mutanosib ravishda ortadi; jihozlar sug‘orish davridan tashqarida bo‘sh turadi; texnik xizmat har bir obyektida alohida olib boriladi. Bundan tashqari, sug‘orish va fertigatsiya ko‘pincha qo‘lda yoki oddiy taymer bilan boshqariladi, natijada suv va o‘g‘it me‘yorida ortiq sarflanadi, nasos esa energiya jihatidan samarasiz rejimda ishlaydi.

Sun‘iy intellekt va buyumlar interneti asosida sug‘orishni boshqarish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud: tuproq namligi va ob-havo prognoziga tayangan holda sug‘orish ehtiyojini bashorat qiluvchi IoT tizimlari [3], aniq sug‘orishda mashinali o‘qitish usullari sharhi [4] hamda monitoring va boshqaruv strategiyalarining tizimli tahlili [5] shular jumlasidandir. Biroq bu ishlarning aksariyati har bir obyektga doimiy o‘rnatiladigan statsionar tizimlarga qaratilgan. Bir nechta issiqxonaga navbatma-navbat xizmat ko‘rsatadigan, har bir ulanishda tarmoqning gidravlik tavsifini o‘zi aniqlaydigan ko‘chma intellektual inshoot konsepsiyasi kam o‘rganilgan. Ushbu maqolaning maqsadi — shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan amaliy loyihaning maqsadi, vazifalari va ilmiy yondashuvini bayon etishdir.

Loyihaning maqsadi — issiqxonalarda tomchilatib sug‘orish uchun ko‘chma (Plug & Play) sug‘orish suv inshooti konstruksiyasini va uni boshqaruvchi sun‘iy intellektli adaptiv boshqaruv modelini ishlab chiqish orqali investitsiya xarajatlarini qisqartirish, texnik xizmatni soddalashtirish va suv, o‘g‘it hamda energiyadan optimal foydalanishga erishishdir. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilangan: birinchidan, mexanik jihatdan soddaga, tez ulanadigan va avtomatik diagnostikaga ega modulli ko‘chma inshoot konstruksiyasini ishlab chiqish; ikkinchidan, nasos, klapanlar va Venturi fertigatsiya rejimlarini avtomatik boshqaruvchi, energiyani tejaydigan adaptiv algoritm yaratish; uchinchidan, har bir ulanishda tarmoqning gidravlik parametrlarini avtonom

aniqlash va optimal rejimni hisoblash funksiyasini ishlab chiqish; to'rtinchidan, IoT datchiklari va mashinali o'qitish modellari yordamida suv va o'g'it sarfini optimallashtirish hamda real vaqt monitoringini ta'minlash; beshinchidan, natijalarni Suv xo'jaligi vazirligi tizimidagi tashkilotlarda sinovdan o'tkazish va amaliyotga joriy etish bo'yicha tavsiyalar tayyorlash.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot laboratoriya va issiqxona sharoitidagi tajribalarni birlashtirgan kompleks yondashuvga asoslanadi: gidravlik tizimlarni matematik modellashtirish, parametrlarni identifikatsiya qilish, mashinali o'qitish (regressiya, qaror daraxtlari, neyron tarmoqlar), ko'p mezonli optimallashtirish va nazoratli dala tajribasi. Inshoot issiqxona tarmog'iga ulanganda boshqaruv obyekti «nasos–tarmoq–emitterlar» tizimi sifatida qaraladi. Chastota o'zgartirgich (VFD) bilan boshqariladigan nasosning bosim tavsifi o'xshashlik qonunlari asosida quyidagicha ifodalanadi:

$$H_p(Q, n) = H_0 \cdot (n/n_0)^2 - a \cdot Q^2 \quad (1)$$

bu yerda H_p — nasos hosil qiladigan bosim, Q — sarf, n va n_0 — joriy va nominal aylanish chastotasi, H_0 va a — nasos tavsifi parametrlari. Tarmoqning tavsifi statik bosim va Darsi–Veysbax tenglamasi bo'yicha ishqalanish yo'qotishlari yig'indisi sifatida beriladi [6]:

$$H_s(Q) = H_{st} + k \cdot Q^2, \quad k = 8\lambda L / (\pi^2 \cdot g \cdot D^5) \quad (2)$$

bu yerda H_{st} — geometrik balandlik farqi va emitterlarning ishchi bosimini o'z ichiga olgan statik bosim, λ — gidravlik ishqalanish koeffitsienti, L va D — quvurning ekvivalent uzunligi va diametri. Nasos va tarmoq tavsiflarining kesishishi ishchi nuqtani belgilaydi. Har bir issiqxonada quvurlar uzunligi, diametri va emitterlar soni turlicha bo'lgani uchun k koeffitsienti oldindan ma'lum emas. Shu sababli inshoot ulanganidan keyin nasos bir nechta chastotada qisqa muddat ishga tushiriladi, bosim va elektromagnit sarf datchiklari yordamida (Q_i , H_i) juftliklari o'lchanadi va k eng kichik kvadratlar usuli bilan baholanadi:

$$k = \Sigma(H_i - H_{st}) \cdot Q_i^2 / \Sigma Q_i^4 \quad (3)$$

Bu protsedura inshootning tez ulanuvchanligi (Plug & Play) xususiyatining ilmiy asosi hisoblanadi: operator tarmoq parametrlarini kiritmaydi, tizim ularni o'zi aniqlaydi. Bosim kompensatsiyalovchi emitterlar uchun ruxsat etilgan bosim oralig'i va sug'orish bir xilligi talablari [7] asosida chastotaning yuqori va quyi chegaralari belgilanadi. j-issiqxona uchun sug'orish normasi tuproq namligi tanqisligi va mashinali o'qitish modeli bergan tuzatma asosida hisoblanadi:

$$I_j = \max\{0; (\theta_{FC} - \theta_j) \cdot z_r \cdot A_j / \eta + \Delta I_j\} \quad (4)$$

bu yerda θ_{FC} va θ_j — dala nam sig'imi va joriy hajmiy namlik, z_r — ildiz qatlami chuqurligi, A_j — issiqxona maydoni, η — sug'orish samaradorligi, ΔI_j — harorat, havo namligi, yorug'lik va o'simlik rivojlanish bosqichi asosida ekin evapotranspiratsiyasining ($ET_c = K_c \cdot ET_0$ [8]) qisqa muddatli o'zgarishini bashorat qiluvchi model tuzatmasi. Fertigatsiyada Venturi injektorining eritmani so'rish nisbati r eritmaning maqsadli elektr o'tkazuvchanligi EC^* ga erishish shartidan topiladi:

$$r = (EC^* - EC_w) / (EC_s - EC_w) \quad (5)$$

bu yerda EC_w va EC_s — sug'orish suvi va ona eritmaning elektr o'tkazuvchanligi. Talab etilgan r qiymati injektor oldi va ortidagi bosim farqini klapan orqali rostlash bilan ta'minlanadi, chiqishdagi EC datchigi esa teskari aloqa vazifasini bajaradi. Boshqaruvning umumiy masalasi ko'p mezonli optimallashtirish sifatida qo'yiladi:

$$\min J = w_1 \cdot \Sigma V_j + w_2 \cdot \Sigma E + w_3 \cdot \Sigma |EC_j - EC^*| \quad (6)$$

quyidagi cheklavlar bilan: $\theta_{\min} \leq \theta_j \leq \theta_{FC}$; $p_{\min} \leq p \leq p_{\max}$; $n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$. Bu yerda V_j — j-issiqxonaga berilgan suv hajmi, $E = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta_p$ ifoda bilan hisoblanadigan nasos

energiya sarfi, w_i — vazn koeffitsientlari. Masala har bir boshqaruv qadamida yangi datchik ma'lumotlari asosida qayta yechiladi, bu esa prognozga asoslangan boshqaruv (MPC) tamoyiliga mos keladi [9].

Konsepsiyani amalga oshirish uchun uch darajali arxitektura taklif etiladi. Quyi darajada g'ildirakli shassiga o'rnatilgan gidravlik tugun (VFD bilan boshqariladigan 2–5 kVt quvvatli nasos, o'z-o'zini tozalovchi diskli filtr, bosim regulyatorlari, solenoid klapanlar, Venturi injektor va o'g'it baki) hamda bosim, sarf, tuproq namligi va EC, harorat, havo namligi va yorug'lik datchiklari joylashadi. O'rta darajada sun'iy intellekt moduliga ega markaziy kontroller identifikatsiya, bashorat va optimallashtirish algoritmlarini bajaradi va nosozliklarni avtomatik aniqlaydi. Yuqori darajada ma'lumotlar bazasi, LoRaWAN yoki Wi-Fi orqali masofadan monitoring va mobil ilova joylashadi. Tajribalar Qashqadaryo viloyatidagi issiqxona xo'jaliklarida va Suv xo'jaligi vazirligi tizimidagi tashkilotlar bazasida o'tkaziladi: nazorat guruhida an'anaviy taymerli sug'orish, tajriba guruhida esa adaptiv boshqaruv qo'llaniladi. Fenologik kuzatuvlar va biometrik o'lchovlar standart uslublar bo'yicha bajariladi, natijalar B.A. Dospexov metodikasi asosida statistik ishlanadi [10]; suv va tuproq tahlillari Qarshi davlat texnika universiteti laboratoriyasida o'tkaziladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Taklif etilayotgan yondashuvning kutilayotgan natijalari to'rt yo'nalishda namoyon bo'ladi. Birinchidan, «bir inshoot — bir nechta issiqxona» konsepsiyasi kapital xarajatlarni obyektlar o'rtasida taqsimlaydi: N ta issiqxonaga navbatma-navbat xizmat ko'rsatadigan bitta inshoot bilan har bir issiqxonaga to'g'ri keladigan jihoz xarajati statsionar tizimlarga nisbatan taxminan N baravar kamayadi, bunda transport va ulanish vaqti qo'shimcha xarajat sifatida hisobga olinadi. Ikkinchidan, (3) protsedura tufayli inshoot har bir yangi issiqxonaga ulanganda qo'lda sozlashsiz ishchi nuqtani topadi; bu xizmat ko'rsatish vaqtini qisqartiradi va operator malakasiga bog'liqlikni kamaytiradi. Uchinchidan, nasos aylanish chastotasini talab etilgan bosimga moslashtirish o'xshashlik qonunlariga ko'ra quvvat iste'molini chastota kubiga mutanosib ravishda kamaytiradi, ya'ni ortiqcha bosim bilan ishlash bartaraf etiladi. To'rtinchidan, (4) va (5) tenglamalarga asoslangan boshqaruv sug'orish va o'g'itlashni o'simlikning real talabiga moslashtiradi; loyiha arizasida suv va o'g'it sarfini 30–40% gacha kamaytirish kutilayotgan samara sifatida belgilangan va bu ko'rsatkich nazoratli tajriba orqali tekshiriladi.

Mavjud tijorat fertigatsiya tugunlari odatda statsionar bo'lib, har bir obyektga alohida o'rnatiladi va sozlash uchun mutaxassis ishtirokini talab qiladi. Taklif etilayotgan yechimning farqi ko'chmalik, gidravlik parametrlarni avtonom aniqlash va adaptiv boshqaruvning birgalikda qo'llanishidadir. Shu bilan birga, bir qator masalalar tajribada aniqlanishi kerak: inshootni issiqxonalar orasida ko'chirish jadvali va har bir issiqxonaga xizmat ko'rsatish oynasining davomiyligi, identifikatsiya protsedurasining datchik xatolariga sezgirligi hamda mashinali o'qitish modelining turli ekinlar va issiqxona turlariga o'tkazilganda aniqligi. Bu masalalar loyihaning ikkinchi yilida dala sinovlari doirasida o'rganiladi.

XULOSA

Maqolada issiqxonalar uchun ko'chma tomchilatib sug'orish-fertigatsiya inshooti va uning sun'iy intellektga asoslangan adaptiv boshqaruv modelini ishlab chiqishga qaratilgan amaliy loyihaning maqsadi, vazifalari va ilmiy yondashuvi bayon etildi. «Nasos–tarmoq» ishchi nuqtasi modeli, tarmoq qarshilik koeffitsientini avtonom aniqlash protsedurasini, mashinali o'qitish tuzatmasiga ega sug'orish normasi tenglamasi, maqsadli EC bo'yicha fertigatsiya dozlash

tenglamasi va ko'p mezonli maqsad funksiyasi birgalikda boshqaruv tizimining axborot-matematik asosini tashkil etadi. Uch darajali arxitektura va nazoratli tajriba sxemasi ushbu asosni amalda tekshirish yo'lini belgilaydi. Loyiha natijasida yaratiladigan prototip va dasturiy majmua issiqxona xo'jaliklarida kapital xarajatlarni kamaytirish, suv, o'g'it va energiyadan tejamkor foydalanish hamda texnik xizmatni soddalashtirish imkonini berishi kutilmoqda. Keyingi ishlar inshoot prototipini yig'ish, model parametrlarini tajribada aniqlash va natijalarni Qashqadaryo viloyati issiqxonalarida sinovdan o'tkazishga qaratiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi «O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi PF-6024-son Farmoni. — URL: <https://lex.uz/docs/-4892953>
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi «Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi PQ-358-son qarori. — URL: <https://lex.uz/docs/-7158604>
3. Goap, A., Sharma, D., Shukla, A.K., Rama Krishna, C. An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies // Computers and Electronics in Agriculture. — 2018. — Vol. 155. — P. 41–49.
4. Abioye, E.A., Hensel, O., Esau, T.J., Elijah, O., Abidin, M.S.Z., Ayobami, A.S., Yerima, O., Nasirahmadi, A. Precision irrigation management using machine learning and digital farming solutions // AgriEngineering. — 2022. — Vol. 4, No. 1. — P. 70–103.
5. Bwambale, E., Abagale, F.K., Anornu, G.K. Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: A review // Agricultural Water Management. — 2022. — Vol. 260. — Art. 107324.
6. White, F.M. Fluid Mechanics. — 7th ed. — New York: McGraw-Hill, 2011.
7. Keller, J., Bliesner, R.D. Sprinkle and Trickle Irrigation. — New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. — 652 p.
8. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. Crop Evapotranspiration — Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. — Rome: FAO, 1998. — 300 p.
9. Camacho, E.F., Bordons, C. Model Predictive Control. — 2nd ed. — London: Springer-Verlag, 2007. — 405 p.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

MAGISTRATURA TALABALARINING AMALIY TADQIQOTLARGA TAYYORLIGINI RIVOJLANTIRISHNING PEDAGOGIK ASOSLARI VA METODLARI

Parmanov Jamshid Tag ‘aymurodivich

Samarqand davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada magistratura talabalarining amaliy tadqiqot faoliyatiga tayyorligini rivojlantirishning pedagogik asoslari va samarali metodlari yoritilgan. Tadqiqotda keys, loyiha, ilmiy-refleksiv seminar va portfolio kabi interaktiv ta’lim shakllarining tadqiqot kompetensiyalarini rivojlantirishdagi imkoniyatlari tahlil qilingan. Shuningdek, magistratura talabalarining tadqiqotga tayyorligi motivatsion-qiyamat, kognitiv-operatsion va shaxsiy komponentlar asosida tavsiflangan.

Kalit soʻzlar: magistratura, amaliy tadqiqot, tadqiqot faoliyati, tadqiqot kompetensiyasi, tadqiqotga tayyorlik, loyiha metodi, keys metodi, ilmiy-refleksiv seminar, portfolio, interaktiv ta’lim.

Аннотация. В статье рассматриваются педагогические основы и эффективные методы формирования готовности магистрантов к практической исследовательской деятельности. Анализируются возможности интерактивных форм обучения — кейс-метода, проектной деятельности, научно-рефлексивного семинара и портфолио — в развитии исследовательских компетенций. Готовность магистрантов к исследовательской деятельности также раскрывается через мотивационно-ценностный, когнитивно-операционный и личностный компоненты.

Ключевые слова: магистратура, прикладное исследование, исследовательская деятельность, исследовательская компетенция, готовность к исследовательской деятельности, проектный метод, кейс-метод, научно-рефлексивный семинар, портфолио, интерактивное обучение.

Abstract. The article examines the pedagogical foundations and effective methods for developing master’s students’ readiness for applied research. It analyzes how interactive learning formats—including case-based learning, project-based learning, research and reflection seminars, and portfolios—can help develop research competencies. It also describes master’s students’ research readiness in terms of motivational and value-based, cognitive and operational, and personal components.

Keywords: master’s students, applied research, research activity, research competence, research readiness, project-based learning, case-based learning, research and reflection seminar, portfolio, interactive learning.

Bugungi kunda magistratura ta’limining muhim vazifalaridan biri talabalarni mustaqil va amaliy tadqiqot faoliyatiga tayyorlashdan iborat. Zamonaviy mutaxassisdan nafaqat nazariy bilim, balki tadqiqot maqsadini belgilash, ilmiy muammolarni aniqlash, ma’lumotlarni tahlil qilish va amaliy yechimlar ishlab chiqish kompetensiyalari ham talab etiladi. Shu sababli magistratura talabalarining tadqiqot faoliyatiga tayyorligini rivojlantirishning samarali pedagogik vositalarini izlash dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Tadqiqot faoliyatini rivojlantirishda keys, loyiha, ilmiy-refleksiv seminar va portfolio kabi interaktiv ta’lim metodlaridan foydalanish talabalarining mustaqil fikrlashi, muammolarni hal qilish, ilmiy axborotni tahlil qilish va oʻz faoliyatini baholash koʻnikmalarini shakllantirishga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, magistratura talabalarining amaliy tadqiqotlarga tayyorligini rivojlantirish jarayonining mazmuni, tarkibiy komponentlari va pedagogik metodlarini aniqlash mazkur tadqiqotning asosiy yoʻnalishini belgilaydi.

Magistratura talabalarining keys tadqiqotlari bilan ishlashi, ham sinfda, ham sinfdan tashqarida, keng qamrovli taʼsir koʻrsatishi mumkin-kognitiv, instrumental, taʼlimiy va tarbiyaviy. Professional tarzda ishlab chiqilgan va “oʻynalgan” keyslar tadqiqot va muloqot koʻnikmalarini

rivojlantiradi, vaziyatlarni tahlil qilish va qaror qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi. Loyiha asosida o'qitish tadqiqot modulida magistratura talabalari uchun interaktiv o'qitish formatlari va usullarida muhim rol o'ynaydi. U talabalarning ilmiy va amaliy muammolarni ijodiy shakllantirish va ularni mustaqil ravishda hal qilish qobiliyatini rivojlantiradi. Shaxsiy va guruhli loyihalarni tayyorlash va amalga oshirish orqali magistratura talabalari ilmiy vositalarni ongli ravishda tanlash va ularni amaliy qo'llash ko'nikmalarini rivojlantiradilar.

Auditoriya va darsdan tashqari loyiha ishlarining elementlari muammolarni hal qilish seminarlari va amaliy mashg'ulotlariga kiritilishi mumkin. Loyiha asosidagi usul magistratura talabalarining yakuniy malakaviy ishlarini tayyorlash jarayonida to'liq taqdim etiladi.

Magistratura talabalarining tadqiqot faoliyatiga tayyorligini oraliq kompleks baholashning mumkin bo'lgan shakllaridan biri bu ilmiy refleksiv seminardir. Ushbu seminar o'zlashtirilgan tadqiqot usullari va usullarini sinab ko'rish, zamonaviy fanda ishlab chiqilgan tadqiqot loyihalarini tanqidiy muhokama qilish va ekspert baholash imkonini beradi. Bunday seminarning ko'p qirrali tabiati moderatorlar, magistr talabalari va ularning professor-rahbarlaridan tashqari, seminar ishiga ekspert bilim komponentlarini kiritadigan turli ijtimoiy-madaniy sohalardagi mutaxassislarni jalb qilishni talab qiladi. Pedagogika magistratura dasturining asosiy ta'lim dasturi moduli "O'rta maktab o'qituvchisi", "Ta'lim jarayonini tashkil etish usullari va texnologiyalari" modulini sinovdan o'tkazish doirasida tadqiqot seminari o'tkazildi, bu nafaqat test natijalarini umumlashtirish, balki yangi tadqiqot natijalarini kashf etish imkonini berdi. Seminar o'z-o'zidan aks ettiruvchi xususiyatga ega edi.

Magistratura talabalari boshlang'ich maktab o'qituvchilari va ular o'zlari faoliyatga asoslangan darslarni loyihalashda duch keladigan qiyinchiliklarning sabablarini aniqladilar va tahlil qildilar. Tahlil natijasida muammoli sohalar aniqlandi va individual muammolarga yechimlar aniqlandi. O'qituvchilarning tadqiqot faoliyatini o'zlashtirish darajasi va sifatini baholashidan tashqari, o'zini o'zi baholashning turli shakllari samarali bo'lishi mumkin; turli xil variantlarning tavsiflarini adabiyotlarda topish mumkin [3]. Masalan, portfolio tuzish oraliq baholashning samarali usuli sifatida tan olingan. Bakalavr talabalaridan farqli o'laroq, magistr talabalari o'zlarining yutuqlarini mustaqil va tizimli ravishda qayd etish, to'plash va baholash imkoniyatiga ega. Portfolioni saqlash talabalarga individual tadqiqot faoliyatining "moddiy" natijalarini maqsadli ravishda kengaytirish va sifat jihatidan oshirish imkonini beradi. Tadqiqot portfoliosini tuzish modulli dastur tugagandan so'ng o'qituvchi-tadqiqotchining rivojlanishini uzoq muddatli baholash imkonini beradi. Ushbu baholash shaklidan foydalanish ko'rsatganidek, portfolio umrbod o'rganishga bo'lgan ehtiyojni uyg'otadi, magistr talabalarida tanqidiy o'zini o'zi tahlil qilishni rivojlantiradi, ularga o'zlarining kuchli va zaif tomonlarini baholashga, shuningdek, qobiliyatlari va ko'nikmalarining evolyutsiyasini ko'rishga imkon beradi. Modulda barcha kurslardan mustaqil o'qish uchun topshiriqlarni to'playdigan ishchi daftar tadqiqot moduliga kiritilgan fanlarning o'quv jarayonini ham birlashtirishi mumkin. Uni ishlab chiqishning asosiy sharti tadqiqot faoliyatining mantig'i va barcha topshiriqlarning magistrlik dissertatsiyasi mavzusiga yo'naltirilganligi bo'lishi kerak. Materialning katta qismi magistr talabalari tomonidan mustaqil ravishda o'zlashtirilishi kerak bo'lgan yangi standartga muvofiq, bunday o'qitish va metodologik ishlanmalar magistr talabasining ta'lim maydonini tashkil etishga, turli kurslarni yagona kontseptual va faoliyatga asoslangan birlikka birlashtirishga va o'qituvchilar ishini muvofiqlashtirishga yordam beradi. Modulli dasturlarga o'tish, shuningdek, ushbu modelda bir xil bo'lishi kerak bo'lgan o'quv va metodologik paketni ishlab chiqish jarayonini o'zgartiradi, baholash materiallari, baholash tizimi va boshqalar kabi. Magistr

tadqiqot modulini amalga oshirishga hatto yuzaki qarash ham yangi standartlar butun magistrlik dasturini o'zgartirishi kerakligini ko'rsatadi.

Ular faqat yangi ta'lim natijalarini belgilaydigandek tuyulishi mumkin, ammo dastlabki amalga oshirish shuni ko'rsatadiki, ta'lim jarayonining butun mantig'i va tuzilishini o'zgartirmasdan turib, bu natijalarga erishish mumkin emas.

Ta'lim butun dunyoda barqaror rivojlanishning asosiy omili sifatida tan olingan. Ta'limning raqamli transformatsiyasi sharoitida jamiyat magistratura talabalarini ilmiy ishlarga tayyorlash uchun iste'dod va qobiliyatlarni rivojlantirishga tobora ko'proq ehtiyoj sezmoqda.

Ta'lim-bu bilim, ko'nikma va qobiliyatlarni singdirish jarayoni, insonni hayot va ishga tayyorlashning asosiy vositasi.

Ta'lim barqaror rivojlanishning asosiy omili sifatida tan olingan va 2030-yilgi Xalqaro ta'lim konsepsiyasida "hayot davomida sifatli ta'lim olish imkoniyatlarini yaratish" dolzarb vazifa sifatida belgilangan. Bu ta'lim tizimida talabalarni o'z sohalarida tadqiqotlarga tayyorlashning metodologik tizimini takomillashtirish ko'lamini kengaytirdi.

Rivojlangan mamlakatlarda magistratura nafaqat yuqori malakali mutaxassislarni, balki umumiy va professional tayyorgarlik darajasi doimiy ravishda rivojlanib boradigan va jamiyat ehtiyojlariga javob beradigan kelajakdagi olimlarni tayyorlashga qaratilgan ta'lim bosqichidir. Shu munosabat bilan, AQSh, Buyuk Britaniya, Germaniya, Fransiya, Xitoy, Yaponiya va Janubiy Koreya kabi rivojlangan mamlakatlarda magistratura darajasida ta'lim jarayonining sifatini, yuqori professional malaka bilan birga ta'minlash, ilmiy maqsadlarni belgilash, ilmiy tadqiqotlarni rejalashtirish va ilmiy tadqiqot faoliyatini olib borish muhim yo'nalish hisoblanadi. Birlamchi ma'lumotlarni tahlil qila oladigan va tadqiqot natijalarini baholay oladigan ijodiy mutaxassislarni tayyorlash bo'yicha bir qator tadqiqotlar olib borilmoqda. Oliy o'quv yurtidan keyingi ta'lim sifati va iqtisodiyotimizning turli sohalarining rivojlanishi ko'p jihatdan texnik mutaxassisliklar bo'yicha magistratura talabalarini ilmiy va tadqiqot faoliyatiga tayyorlash bilan bog'liq. Shuning uchun biz texnik mutaxassisliklar bo'yicha bitiruvchilar orasida ilmiy tadqiqot kompetensiyalarining rivojlanish darajasini fanimiz va iqtisodiyotimizni yangi bosqichga ko'tarishning asosiy omili sifatida tan olishimiz mumkin. So'nggi yillarda zamonaviy talablarga asoslangan magistratura tizimini shakllantirish va rivojlantirishga alohida e'tibor qaratildi. Ta'lim sohasida amalga oshirilgan keng qamrovli islohotlar natijasida, masalan, magistratura dasturlarini tartibga solish, ilmiy, metodologik va logistika ta'minoti kuchaytirildi, magistratura mutaxassisliklari bo'yicha Davlat ta'lim standartlari ishlab chiqildi va boshqalar. Bundan tashqari, magistratura dasturlarida tadqiqot kompetensiyalarini rivojlantirishga qaratilgan metodologiyalarni takomillashtirish zarurati ta'kidlangan. Shuningdek, magistratura dasturi nafaqat yuqori malakali mutaxassislarni, balki doimiy o'zgarib turadigan jamiyat talablariga javob beradigan bo'lajak olimlarni tayyorlash uchun ham asos bo'lib xizmat qilishini hisobga olish muhimdir. Shu munosabat bilan, yuqori professional malakaga qo'shimcha ravishda, tadqiqot maqsadlarini belgilash, tadqiqotni rejalashtirish, tadqiqot o'tkazish, dastlabki ma'lumotlarni tahlil qilish va tadqiqot natijalarini baholash qobiliyatiga ega bo'lgan ijodiy mutaxassislarni tayyorlashga qaratilgan magistratura dasturlarida o'quv jarayonining sifatini ta'minlash vazifasi tug'iladi. Ko'p bosqichli ta'lim tizimida magistratura dasturlarining hozirgi holati va rivojlanishini tahlil qilish, ilmiy va pedagogik adabiyotlar va ushbu sohadagi tajriba xulosasi shuni ko'rsatadiki, magistratura talabalarining kasbiy tayyorgarligi magistratura talabalarining asosiy ta'lim faoliyati turi sifatida tizimli tadqiqot faoliyatiga faol jalb qilinishini nazarda tutadi. U ta'lim jarayonini fundamentalizatsiya qilish, insonparvarlashtirish, professionalashtirish va axborotlashtirish kontseptual g'oyalariga asoslanadi. Bo'lajak magistratura talabalarining kasbiy tayyorgarligi natijasi

bitiruvchining professional faoliyat uchun zarur bo'lgan bilim va ko'nikmalarni o'z ichiga olgan kompetensiyasidir. Magistr kompetensiyasi magistratura bitiruvchisining tayyorgarligi sifatini ta'minlaydigan xususiyatni ta'kidlaydi: magistratura talabasining tadqiqotga tayyorgarligi darajasi bilan belgilanadigan tadqiqot kompetensiyasi. Shu nuqtai nazardan, biz tadqiqotimizning asosiy tushunchalarini aniqladik: "magistratura talabasining tadqiqot faoliyati", "magistratura talabasining tadqiqotga tayyorgarligi" va "magistratura talabasining tadqiqotga tayyorgarligini rivojlantirish jarayoni". Magistratura dasturlarining mazmunini o'rganib chiqib, biz magistratura darajasidagi "tadqiqot faoliyati" tushunchasi kengroq va tadqiqot olib borishda mustaqillik darajasi jihatidan farq qiluvchi o'quv tadqiqot faoliyati va ilmiy tadqiqot faoliyati sintezini ifodalaydi degan xulosaga keldik. Ushbu o'ziga xoslikni hisobga olgan holda, biz magistratura talabalarining tadqiqot faoliyatini ilmiy tadqiqot metodologiyasini o'zlashtirish va tadqiqotlarni tashkil etishga qaratilgan maxsus tashkil etilgan faoliyat sifatida ta'riflaymiz, natijada ushbu faoliyatning muvaffaqiyatli ishlashini ta'minlaydigan tadqiqot bilimlari, ko'nikmalari va professional jihatdan ahamiyatli shaxsiy fazilatlarining tegishli darajada rivojlanishi ta'minlanadi. Magistratura talabalarining tadqiqot faoliyati tuzilishini aniqlashda biz A.N. Leontyev tomonidan ishlab chiqilgan faoliyatning kontseptual modeliga tayandik. Magistratura talabalarining tadqiqot faoliyati tuzilishi o'zaro bog'liq va o'zaro belgilovchi komponentlar to'plamidir: ehtiyoj, motiv, maqsad, harakatlar, operatsiyalar va shartlar. Ushbu vazifani muvaffaqiyatli bajarish magistratura talabasining tadqiqotga rivojlanishga tayyorligini nazarda tutadi, bu bizning tadqiqotimizda magistratura talabasining yaxlit shaxsiy rivojlanishi sifatida belgilanadi, bu talabaning ichki intellektual va shaxsiy rivojlanishining munosabati va natijasini aks ettiradi. Ushbu rivojlanish tadqiqotga motivatsion va qadriyatlarga asoslangan yondashuvni, metodologik bilimlar va tadqiqot ko'nikmalari tizimini va muvaffaqiyatli tadqiqotni ta'minlaydigan professional ahamiyatga ega shaxsiy fazilatlarini o'z ichiga oladi. Biz magistratura talabalarining tadqiqotga tayyorligi masalasini professional faoliyatga tayyorlik mazmunini o'rganish orqali hal qildik. Biz "professional faoliyatga tayyorlik"ni nafaqat shaxsning yo'nalishi va o'ziga xos bilim va ko'nikmalarini, balki shaxsiy fazilatlarini ham birlashtirgan yaxlit hodisa sifatida ko'radigan olimlarning K.M. Durai-Novakova, V.A. Slastenin, N.D. Xmel va boshqalar fikriga qo'shilamiz. Magistratura talabalarining tadqiqotga tayyorligi tuzilmasida quyidagi komponentlarni aniqladik: motivatsion-qiymat, bu nafaqat magistratura talabasining tadqiqotga qiziqishi va ijobiy munosabatini belgilovchi, balki ularning umumiy shaxsiyat yo'nalishini, tadqiqot faoliyatining professional va ijtimoiy ahamiyatiga ishonchni va unda faol ishtirok etish zarurligini anglashini o'z ichiga olgan izlanish, ijodiy va tadqiqotga yo'naltirilgan pozitsiyasini aks ettiruvchi barqaror motivlar to'plamini kognitiv, shaxsiy, ijtimoiy ahamiyatga ega va professional-qiymat o'z ichiga oladi; kognitiv-operatsion, bu umumiy ilmiy metodologik bilim va ko'nikmalarni, maxsus ilmiy tadqiqot bilim va ko'nikmalarini, protseduralarni bilishni va ilmiy va pedagogik tadqiqotlar texnikasini bilishni o'z ichiga oladi; va shaxsiy, bu tadqiqotchi o'qituvchining o'zini o'zi tashkil etish, o'zini o'zi boshqarish, proaktivlik va aks ettirish qobiliyati kabi professional ahamiyatga ega shaxsiy fazilatlar tizimini o'z ichiga oladi. Ushbu komponentlarning kombinatsiyasi magistratura talabalarining tadqiqotga tayyorligi hodisasini tashkil qiladi. Ko'p bosqichli ta'lim tizimida magistratura talabalarining amaliy tadqiqotlarga tayyorligining hozirgi holatini o'rganish bizni magistratura darajasidagi amaliy tadqiqotlarga tayyorligi o'z-o'zidan rivojlanmaydi degan xulosaga olib keldi; Bu maqsadli sa'y-harakatlarni talab qiladi. Magistratura talabalarining amaliy tadqiqotlarga tayyorligini rivojlantirish orqali biz buni magistratura talabalarining amaliy tadqiqotlarga motivatsion va qadriyatlarga asoslangan munosabatlarini rivojlantirishga, metodologik tadqiqot bilimlari va ko'nikmalarini o'zlashtirishga, shuningdek, tadqiqotning muvaffaqiyati va

samaradorligini ta'minlaydigan professional jihatdan ahamiyatli shaxsiy fazilatlarni rivojlantirishga qaratilgan jarayon deb tushunamiz.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Архангельский, С. И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы/С.И. Архангельский.М.:Высшая школа, 1980.-368с.
2. Асмолов, А.Г. Психология личности: культурно-историческое понимание развития человека / А.Г. Асмолов. М.: Смысл, 2007.528 с.
3. Афанасьев, В.В. Формирование творческой активности студентов в процессе решения математических задач: монография / В.В. Афанасьев.-Ярославль: Изд-во ЯГПУ им.К.Д. Ушинского, 1996,-168с.
4. Афанасьева, Т.П. Методические рекомендации по разработке и реализации на основе деятельностно-компетентного подхода образовательных программ ВПО, ориентированных на ФГОС третьего поколения /Т.П. Афанасьева, Е.В. Караваева, А.Ш. Канукоева и др. М.: Изд-во МГУ, 2007. 96с.
5. Байденко, В.И. Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентного подхода) / В.И. Байдеко. // Высшее образование в России. 2004. №11.с. 17-22.
6. Байденко, В. И. Компетентный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы): метод, пособие/ В.И. Байдеко. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 2005.114 с.

UDK 691.175

KOMPOZITSION MATERIALLARNING ZAMONAVIY QURILISHDAGI ROLI

Saidov Istam Ergashevich

Qarshi davlat texnika universiteti

Orcid: orcid.org/0009-0008-2857-2963

Annotatsiya. Maqolada polimer tolali kompozitlar (FRP), dispers armaturalangan beton va nanomodifikatsiyalangan sement kompozitlarining qurilishda qo'llanilishi me'yoriy hujjatlar va ilmiy adabiyotlar tahlili asosida ko'rib chiqilgan. ACI 440.1R-15 qo'llanmasi ma'lumotlari asosida po'lat, shisha tolali (GFRP), uglerod tolali (CFRP) va aramid tolali (AFRP) armaturalarning fizik-mexanik xossalari qiyosiy tahlil qilingan. Teng mustahkamlik va teng bikrlilik mezonlari bo'yicha bajarilgan qiyosiy hisob GFRP armatura qo'llanganda armatura massasi 79 foizgacha kamayishi mumkinligini, biroq bikrlilik hal qiluvchi bo'lgan elementlarda bu afzallik amalda yo'qolishini ko'rsatdi. Kompozit armaturadan sho'rlangan grunt va suvlar ta'sirida ishlaydigan gidrotexnik inshootlarda foydalanishning afzalliklari va cheklovlari asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: kompozitsion materiallar, FRP armatura, shisha tolali armatura, uglerod tolali kompozit, elastiklik moduli, konfaynment, seysmik kuchaytirish, sho'rlangan muhit, gidrotexnik inshootlar.

Аннотация. В статье на основе анализа нормативных документов и научной литературы рассмотрено применение полимерных волокнистых композитов (FRP), дисперсно-армированного бетона и наномодифицированных цементных композитов в строительстве. По данным руководства ACI 440.1R-15 проведён сравнительный анализ физико-механических свойств стальной, стеклопластиковой (GFRP), углепластиковой (CFRP) и арамидной (AFRP) арматуры. Сравнительный расчёт по критериям равной прочности и равной жёсткости показал, что применение GFRP-арматуры позволяет снизить массу арматуры до 79 %, однако в элементах, где определяющим является критерий жёсткости, это преимущество практически исчезает. Обоснованы преимущества и ограничения применения композитной арматуры в гидротехнических сооружениях, эксплуатируемых в условиях засоленных грунтов и вод.

Ключевые слова: композиционные материалы, композитная полимерная арматура, стеклопластиковая арматура, углепластик, модуль упругости, конфайнмент, сейсмоусиление, засоленная среда, гидротехнические сооружения.

Abstract. Based on an analysis of design guidelines and scientific literature, the article examines the use of fiber-reinforced polymer (FRP) composites, fiber-reinforced concrete and nano-modified cementitious composites in construction. Using data from the ACI 440.1R-15 guide, the physical and mechanical properties of steel, glass (GFRP), carbon (CFRP) and aramid (AFRP) reinforcing bars are compared. A comparative calculation based on equal-strength and equal-stiffness criteria showed that GFRP bars can reduce the reinforcement mass by up to 79%, but this advantage practically disappears in members governed by stiffness. The advantages and limitations of using composite reinforcement in hydraulic structures exposed to saline soils and water are substantiated.

Keywords: composite materials, FRP reinforcement, GFRP bars, CFRP, elastic modulus, confinement, seismic retrofitting, saline environment, hydraulic structures.

Kirish

Zamonaviy qurilishda bino va inshootlarga qo'yiladigan talablar sezilarli kengaydi: mustahkamlik bilan bir qatorda seysmik bardoshlilik, agressiv muhitga chidamlilik, energiya samaradorligi va uzoq xizmat muddati talab etilmoqda. An'anaviy temir-beton konstruksiyalarning eng zaif tomoni — agressiv muhitda po'lat armaturaning korroziyasidir. Namlik, xloridlar va boshqa tuzlar ta'sirida betonning ishqoriy himoyasi pasayadi, armatura zanglab hajmi kattalashadi, bu esa himoya qatlamining yorilishi va konstruksiyaning yemirilishiga olib keladi [1].

O'zbekiston sharoitida bu muammo ikki omil bilan yanada keskinlashadi. Birinchidan, respublika hududining katta qismi seysmik faol bo'lib, bino va inshootlar ShNQ 2.01.03-19 talablari asosida loyihalanadi [2], seysmik xavfsizlikni ta'minlash esa davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri etib belgilangan [3]. Ikkinchidan, sug'oriladigan yerlarning sho'rlanishi keng tarqalgan: masalan, Qashqadaryo viloyatida noto'g'ri sug'orish oqibatida yerlarning 45 foizi sho'rlangan [4]. Sho'rlangan grunt va grunt suvlari bilan bevosita tutashadigan kanal qoplamalari, suv o'tkazuvchi va suv taqsimlovchi inshootlar, nasos stansiyalarining poydevorlari po'lat armatura uchun o'ta agressiv muhitda ishlaydi.

Ushbu muammolarning samarali yechimlaridan biri — kompozitsion materiallardir. Kompozitsion material deb kimyoviy va fizik jihatdan turlicha, o'zaro erimaydigan va aniq chegara sirti bilan ajralgan ikki yoki undan ortiq komponentdan tashkil topgan, xossalari alohida

komponentlarnikidan farq qiladigan materialga aytiladi. Qurilishda kompozitlarning qo'llanilishi so'nggi uch-to'rt o'n yillikda jadal rivojlandi [5, 6]; jumladan, Kanadada 200 dan ortiq ko'prik inshootida shisha tolali kompozit armatura muvaffaqiyatli qo'llanilgan [1]. Shu bilan birga, kompozitlarning mexanik jihatdan po'latdan tubdan farq qiladi va buni hisobga olmasdan ularni qo'llash konstruksiyalar ishonchliligini pasaytirishi mumkin.

Maqolaning maqsadi — kompozitsion materiallarning qurilishdagi o'rnini me'yoriy ma'lumotlar asosida tahlil qilish, ularning afzalliklari va cheklovlarini miqdoriy baholash hamda O'zbekiston sharoitida qo'llash yo'nalishlarini asoslashdan iborat. Ishning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat: po'lat va kompozit armaturalarning xossalari xalqaro me'yoriy hujjat ma'lumotlari asosida tizimlashtirildi; teng mustahkamlik va teng bikrlilik mezonlari bo'yicha armatura sarfi va massasini taqqoslash natijalari olindi; olingan natijalar asosida kompozit armaturadan inshootlarda foydalanishning samarali sohalari aniqlandi.

Materiallar va usullar

Tadqiqot sharh-tahliliy xarakterga ega bo'lib, uning asosini me'yoriy hujjatlar — ACI 440.1R-15 [1], ACI 440.2R-17 [7], GOST 31938-2012 [8], ShNQ 2.01.03-19 [2] — hamda 2003–2024-yillarda xalqaro ilmiy jurnallarda chop etilgan ishlar [5, 9, 10, 11, 6, 12] tashkil etadi. Ishda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil va analitik hisoblash usullaridan foydalanildi.

Po'lat va shisha tolali kompozit (GFRP) armaturalarni taqqoslash uchun cho'zilishga ishlaydigan element ko'rib chiqildi. Hisobda quyidagi dastlabki ma'lumotlar qabul qilindi: po'lat armatura uchun oquvchanlik chegarasi $f_y = 400$ MPa, elastiklik moduli $E_s = 200$ GPa, zichlik $\rho_s = 7,9$ g/sm³; GFRP armatura uchun kafolatlangan cho'zilishga mustahkamlik $f_{fu}^* = 700$ MPa, elastiklik moduli $E_f = 45$ GPa, zichlik $\rho_f = 2,0$ g/sm³. Qabul qilingan qiymatlar ACI 440.1R-15 da keltirilgan tipik oraliqlarda joylashgan [1]. Grunt va atmosfera ta'siridagi konstruksiyalar uchun shisha tolali armaturaning tashqi muhit koeffitsiyenti $C_E = 0,7$ qabul qilindi [1]; u holda hisobiy mustahkamlik $f_{fu} = C_E \cdot f_{fu}^* = 490$ MPa ni tashkil etadi.

Taqqoslash quyidagi ifodalar bo'yicha bajarildi:

$$A_f / A_s = f_y / f_{fu} \text{ — teng mustahkamlik mezon,} \quad (1)$$

$$A_f / A_s = E_s / E_f \text{ — teng bikrlilik mezon,} \quad (2)$$

$$m_f / m_s = (A_f / A_s) \cdot (\rho_f / \rho_s), \quad (3)$$

bu yerda A_f, A_s — mos ravishda kompozit va po'lat armaturaning ko'ndalang kesim yuzasi; m_f, m_s — armaturaning birlik uzunlikdagi massasi. Ushbu soddalashtirilgan taqqoslash konstruksiyani to'liq hisoblash o'rnini bosmaydi, balki materiallar samaradorligini dastlabki baholash uchun xizmat qiladi.

Natijalar va muhokama

1. Kompozitsion materiallarning tasnifi.

Qurilishda qo'llaniladigan kompozitlar matritsa (bog'lovchi) va armaturalovchi komponentdan iborat. Matritsa materialga shakl beradi, kuchlanishlarni tolalar orasida taqsimlaydi va tolalarni tashqi muhitdan himoya qiladi; tolalar esa asosan tola yo'nalishida yuqori mustahkamlik va bikrlikni ta'minlaydi. Qurilish amaliyotida kompozitlarning uchta asosiy guruhi ajratiladi.

Polimer asosli tolali kompozitlar (FRP) — shisha (GFRP), uglerod (CFRP), aramid (AFRP) va bazalt (BFRP) tolalari epoksid, poliefir yoki vinilefir smolalari bilan bog'langan materiallar. Ular ichki armatura (sterjenlar va to'rlar), tashqi kuchaytirish uchun matolar va lamellar hamda konstruksion profillar ko'rinishida ishlab chiqariladi [1, 12].

Dispers armaturalangan beton (fibrobeton) — beton tarkibiga metall, shisha, bazalt yoki polimer tolalar qo'shiladi. Tolalar mikro yoriqlarning rivojlanishini cheklaydi, betonning cho'zilishdagi va zarbiy yuklarga qarshiligini hamda yorilishga chidamliligini oshiradi.

Nanomodifikatsiyalangan sement kompozitlari — uglerod nanotrubalari, nanokremnezem va boshqa nanozarrachalar yordamida sement toshining strukturasi nanodarajada boshqariladi, bu uning zichligi va mustahkamligini oshirish imkonini beradi [10].

2. Fizik-mexanik xossalar

Po'lat va FRP armaturalarning tipik xossalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Po'lat va FRP armaturalarning tipik fizik-mexanik xossalari [1]

Ko'rsatkich	Po'lat	GFRP	CFRP	AFRP
Zichlik, g/sm ³	7,90	1,25–2,10	1,50–1,60	1,25–1,40
Oquvchanlik chegarasi, MPa	276–517	—	—	—
Cho'zilishga mustahkamlik, MPa	483–690	483–1600	600–3690	1720–2540
Elastiklik moduli, GPa	200	35–51	120–580	41–125
Uzilishdagi nisbiy deformatsiya, %	6,0–12,0	1,2–3,1	0,5–1,7	1,9–4,4

Izoh: tolalarning hajmiy ulushi 0,5–0,7 bo'lgan armatura uchun.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, FRP armaturaning zichligi po'latnikidan 4–6 marta kichik, cho'zilishga mustahkamligi esa po'latnikiga teng yoki undan bir necha barobar yuqori. Biroq GFRP ning elastiklik moduli po'latnikining atigi 18–26 foizini tashkil etadi. Bundan tashqari, FRP materiallar oquvchanlik bosqichsiz, uzilishgacha chiziqli-elastik ishlaydi va mo'rt buziladi [1]. Bu ikki xususiyat kompozit armaturali konstruksiyalarni loyihalash yondashuvini tubdan o'zgartiradi: ko'p hollarda loyihani mustahkamlik emas, balki egilish va yoriqlar kengligi bo'yicha foydalanish talablari belgilaydi [1].

3. Qiyosiy hisob natijalari.

(1)–(3) ifodalar bo'yicha bajarilgan hisob natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Po'lat va GFRP armatura sarfini taqqoslash natijalari

Hal qiluvchi mezon	A_f / A_s	m_f / m_s	Massa bo'yicha farq
Teng mustahkamlik, (1)	0,82	0,21	79 % kam
Teng bikrlilik, (2)	4,44	1,13	13 % ko'p

Natijalar kompozit armaturaning samaradorligi hal qiluvchi loyiha mezoniga bog'liqligini ko'rsatadi. Agar element mustahkamlik bo'yicha hisoblansa, GFRP armatura massasi po'lat armaturanikidan qariyb besh baravar kam bo'ladi, bu tashish va montaj xarajatlarini kamaytiradi. Biroq bikrlilik hal qiluvchi bo'lgan elementlarda — egiluvchan plitalar, yupqa devorli lotoklar, suv o'tkazmasligi uchun yoriqlar kengligi qat'iy cheklangan gidrotexnik konstruksiyalarda — kompozit armaturaning ko'ndalang kesimi po'latnikidan 4,4 baravar katta bo'lishi kerak va massa bo'yicha afzallik yo'qoladi. Shuningdek, doimiy yuk ostida sudralib uzilish (creep rupture) xavfi sababli GFRP armaturadagi doimiy kuchlanish hisobiy mustahkamlikning 20 foizi bilan cheklanadi [1], bu ham armatura sarfini oshiradi. Demak, gidrotexnik va boshqa inshootlarda kompozit armaturaning asosiy afzalligi massa emas, balki agressiv muhitdagi uzoq muddatli chidamlilik bilan bog'liq.

4. Agressiv muhitdagi chidamlilik

Kompozit armatura xlorid ionlari va kimyoviy ta'sirlarga chidamli bo'lib, zanglamaydi [1]. Biroq bu mutlaq chidamlilikni anglatmaydi. Beton g'ovaklaridagi yuqori ishqoriy muhit (pH 11,5–13,0) GFRP armaturaning mustahkamligi va bikrligini pasaytirishi mumkin: turli tadqiqotlarda mustahkamlikning 0–75 foizgacha, tuzli eritmalarda esa 0–20 foizgacha kamayishi qayd etilgan [1].

Degradatsiya darajasi asosan smola turiga bog'liq, vinilefir smolalar namlik kirishiga nisbatan yuqori qarshilikka ega hisoblanadi [1]. Shu sababli me'yorlarda C_E kamaytiruvchi koeffitsiyenti qo'llaniladi. Muhim jihat shundaki, kompozit armatura degradatsiyaga uchraganda, po'latdan farqli ravishda, hajmi kattalashmaydi va atrofdagi betonni yormaydi [1]. Bu xususiyat sho'rlangan grunt va suvlar bilan tutashgan gidrotexnik inshootlar uchun ayniqsa qimmatlidir.

5. Seysmik kuchaytirishda qo'llanilishi

Seysmik hududlarda kompozitlar asosan mavjud konstruksiyalarni tashqi kuchaytirish uchun qo'llaniladi [7]. Beton ustunlarni FRP matolar bilan o'rash (konfaynment) betonning ko'ndalang kengayishini cheklab, uning siqilishdagi mustahkamligi va chegaraviy deformatsiyasini sezilarli oshiradi [9]. Kuchaytirish samarasi FRP ning o'zi energiya yutishi bilan emas, aynan o'rab siqish mexanizmi bilan bog'liq, chunki FRP plastik deformatsiyaga ega emas. Aksincha, ichki armatura sifatida FRP sterjenlarni momentli ramalarda va momentlarni qayta taqsimlash talab etiladigan zonalarda qo'llash tavsiya etilmaydi [1]. Shu sababli seysmik yuk ko'taruvchi karkaslarda kompozit armaturani qo'llash O'zbekiston sharoitida qo'shimcha tadqiqotlar va me'yoriy asoslashni talab qiladi.

6. Yuqori harorat va yong'in ta'siri

Kompozitlarning asosiy cheklovlaridan biri — yuqori haroratga sezgirlik. Qurilish armaturasida ishlatiladigan smolalarning shishalanish harorati (T_g) odatda 93–120 °C oralig'ida bo'ladi; bu haroratga yaqinlashganda smola yumshaydi va armaturaning beton bilan tishlashishi keskin kamayadi [1]. Shu bilan birga, sovuq zonalarga yaxshi ankerlangan GFRP sterjenlar 300 °C dan yuqori haroratda ham mustahkamligining qariyb yarmini saqlab qolishi qayd etilgan [1]. Shunga qaramay, kompozit armaturali elementlarning yong'inga chidamliligi teng po'lat armaturali elementlarnikidan past bo'lishi mumkin, shuning uchun ularni loyihalashda yong'in xavfsizligi talablari alohida tekshirilishi zarur. Fasadlarda qo'llaniladigan kompozit panellarni tanlashda ham ularning yonuvchanlik sinfi hal qiluvchi ahamiyatga ega.

7. Rivojlanish tendensiyalari.

Sintetik kompozitlarni qayta ishlash po'latni qayta ishlashga nisbatan murakkab [1], shu sababli tabiiy tolalar (zig'ir, kanop va boshqalar) va bio-polimerlar asosidagi «yashil kompozitlar» rivojlanmoqda. Tabiiy tolalarni ishlab chiqarishga sintetik tolalarga nisbatan taxminan 20–40 foiz energiya sarflanadi, biroq ular namlik yutuvchanligi yuqoriligi, yong'inga chidamliligi va uzoq muddatli chidamliligi pastligi bilan ajralib turadi [11]. Mineral xomashyodan olinadigan bazalt tolasi shisha tolaga muqobil sifatida o'rganilmoqda, nanotexnologiyalar esa sement kompozitlarining xossalari boshqarishning yangi imkoniyatlarini ochmoqda [10].

Xulosa

1. Kompozitsion materiallar, xususan FRP armatura, po'latga nisbatan 4–6 marta yengil va zanglamaydi, biroq elastiklik modulining pastligi va mo'rt buzilishi sababli ularni loyihalash maxsus yondashuvni talab qiladi.

2. Qiyosiy hisob ko'rsatdiki, teng mustahkamlik mezonida GFRP armatura massasi po'latnikidan 79 foiz kam, teng bikrlilik mezonida esa 13 foiz ko'p bo'ladi. Demak, kompozit armaturaning samaradorligini hal qiluvchi loyiha mezonini hisobga olgan holda baholash lozim.

3. Seysmik hududlarda kompozitlarning eng samarali qo'llanish sohasi — mavjud konstruksiyalarni o'rab siqish (konfaynment) orqali tashqi kuchaytirishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ACI 440.1R-15. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars. – Farmington Hills: American Concrete Institute, 2015.

2. ShNQ 2.01.03-19. Seysmik hududlarda qurilish. – Toshkent: O'zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi, 2019.

3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 30-maydagi «O'zbekiston Respublikasi seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PF-144-son Farmoni // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 06/22/144/0457-son.

4. Hollaway L.C. A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties // Construction and Building Materials. – 2010. – Vol. 24, No. 12. – P. 2419–2445.

5. Khodadadi N., Roghani H., Harati E., Mirdarsoltany M., De Caso F., Nanni A. Fiber-reinforced polymer (FRP) in concrete: A comprehensive survey // Construction and Building Materials. – 2024. – Vol. 432. – Art. 136634.

6. ACI 440.2R-17. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. – Farmington Hills: American Concrete Institute, 2017.

7. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ.

8. Lam L., Teng J.G. Design-oriented stress–strain model for FRP-confined concrete // Construction and Building Materials. – 2003. – Vol. 17, No. 6–7. – P. 471–489.

9. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review // Construction and Building Materials. – 2010. – Vol. 24, No. 11. – P. 2060–2071.

10. Dittenber D.B., GangaRao H.V.S. Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2012. – Vol. 43, No. 8. – P. 1419–1429.

11. Albuja-Sánchez J., Damián-Chalán A., Escobar D. Experimental studies and application of fiber-reinforced polymers (FRPs) in civil infrastructure systems: A state-of-the-art review // Polymers. – 2024. – Vol. 16, No. 2. – Art. 250.

GRUNT O‘ZANLI KANALLARDAGI TUB OQIZIQLARINING TRANSPORTI VA SHAKLLARNING PAYDO BO‘LISHI

G‘ayimnazarov Israil Xoliqovich., *Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston E-mail: igayimnazarov@gmail.com*

Mamarasulov Sobir Raxmonqul o‘g‘li., *Doktorant (PhD), Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston E-mail: sobirmamarasulov6@gmail.com*

Annotatsiya: Ushbu maqolada grunt o‘zanli kanallarda tub oqiziqlarining gidravlik transporti va oqim tubida turli shakllarning, xususan, rifellar va boshqa tub deformatsiyalarining shakllanish mexanizmlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Grunt o‘zanli kanallarda suv oqimi bilan tub materiali o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir natijasida oqiziqlarning ko‘chishi va cho‘kishi, qayta harakatga kelishi hamda kanal tubining morfologik o‘zgarishi sodir bo‘ladi. Ushbu jarayonlar oqimning

o'rtacha va mahalliy tezligi, tubdagi urinma kuchlanish, oqim chuqurligi, gidravlik nishablik, oqiziq zarrachalarining diametri, zichligi va granulometrik tarkibiga bevosita bog'liq. Shuningdek, oqim rejimi va tub oqiziqalar xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlik asosida tub shakllarining rivojlanish bosqichlari tahlil qilingan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, tub shakllarining shakllanishi kanalning gidravlik qarshiligi, suv sathi, oqim tezligi va oqiziqalar transport qobiliyatining o'zgarishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Maqolada grunt o'zanli kanallarning gidravlik hisoblarida tub shakllari va tub oqiziqalari transportini hisobga olish zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: grunt o'zanli kanal, tub oqiziqalari, oqiziqalar transporti, tub shakllari, rifel, sedimentatsiya, eroziya, urinma kuchlanish, kritik tezlik, granulometrik tarkib, gidravlik nishablik, oqim rejimi.

Аннотация: В данной статье с научной точки зрения проанализированы механизмы гидравлического транспорта донных наносов в каналах с грунтовым руслом и формирования различных форм на дне потока, в частности рифлей и других донных деформаций. В каналах с грунтовым руслом в результате взаимодействия потока воды с материалом дна происходит перемещение и осаждение наносов, их повторное движение и морфологическое изменение дна канала. Эти процессы напрямую зависят от средней и местной скорости потока, донного касательного напряжения, глубины потока, гидравлического уклона, диаметра, плотности и гранулометрического состава частиц наносов. Также проанализированы этапы развития донных форм на основе взаимосвязи между режимом течения и свойствами донных наносов. Результаты показывают, что формирование донных форм существенно влияет на изменение гидравлического сопротивления канала, уровня воды, скорости потока и транспортирующей способности наносов. В статье обоснована необходимость учета донных форм и транспорта донных наносов в гидравлических расчетах каналов с грунтовым руслом.

Ключевые слова: канал с грунтовым руслом, донные наносы, транспорт наносов, донные формы, рифель, седиментация, эрозия, касательное напряжение, критическая скорость, гранулометрический состав, гидравлический уклон, режим потока.

Abstract: This article provides a scientific analysis of the hydraulic transport of bed sediments in earthen channels and the formation mechanisms of various bed forms, specifically ripples and other bed deformations. In earthen channels, the interaction between the water flow and the bed material results in sediment transport, deposition, resuspension, and morphological changes to the channel bed. These processes directly depend on the average and local flow velocity, bed shear stress, flow depth, hydraulic gradient, as well as the diameter, density, and particle size distribution of the sediment. Furthermore, the developmental stages of bed forms are analyzed based on the relationship between the flow regime and the characteristics of bed sediments. The results show that the formation of bed forms significantly affects changes in the channel's hydraulic resistance, water level, flow velocity, and sediment transport capacity. The article substantiates the necessity of accounting for bed forms and bed sediment transport in the hydraulic calculations of earthen channels.

Keywords: earthen channel, bed load, sediment transport, bed forms, riffle, sedimentation, erosion, shear stress, critical velocity, granulometric composition, hydraulic gradient, flow regime.

Kirish. Grunt o'zanli kanallar sug'orish tizimlari, kollektor-drenaj tarmoqlari, suv chiqarish inshootlari va boshqa gidrotexnik tizimlarning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Bunday kanallarning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, ularning tubi va yonbag'irlari beton, temir-beton yoki boshqa qattiq qoplama bilan to'liq mustahkamlanmagan bo'lib, oqim ta'sirida oson deformatsiyalanishi mumkin. Natijada suv oqimi bilan kanal tubidagi grunt o'rtasida murakkab gidrodinamik va geomorfologik jarayonlar yuzaga keladi. Grunt o'zanli kanallarda oqimning tubga

ta'siri natijasida grunt zarrachalarining ajralishi, ko'chishi va boshqa uchastkalarda qayta cho'kishi kuzatiladi. Ushbu jarayon umumiy holda oqiziqlar transporti deb yuritiladi. Oqiziqlar transportining intensivligi oqimning gidravlik parametrlari hamda tub materialining fizik-mexanik xususiyatlari bilan belgilanadi. To'liqlar geometriyasi cho'kindilarni tashishning ustuvor sharoitlariga sezilarli darajada bog'liq. To'liqlar tub materiali asosan tub yuki sifatida harakatlanayotgan vaqtda rivojlanadi. Bu, tub yuki sifatida harakatlanish uchun o'ta mayda bo'lgan cho'kindilardan (loyqa va undan mayda) butunlay tashkil topgan tublarda to'liqlarning paydo bo'lishini istisno qiladi. Qumli tublarda yuqori oqim sharoitida, harakatlanuvchi tub materialining ko'p qismi muallaq holda tashilganda to'liqlar yuvilib ketishi mumkin, ammo oqim intensivligi pasayishi bilan ular qayta shakllanadi.

Kanal tubidagi oqiziqlar transporti faqatgina materialning bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chishi bilan cheklanmaydi. Oqim tubida zarrachalarning qayta taqsimlanishi natijasida kanal tubining mikro va makro relyefi o'zgaradi. Jumladan, qumli va qum-shag'alli gruntlarda rifellar, qum to'liqlari va boshqa tub shakllari hosil bo'lishi mumkin. Tub shakllarining paydo bo'lishi gidravlik nuqtayi nazardan alohida ahamiyatga ega. Chunki kanal tubida hosil bo'lgan notekisliklar oqimning energiya yo'qotishlarini oshiradi, oqimning vertikal va ko'ndalang yo'nalishdagi tezlik taqsimotini o'zgartiradi hamda oqiziqlar transportining keyingi rivojlanishiga ta'sir ko'rsatadi. Amaliyotda grunt o'zanli kanallarni loyihalash va ekspluatatsiya qilishda ko'pincha kanal tubi nisbatan tekis deb qabul qilinadi. Biroq real sharoitda tubning shakli vaqt davomida o'zgarib turadi. Ayniqsa, oqimning kritik siljituvchi kuchlanishdan yuqori qiymatga ega bo'lishi natijasida tub materiali harakatga keladi va oqim bo'ylab ma'lum qonuniyat asosida qayta taqsimlanadi. Shu sababli grunt o'zanli kanallarning gidravlik hisoblarini takomillashtirishda tub oqiziqqlari transporti va tub shakllarining shakllanish jarayonlarini birgalikda o'rganish muhim ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Oqiziqlar transporti bo'yicha A.Yu.Сидорчук, A.E.Михинов, Roy C. Messaros, Ulrich Zanke, and Markus J. Kloker, L.Inman, A.G.Anderson, R.Boyd, A.Kaneka, Y.Kawata, P.D.Komar, P.Nielsen, S.Sato, J.R.L.Allen, G.H.Darwin, H.W.Menard, J. H. Baas, Kindle.B.M, T.Karman, T.M.Alves, N.S.Znamenskaya, Anindita Deka, Pintu Barman, M.K.Mukhopadhyay, S. R. Bhattacharyya V.S.Altunin, G.I.Barenblatt, B.Kamenen, M.Larson, M.S.Yalin, E.Karahan, M.S.Quick, J.Fredsoe, I.Broker, H.A.Демиденко, R.D.Kosyan, P.Nilsen, A.N.Semixatov, G.Gefer, C.M.Анцыферов, A.C.Ефремов, K.A.Yuldasheva, A.M.Arifjanov, D.R.Bazarov, B.Sh.Matyakubov, S.Q.Xidirov, D.A.Mavlyanova, X.A.Nishanbayev, S.S.Eshev, N.K.Muradov, va boshqa tadqiqotchilarning ishlari bag'ishlangan, boshqa ko'plab olimlar tomonidan ilmiy tadqiqotlar olib borilgan va ma'lum ijobiy natijalarga erishilgan.

Materiallar va usullar. Obyekt sifatida grunt o'zanli kanallarning tub qismida harakatlanayotgan oqiziqlar va ular ta'sirida shakllanadigan tub shakllari qabul qilindi. Tadqiqot jarayonida asosan qumli, qumloq va mayda donali qum-shag'alli gruntlardan tashkil topgan kanal o'zanlaridagi oqim jarayonlari nazarda tutildi. Grunt o'zanli kanalning asosiy gidravlik parametrlari sifatida kanal tubining eni (b), suv chuqurligi, kanal tubining bo'ylama nishabligi, gidravlik radius, oqimning o'rtacha tezligi va suv sarfi qabul qilinadi.

Oqimning o'rtacha tezligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$V = \frac{Q}{\omega} \quad \text{m/s} \quad (1)$$

V — oqimning oʻrtacha tezligi, m/s;

Q — suv sarfi, m³/s;

ω — oqimning jonli kesim yuzasi, m².

Grunt oʻzanining tubiga taʼsir etuvchi asosiy gidravlik omillardan biri tubdagi urinma kuchlanish hisoblanadi. Bir jinsli oqim uchun u taxminan quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R \cdot i \quad (2)$$

τ_0 — kanal tubidagi oʻrtacha urinma kuchlanish, Pa;

ρ — suv zichligi, kg/m³;

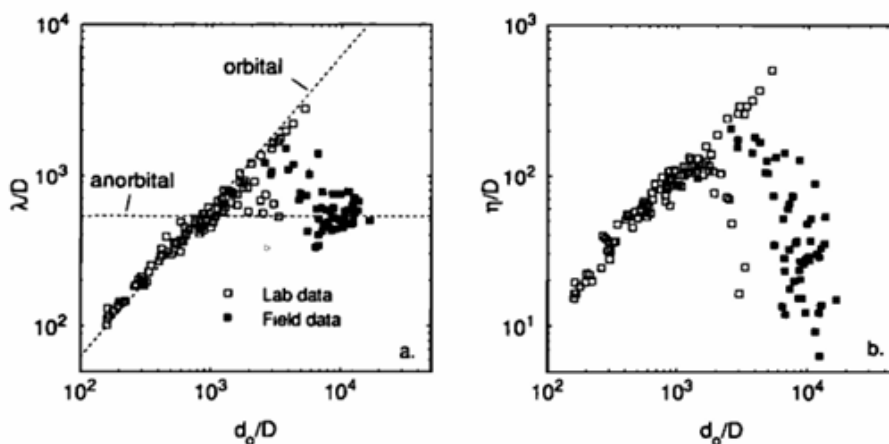
g — erkin tushish tezlanishi, m/s²;

R — gidravlik radius, m;

i — kanalning gidravlik nishabligi.

Tub shakllarining kanal ekspluatatsiyasiga taʼsiri. Grunt oʻzanli sugʻorish kanallarida tub shakllarining(rifellar va gryadlar) rivojlanishi bir qator amaliy muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Birinchidan, rifel va boshqa tub shakllari kanalning foydali kesim yuzasini oʻzgartiradi. Ikkinchidan, oqimning gidravlik qarshiligi ortishi sababli bir xil suv sarfini uzatish uchun suv sathi yuqoriroq boʻlishi mumkin. Uchinchidan, tubning ayrim qismlarida choʻkindi toʻplanishi kanalning suv oʻtkazish qobiliyatini kamaytirishi mumkin. Bundan tashqari, rifellar harakatlanuvchi shaklga ega boʻlgani sababli kanal tubining deformatsiyasi vaqt davomida davom etadi. Bu esa kanalni ekspluatatsiya qilishda davriy kuzatuv va gidravlik-morfologik monitoringni talab qiladi. Shu sababli grunt oʻzanli kanallarning texnik holatini baholashda faqat kanalning geometrik oʻlchamlarini aniqlash yetarli emas. Tubning granulometrik tarkibi, tub shakllarining balandligi va toʻlqin uzunligi, oqiziqalar transporti va deformatsiya tezligini ham hisobga olish maqsadga muvofiq.

Uslub va materiallar. Dala va laboratoriya oʻlchovlari orqali aniqlangan toʻlqinlar oraligʻi λ , va orbital diametr, d_0 oʻrtasidagi bogʻliqlik 1a-rasmda koʻrsatilgan boʻlib, unda toʻlqinlar oraligʻi ham, orbital diametr ham tub choʻkindilarning oʻrtacha diametri boʻyicha oʻlchamlashtirilmagan; oʻlchamlashtirilmagan toʻlqin balandligi, η/D , xuddi shu holatlar uchun 1b-rasmda koʻrsatilgan.



1-rasm. Carstens va boshqalar [1969], Kennedy va Falcon [1965], Mogridge va Karnphuis

[1972] hamda Dingler [1974] laboratoriya tadqiqotlaridan va Inman [1957] hamda Dingler [1974] dala tadqiqotlaridan olingan, normallashtirilgan to'liq orbital diametri d_0/D ning funksiyasi sifatida D donacha diametriga normallashtirilgan o'lchangan (a) to'liq uzunligi λ va (b) to'liq balandligi η . 1a-rasmdagi uzun chiziqlar orbital va anorbital to'liqlarning uzunligi uchun kuzatilgan tendensiyalarni ifodalaydi.

Xulosa. Grunt o'zanli kanallarda tub oqizqlarining transporti suv oqimi va kanal tubidagi grunt o'rtasidagi murakkab gidravlik-morfologik o'zaro ta'sir natijasida yuzaga keladi. Oqimning tubdagi urinma kuchlanishi kritik qiymatdan oshganda grunt zarrachalari harakatga kelib, dumalash, sirpanish va sakrash mexanizmlar orqali oqim bo'ylab ko'chadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Patricia L. Wiberg and Courtney K. Harris "Ripple geometry in wave-dominated environments", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 99, №. C1, PAGES 775-789, JANUARY 15, 1994

2. J. H. Baas "A flume study on the development and equilibrium morphology of current ripples in very fine sand" *Sedimentology* (1994) 41, 185-209 p.

3. G'ayimnazarov I. X. UDC 532.543: 627.157: Calculation of the parameters of the base rows in a non-stationary flow // *Innovatsion texnologiyalar*. – 2025. – T. 59. – №. 3. – C. 62-66.

4. G'ayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, S., Rakhimov, A., & Guliyeva, S. (2025, July). Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3256, No. 1, p. 020041). AIP Publishing LLC.

5. Eshev, S. S., Gayimnazarov, I. X., Latipov, S. A., Rahmatov, M. I., & Kholmamatov, I. K. (2023, March). Calculation of parameters of subsurface ridges in a steady flow of groundwater channels. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2612, No. 1, p. 050033). AIP Publishing LLC.

6. G'ayimnazarov, I. X. (2024). OQIZIQLAR HARAKATINING BOSHLANISHINI TAHLIL QILISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 4(10), 142-147.

7. G'ayimnazarov Israil Xoliqovich, Mamarasulov Sobir Raxmonqulogli, and Toshmurodov Jomurod Jahongirogli. "O'ZAN TUBI BARQARORLIGINI BAHOLASH USULLARI" *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности* 4.1 (2026): 237-241.

UO'K: 628.143.1:624.131

BOG'LANGAN GRUNTLI KANALLARDA YUVMASLIK TEZLIGINI ANIQLASH

Eshev Sobir Samadovich - texnika fanlari doktori, professor, E-mail: telnets@mail.ru,
ORCID: 0000-0003-3880-9289,

G'ayimnazarov Israil Xoliqovich - texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
E-mail: igayimnazarov@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-0680-5174,

Aralov Behro'zjon G'ayratovich - doktorant (PhD), E-mail: behruzaralov44@gmail.com,
ORCID: 0009-0004-6842-7809,

Mamarasulov Sobir Raxmonqul o'g'li, *Doktorant (PhD)*,
E-mail: sobirmamarasulov6@gmail.com

Quvvatov Jobirbek Zokirjon o'g'li – "SIFAT PLYUS QURILISH" MCHJ Muhandis PTO,
E-mail: jobirbekquvvatov0098@gmail.com.

Annotatsiya. Ushbu maqolada bog'langan gruntli kanallarda o'zan tubi va yon tomon qiyaliklarining yuvilmaslik shartini baholash hamda yuvmaslik tezligini aniqlash usulini

takomillashtirishga bog'ishlangan. Tadqiqotda oqim tezligi, suv chuqurligi, gidravlik qiyalik, gruntning granulometrik tarkibi, zichligi va bog'lanish xususiyatlarining kritik yuvilish tezligiga ta'siri tahlil qilindi. Mavjud hisoblash usullari qiyosiy baholanib, asosiy gidravlik va grunt parametrlarini hisobga oluvchi takomillashtirilgan hisoblash yondashuvi taklif etildi. Olingan natijalar bog'langan gruntli kanallarning gidravlik barqarorligini baholash, o'zan deformatsiyasini kamaytirish va sug'orish kanallaridan samarali foydalanish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: bog'langan grunt, gruntli kanal, yuvilmaslik sharti, yuvmaslik tezligi, kritik tezlik, o'zan deformatsiyasi, gidravlik turg'unlik, granulometrik tarkib, gidravlik qiyalik, oqim tezligi.

УДК: 628.143.1:624.131

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАЗМЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТИ В КАНАЛАХ СВЯЗНЫМ ГРУНТОВЫМ РУСЛОМ

Аннотация. В статье рассматривается оценка условий неразмыва дна и откосов русел каналов с связным грунтом, а также совершенствование метода определения неразмывающей скорости. В исследовании проанализировано влияние скорости потока, глубины воды, гидравлического уклона, гранулометрического состава, плотности и связности грунта на критическую скорость размыва. Проведена сравнительная оценка существующих расчётных методов и предложен усовершенствованный расчётный подход, учитывающий основные гидравлические и грунтовые параметры. Полученные результаты имеют практическое значение для оценки гидравлической устойчивости каналов со связным грунтом, снижения деформации русла и повышения эффективности эксплуатации оросительных каналов.

Ключевые слова: связный грунт, грунтовый канал, условие неразмыва, неразмывающая скорость, критическая скорость, деформация русла, гидравлическая устойчивость, гранулометрический состав, гидравлический уклон, скорость потока.

UDC: 628.143.1:624.131

DETERMINATION OF NON-EROSION VELOCITY IN COHESIVE SOIL CHANNELS

Abstract. This paper examines the assessment of non-erodible conditions for the bed and side slopes of channels with cohesive soil, as well as the improvement of the method for determining the non-eroding flow velocity. The study analyzes the influence of flow velocity, water depth, hydraulic gradient, grain-size distribution, soil density, and cohesion on the critical erosion velocity. A comparative assessment of existing calculation methods is carried out, and an improved calculation approach is proposed that takes into account the main hydraulic and soil parameters. The obtained results are of practical significance for assessing the hydraulic stability of cohesive-soil channels, reducing channel deformation, and improving the operational efficiency of irrigation canals.

Keywords: cohesive soil, alluvial channel, non-erodible condition, non-eroding velocity, critical velocity, channel deformation, hydraulic stability, grain-size distribution, hydraulic gradient, flow velocity.

Kirish

Bog'langan gruntli kanallarning gidravlik barqarorligini ta'minlashda o'zan tubi va yonbag'irlarining yuvilmaslik shartini to'g'ri baholash muhim ahamiyatga ega. Yuvmaslik tezligi kanalning suv o'tkazish qobiliyati, o'zan deformatsiyasi va ekspluatatsion ishonchliligini belgilovchi asosiy gidravlik ko'rsatkichlardan biridir. Mavjud usullarda ushbu parametrlarni aniqlashda asosan oqim tezligi, suv chuqurligi va gidravlik nishablik hisobga olinadi, biroq bog'langan gruntlarning granulometrik tarkibi, zichligi, namligi va mexanik bog'lanish xususiyatlarining ta'siri yetarli darajada aks ettirilmagan.

Shu sababli bog‘langan gruntli kanallarda yuvilishning boshlanish shartlarini kompleks baholash va yuvmaslik tezligini aniqlash usulini takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi oqimning gidravlik parametrlari hamda gruntning fizik-mexanik xususiyatlarini o‘zaro bog‘lagan holda yuvmaslik tezligini aniqlashning takomillashtirilgan usulini ishlab chiqishdan iborat. Taklif etilayotgan yondashuv kanal o‘zanining barqarorligini aniqroq baholash va yuvilish xavfini kamaytirishga xizmat qiladi. [1-4]

Bizga ma’lumki, bog‘langan gruntlar bog‘lanmagan gruntlardan o‘ziga xos xususiyatlaridan biri bo‘lgan birikish kuchlari bilan farqlanadi. Shuning uchun bog‘langan gruntlarning bu fizik xususiyati inobatga olingan holda o‘zanining yuvilish jarayonidagi fizik xususiyatlari va ularning yuvilishga chidamlilik sharoitlarini o‘rganish, hisobiy o‘zan yuvilishini aniqlash masalalariga alohida ahamiyat beriladi. Kanal loyli bog‘langan gruntlaridagi o‘zanning yuvilish sharoitlarini ko‘rib chiqamiz, ular birikish kuchlariga ega bo‘lgan gruntlarning biri bo‘lib hisoblanadi.

Bog‘langan gruntlarning yuvilish jarayoni V.N.Goncharov tomonidan o‘rganilgan bo‘lib, keyinchalik S.YE. Mirxulava tomonidan [2] deyarli batafsil tadqiqot etilgan. Muammoni eksperimental jihatdan tadqiqot qilish, bog‘langan grunt va oqim gidrodinamik o‘zaro ta’sirini chuqur o‘rganish, gruntning fizik-mexanik xossalarini hamda suv oqimining turbulent tuzilmasi va dinamik xususiyatlarini hisobga olish ushbu tadqiqotning maqsadini belgilaydi. Mirxulavaning [2] ishiga ko‘ra, gil gruntlarning yuvilishga mustahkamligini ko‘rsatuvchi asosiy omil bo‘lib, birikish kuchi hisoblanadi. Birikish kuchi siljishdagi σ_c va uzilishdagi σ_p chegaraviy kuchlanishlar bilan xarakterlanadi. [1-10]

Materiallar va usullar

Bog‘langan gruntlar zich (monolit) va agregat tuzilishga ega gruntlarga bo‘linadi, ular yetarlicha yirik yoriqlar bilan alohida agregatlarga ajralgan bo‘ladi. Mirxulava tadqiqotlariga ko‘ra, agregat tuzilishga ega gruntlarning yuvilishi agregatlar orasidagi bog‘lanishlarning buzilishi orqali sodir bo‘ladi. Kuchsiz birikishga ega zich gruntlar (masalan, loy) sirt qatlamining yuvilishi natijasida buziladi. Agar gruntning birikishi yetarlicha katta bo‘lsa, unda buzilish mikro yoriqlarning joylashish xususiyati bilan belgilanadi. Shuningdek, uzilib chiqayotgan agregatlar o‘lchami oqim tubining tuzilishi va turbulentlik intensivligi bilan belgilanadi. Agar kanal o‘zanining tubi tekis deb hisoblansa, agregatlarning uzilishiga sabab bo‘luvchi pulsatsion bosim kuchi bo‘lib, u kanal tubida [93] ishga ko‘ra ma’lum bir qiymatga ega bo‘ladi. [12-14]

$$p' = 3,5 pu_*^2. \quad (1)$$

Bosim pulsatsiyalari ta’siri bilan bog‘liq bo‘lgan ishorasi o‘zgaruvchan dinamik yuklama agregatlar orasidagi birikishning buzilishiga va mikro yoriqlarning asta-sekin ochilishiga olib keladi. Bunda agregatlar o‘z joyida faqat og‘irlik kuchi hisobiga ushlanib turadi, deb hisoblash mumkin. Yuzaga keladigan bosim pulsatsiyalari o‘zan tubining sezilarli sirt qismlarini qamrab oladi, ularning o‘lchami turbulentlikning makromasshtabi bilan taqqoslanadi. Shu sharoitda grunt agregati yuzasidagi bosim pulsatsiyalari standartining o‘zgarishini hisobga olmasa ham bo‘ladi. Bog‘langan gruntning yuvilishi faqat shunday holatda sodir bo‘ladiki, bunda agregat yuzasiga ta’sir etayotgan manfiy pulsatsion bosim kuchi agregatga ta’sir qilayotgan og‘irlik kuchiga teng bo‘ladi. Agregat o‘lchamini L deb belgilab, ushbu shartni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$3,5 pu_*^2 L^2 = (p_T - p)gL^3. \quad (2)$$

Bundan ajralalib chiqayotgan agregatlarning o‘lchamini baholash mumkin:

$$L_{kr} = \frac{3,5i_*^2}{g \frac{p_T - P}{P}}. \quad (3)$$

Laboratoriya tajribalarida dinamik tezlik $u_* = 10 \div 15 \text{ sm/s}$ bo'lganda, uzilib chiqayotgan agregatlarning hisobiy o'lchami taxminan 3-4 mm ga teng bo'lib [Mirs], tajribalarda qayd etilgan ajralayotgan bo'laklar o'lchamiga yaqin. Ushbu natijadan quyidagi muhim xulosani chiqarish mumkin: bog'langan gil sifat gruntning oqimning turbulentligi ta'sirida buzilish jarayoni so'nggi bosqichida bevosita birikish kuchiga bog'liq bo'lmay, balki ma'lum darajada to'g'ridan-to'g'ri bog'liqlik paydo bo'lishi mumkin. Buning sababi shundan iboratki, grunt mikro yoriqlarning joylashuv xarakteri, chastotasi va chuqurligi birikishga ta'sir qiluvchi quyidagi omillarga ham bog'liq bo'lishi mumkin: gruntning petrografik tarkibi, g'ovakligi, maydalanganlik darajasi va boshqalar. [15]

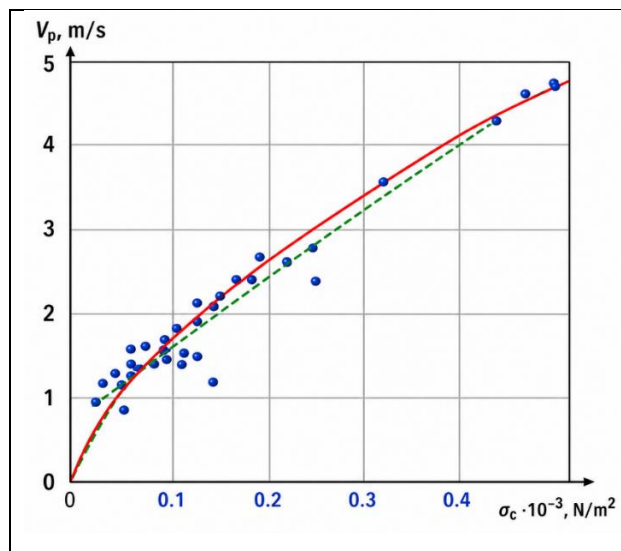
Natijalar va muhokama

Haqiqatan ham, [2] ishdagi bog'langan gruntlar yuvilishi bo'yicha ma'lumotlar (1-rasmda keltirilgan) tahlil qilinsa, o'rtacha kritik tezlik 2,5 m/s ga teng bo'lganda, dinamik tezlik taxminan 0,1 m/s ga yaqin ekanligini va tubdagi urinma kuchlanishni quyidagicha aniqlash mumkin.

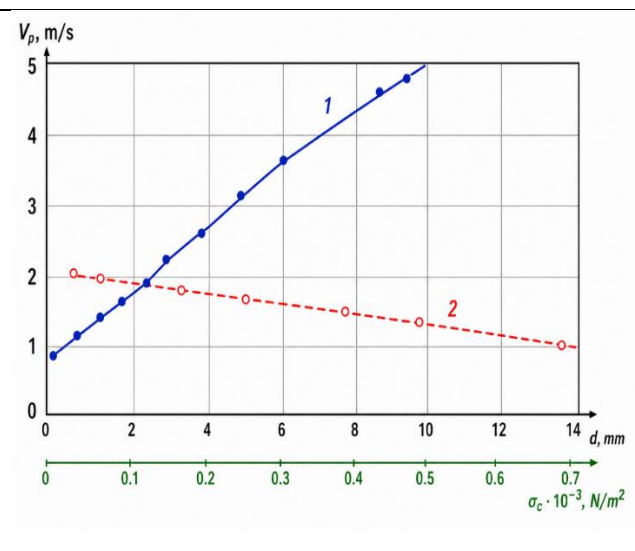
$$\tau = pu_*^2 = 1 \frac{g}{sm^3} \cdot 10^2 \frac{sm^2}{s^2} = 10^{-7} \frac{H}{m^2} \left(10^{-4} \frac{kgs}{sm^2} \right). \quad (4)$$

Shu vaqtda (1-rasm) grunt tubida ta'sir etib, yuvilishni keltirib chiqarayotgan birikish kuchi qiymati urinma kuchlanishdan ming martadan ham ko'pdir. Bu holat bog'langan gil gruntlar yuvilish mexanizmini birikish kuchini yengib o'tish bilan bog'laydigan dastlabki gipotezaning to'g'riligiga shubha tug'diradi. Agar biror omil o'z qiymatining atigi 1/1000 qismi darajasida ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsa, holbuki u to'liq ta'sir ko'rsatishi kerak bo'lgan vaziyatda, bunday omilni yuvilish mexanizmiga bevosita ta'sir qiluvchi omil deb qarash mumkin emas. Eng ehtimolli tushuntirish shuki, yuqorida qayd etilgan bir nechta omillar yuvilish jarayoniga birgalikda fizik ta'sir ko'rsatadi. Ularni kompleks tarzda birikish kuchi orqali ifodalash qulay, chunki birikish nisbatan oddiy o'lchanadigan kattalik hisoblanadi.

Agar gil grunt agregatlari oqim ta'sirida bosimning lokal pulsatsion pasayishi kuzatiladigan sohalarda uzilib chiqadi deb qabul qilinsa,



1-rasm. Bog'langan gruntning yuvilish sharti.



2-rasm. Yopishish va agregat yirikligining kritik tezlikka ta'siri (Mirxsulava [101] ma'lumotlari bo'yicha).

1 — yopishishning o'zgarishi, 2 — agregat yirikligining o'zgarishida o'rniga L deb o'qish kerak.

bosimning p' pulsatsion pasayishi, oqim chegarasida quyidagiga teng deb qabul qilinishi mumkin [3]:

$$p' = 3,5 p i_*^2, \quad (5)$$

Atrofdagi grunt bilan birikishni saqlab turgan agregatning kritik muvozanat sharti quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$3,5 r i_*^2 = k \sigma_p, \quad (6)$$

bu yerda k - proporsionallik koeffitsiyenti.

$u_*^2 = V^2 \lambda / 8$ ekanligini inobatga olgan holda kritik tezlik uchun ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$V_{kr} \propto \sqrt{\sigma_p}. \quad (7)$$

Bog'langan gruntlar uchun chegaraviy siljituvchi kuch bilan birikish kuchi o'rtasidagi juda katta farq gruntning toliqishi asosidagi buzilish modelidan foydalanishni keltirib chiqaradi. Shuningdek, koeffitsiyentlar tizimini kiritish orqali siljituvchi va ushlab turuvchi kuchlarni o'zaro moslashtirish imkonini berdi. Bunda toliqish bo'yicha meyoriy birikish qiymati aniqlanadi [101]. Siljishga nisbatan yopishish (ssepeleniye) qiymati N.A.Sitovich usuli bo'yicha aniqlanadi. Dastlab $M = 0,1 \div 1,0$ ishqalanish koeffitsiyentiga, undan keyin esa $h_D = 0,16 \div 0,22$ dinamik mustahkamlik koeffitsiyentiga va oxirida eksperimental materialning bir jinslilik koeffitsiyentiga ko'paytiriladi.

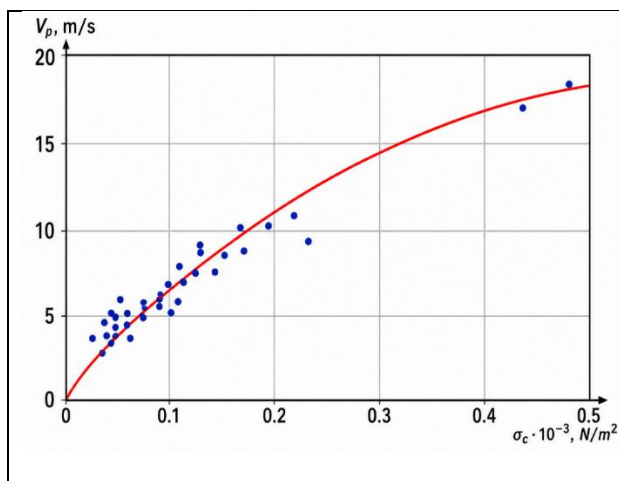
Ushbu koeffitsiyentlarni ko'paytirish hisobiy birikish koeffitsiyenti sifatida siljishga sharikli sinash usuli bilan aniqlangan dastlabki birikishga nisbatan 500-1000 marta kichikroq bo'lgan kattalikdan foydalanish imkonini beradi va shu bilan birga bog'langan gruntning ushbu mustahkamlik tavsifini uning yuvilishga sinash natijalari bilan muvofiqlashtiradi.

[Mirxulava] ishda keltirilgan bog'langan gruntlarning kritik tezligini hisoblash usulida agregatlar og'irligi ham hisobga olinib, bunda bu og'irlik ularning diametrining uchinchi darajasiga bog'liq bo'ladi. Bog'langan grunt agregatining diametrini namunalarning mikrotuzilmaviy tahlili usuliga ko'ra aniqlash tavsiya etiladi. Agar bunga sharoit bo'lmasa, unda agregatlar diametrini 0,004 m ga teng deb qabul qilish mumkin. Bunda agregatlar diametri ham, grunt birikishi ham yuvilish tezligini oshiradi [2]. 2-rasmda keltirilgan ma'lumotlar, ya'ni: $V_{kr} = f(\sigma_s')$ bog'lanishi (agregat yirikligi doimiy bo'lganda, $L = 0,004 m$), $V_{kr} = f(L)$ bog'lanishi ($\sigma_c = (0,11 \div 0,12) \cdot 10^6 H / m^2$ bo'lganda), ushbu parametrlarning kritik tezlikka turlicha ta'sir ko'rsatishini aniqlaydi.

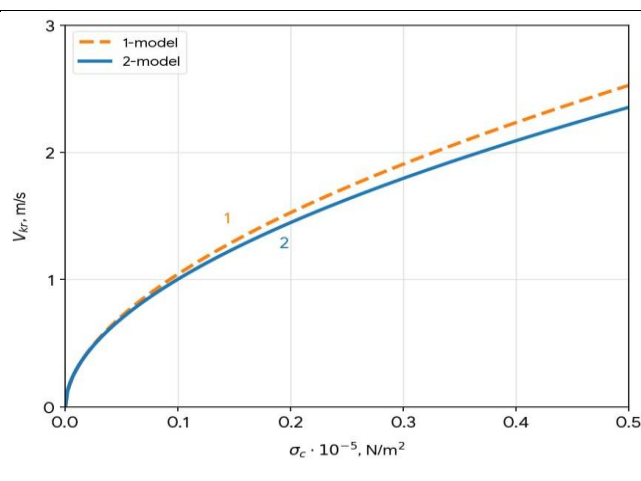
Shu sababli, bog'langan gruntlarning yuvilishga barqarorligini hisoblashda agregat diametrini xarakterli parametr sifatida kiritish qo'shimcha tadqiqotlarni talab qiladi.

Laboratoriya kanalida $h = 6 sm$ o'zgarmas chuqurlikda, tabiiy sharoitlarga Mirxulava qarshilikning kvadratik rejimini va unga mos keladigan profil tezligini taxmin qilgan holda amalga oshiradi. Bunga asos sifatida yuvilayotgan namunalarning sirt holatini kuzatish natijalari xizmat qilgan: ular shuni ko'rsatdiki, yuvilish boshlanganidan bir muncha vaqt o'tgach, sirt haqiqatan ham g'adir-budir holatga keladi.

Bu holatda shuni ko'rsatib o'tish kerakki, ushbu sharoitda qarshilik rejimini namuna sirtining holati bilan bog'lash to'g'ri kelmaydi, chunki uzunligi 30 sm dan qisqa bo'lgan namuna sirtida yuvadigan oqimning tuzilmasi to'liq shakllanishga ulgurmaydi. Bizga ma'lumki [10], chegaraviy shartlar o'zgarganda oqimning barqarorlashish uzunligi yetarlicha katta bo'ladi va taxminan $L_{st} / h = 4 / \lambda \approx 200$. qiymatga teng. Shu sababli laboratoriya ma'lumotlarini tabiiy sharoitlarga o'tkazish mumkin deb hisoblanmaydi.



3-rasm. Tajriba kanali qarshiligini hisobga olgan holda chegaraviy (kritik) dinamik tezlikni aniqlash (Mirsxulava [101] o'lovchilari bo'yicha).



4-rasm. Taqqoslash grafigi: Mirsxulava; - Borovkov.

A.P.Zegda tomonidan tahlil qilingan yog'och kanallarning qarshiligi bo'yicha ko'plab ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, ushbu kanallarning gidravlik qarshilik koeffitsiyenti Reynolds soniga bog'liq bo'ladi va quyidagi bog'lanish orqali aniqlanishi mumkin:

$$\lambda = \psi \lambda_{gl}, \quad (8)$$

yaxshi sifatli qurilgan kanallar uchun $\psi = 1,17$ va

$$\lambda = 0,316 / \text{Re}^{0,25}$$

Eksperimental ma'lumotlarga asoslangan dinamik tezliklarning chegaraviy qiymatlari Mirsxulava (8) formulasidan foydalanib hisoblangan natijalar 3-rasmda keltirilgan. Bu ma'lumotlar quyidagi munosabatga ko'ra approksimatsiyalanadi:

$$u_{*c} = 0,025 \sqrt{\frac{\sigma_s}{p}}, \quad (9)$$

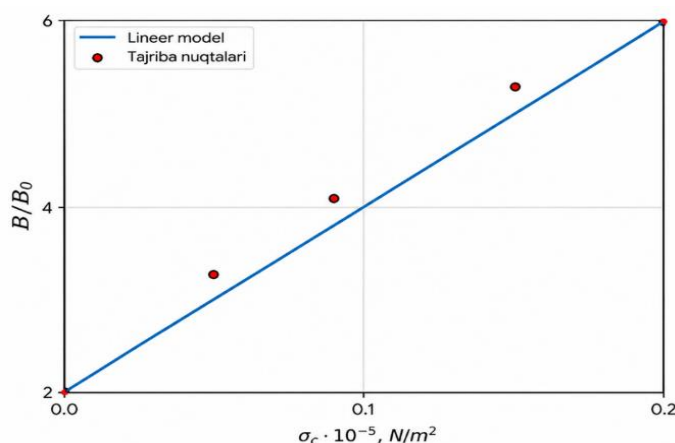
бу ерда $[u_{*c}] \text{ m/s}; [\sigma_s] \text{ H/m}^2; [\rho] \text{ kg/m}^3$.

(9) munosabatdan gil gruntning yuvilishga nisbatan chegaraviy mustahkamlik shartini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\frac{\rho u_{*c}^2}{\sigma_c} = \frac{1}{1600}. \quad (10)$$

Kanal chuqurligi $h = 1 \text{ m}$ bo'lganda va $n = 0,03$ bo'lgan holatda, u_{*c} ning o'rnatilgan qiymatlariga ko'ra hisoblangan kritik (o'rtacha) oqim tezliklar keltirilgan.

Olingan tadqiqot ma'lumotlar kiritilgan. Laboratoriya tajribalari va dala tajribalaridan foydalanib $v_{kr} = f(C_{gr})$ bog'lanish grafigini quramiz (5-rasm).



5-rasm. Birikishning o‘zan kengligi yoyilishiga ta’siri.

$$v_{kr} = f(C_b) \text{ (tajriba)}$$

Tadqiqotlarda gruntning birikish kuchi qancha katta bo‘lsa, uning yuvilishga qarshiligi shuncha mustahkam bo‘lishi, aks holda esa yuvilishga moyilligi ko‘rindi (5-rasm).

Shuningdek, yana bir holatni ta’kidlashimiz kerakki, bog‘lanmagan grunt zarrachalarining kanal qiyaliklarida yuvilishga nisbatan kamroq barqarorligi o‘zan kesimining asta-sekin yoyilib, kengayib borishiga sabab bo‘ladi. Bog‘langan gil gruntlar esa kanal tubida ham, yon tomon qiyaliklarida ham yuvilishga nisbatan bir xil mustahkamlikka ega bo‘ladi. Shuning uchun, bog‘langan gil gruntlardagi mustahkam o‘zanlarning nisbiy kengligi grunt birikishi qanchalik katta bo‘lsa, shunchalik kichik bo‘ladi (5-rasm).

Xulosa

1. An’anaviy formulalardan farqli o‘laroq, yangi modifikatsiya o‘zanning geometrik shakli va ko‘ndalang kesimi o‘lchamlarini inobatga oladi. Bu esa oqimning o‘zan perimetri bo‘ylab ishqalanish va qarshilik kuchlarini to‘g‘ri baholash imkonini beradi.

2. Namlanish perimetri va o‘zan eni nisbatining (χ/B) kiritilishi, ayniqsa, turli shakldagi (trapetsiyasimon, uchburchak yoki to‘g‘ri burchakli) va har xil chuqurlikdagi kanallarda yuvmaslik tezligini hisoblash xatoliklarini sezilarli darajada kamaytiradi.

3. Mazkur nisbat oqimning grunt bilan aloqada bo‘lgan yuzasini ifodalagani sababli, bog‘langan gruntlarning (loyli, suglinka va gil tuproqlar) mustahkamlik va birlashish xususiyatlarini oqimning dinamik ta’siri bilan yanada realroq bog‘lashga xizmat qiladi.

4. Modifikatsiyalangan formula asosida o‘tkazilgan hisoblashlar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy usullarga nisbatan kritik tezlikni aniqlashdagi xatolik darajasi sezilarli darajada kamaydi. Bu esa bog‘langan gruntlarning (loyli, suglinka va gil tuproqlar) birikish xususiyatlarini oqimning gidrodinamik kuchlari bilan yanada aniqroq muvozanatlashtirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1] Yang, S.-Q. (2010) – *Depth-Averaged Shear Stress and Velocity in Open-Channel Flows*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 136 (11). DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000271
- [2] Мирцхулава, Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц. Е. Мирцхулава – Москва: Колос, 1967. – 180 с.
- [3] Shiono, K. & Knight, D. W. (1991) – *Turbulent Open-Channel Flows with Variable Depth Across the Channel*. Journal of Fluid Mechanics, Vol. 222, pp.617-646. DOI: 10.1017/S0022112091001246

- [4] Henderson, F.M., *Open Channel Flow*, Macmillan, 1966.
- [5] Lyapin, V.Yu., Cherkasskikh, S. N., Ryzhenkov, A. V., Volkov, A. V., & Dasaev, M. R. (2021) – *Some Aspects of the Shear Stress Distribution in Non-Uniform Gradually Varied Open Flows*. International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 69(12), pp. 307–311. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V69I12P237
- [6] Choo, Y.-M., Jeon, H.-S. & Seo, J.-C. (2021) – *Entropy-Based Shear Stress Distribution in Open Channel Turbulent Flow Using Experimental Data*. Entropy, Vol. 23(11), 1540. DOI: 10.3390/e23111540
- [7] Chow, V.T., *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, 1959.
- [8] Knight, D.W., *Computational Fluid Dynamics in Open Channel Flow*, Wiley, 2004.
- [9] Swamee, P K, and Mittal, M K, An Explicit Equation for Critical Shear Stress in Alluvial Streams, J. of Irrigation and Power, CBIP., India, Vol. 33, No. 2, pp. 237–239, April 1976.
- [10] Maturi Foad et al. (2019) – *Experimental Study of Shear Stress in a Rectangular Channel with Vegetation*. Journal of Applied Engineering Sciences, Vol. 9(2), pp.155–160. DOI: 10.2478/jaes-2019-0021
- [11] Guo, J. & Julien, P. Y. (2005) – *Shear Stress in Smooth Rectangular Open-Channel Flows*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 131, No. 1, pp. 30–37. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2005)131:1(30)
- [12] Wall Shear Stress in Open Channel Flow using Different Groynes (2023) – ISH Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 29(2). DOI: 10.1080/09715010.2022.2026827
- [13] G'ayimnazarov I. X. UDC 532.543: 627.157: Calculation of the parameters of the base rows in a non-stationary flow //Innovatsion texnologiyalar. – 2025. – T. 59. – №. 3. – C. 62-66.
- [14] G'ayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, S., Rakhimov, A., & Guliyeva, S. (2025, July). Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3256, No. 1, p. 020041). AIP Publishing LLC.
- [15] Eshev, S. S., Gayimnazarov, I. X., Latipov, S. A., Rahmatov, M. I., & Kholmamatov, I. K. (2023, March). Calculation of parameters of subsurface ridges in a steady flow of groundwater channels. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612, No. 1, p. 050033). AIP Publishing LLC.

MUNDARIJA

	2-SHO'BA. MUHANDISLIK FANLARI: AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI, NEFT VA GAZ SANOATIDAGI ILG'OR TEXNOLOGIYALAR, ENERGETIKA TIZIMLARI VA ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALAR, KONLARNI O'ZLASHTIRISH VA QATLAM MUHANDISLIGI, SANOAT XAVFSIZLIGI, XAVFLARNI BOSHQARISH VA ISHONCHLILIK MUHANDISLIGI.	
	AXBOROT KOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI VA SUN'IY INTELLEKT	
1.	Advantages of using digital technologies in teaching engineering disciplines Tu J., Ibragimov B.D., Yuldoshev D.T.	6
2.	Current issues in teaching the design and maintenance of vehicles powered by new energy sources Tu J., Ibragimov B.D., Yuldoshev D.T.	11
3.	The unquantifiable code: why human translation Remains indispensable in the age of algorithms Kian P., Nooshin N., Kiarash P.	15
4.	Использование чертежной графики в развитии пространственного воображения у студентов Шагатаева З.Е., Касымханкызы Д., Жаксобекова А.К	24
5.	Педагогика художественного образования и современные образовательные технологии Даниленко А.П.	36
6.	Oliy ta'lim tashkilotlari faoliyatiga sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish: imkoniyatlar, muammolar va istiqbollari Mallayev A.R.	43
7.	Sun'iy intellekt asosida taqdimot yaratish vositalarini didaktik baholash Mallayev A.R., Rajabaliyeva I.A., Rajabaliyeva M.A.	47
8.	Sun'iy intellekt asosida ta'lim jarayonini individuallashtirishning zamonaviy modellari Sunatov J.T.	51
9.	Mashinali o'qitish algoritmlari yordamida talabalarning akademik natijalarini prognozlash Isakova D.Sh.	55
10.	Tashkilotning axborot resurslari qiymati va xavfsizlik darajasini sun'iy intellekt hamda mashinali o'rganish usullari asosida baholashning avtomatlashtirilgan tizimi O'tkistrova D.M.	59
11.	Sun'iy intellekt texnologiyalarini axborot-kommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashning zamonaviy muammolari va istiqbollari Azimov X.Sh.	63

12.	Kiberxavfsizlikda sun'iy intellekt va mashinali o'qitish usullaridan foydalanish: tahdidlarni aniqlash va oldini olish Azimov X.Sh.	69
13.	Bulutli hisoblash va chekka hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi: zamonaviy axborot-kommunikatsiya infratuzilmasidagi muammolar va yechimlar Azimov X.Sh.	74
14.	Internet of things (iot) qurilmalarida ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy usullari va texnologiyalari Azimov X.Sh.	78
15.	5G va 6G mobil aloqa texnologiyalarining rivojlanishi: axborot-kommunikatsiya tizimlarining samaradorligi, xavfsizligi va istiqbollari Azimov X.Sh.	84
16.	Katta til modellari yordamida dasturiy kod generatsiyasining samaradorligini tadqiq etish Suvonov B.I.	89
17.	Katta ma'lumotlar va neyron tarmoqlari asosida nostrukturali axborot resurslari qiymatini avtomatik aniqlashning intellektual tizimi arxitekturasini O'tkirova D.M.	93
18.	Zamonaviy iqtisodiyotda inson kapitali va sun'iy intellekt integratsiyasi: boshqaruv usullari va strategik ustuvorliklar Saidakbarov J.N.	97
19.	Generativ sun'iy intellekt modellaridan dasturiy ta'lim jarayonida foydalanish samaradorligini baholash Xayriddinov Sh.B.	100
20.	Analysis and selection of key factors affecting agricultural commodity prices for machine learning-based forecasting Rakhimov N., Khasanov D.	104
21.	Informatika ta'limida "raqamli kompetensiya" va "raqamli kompetentlik" tushunchalarining pedagogik-terminologik tahlili Oqnazarov T.J.	109
22.	Kompyuter ko'rishi texnologiyalari asosida obyektlarni real vaqt rejimida aniqlash tizimini ishlab chiqish Sunatov J.T.	113
23.	O'zbek tilidagi savol-javob tizimlarini yaratishda katta til modellaridan foydalanish imkoniyatlari Sunatov J.T.	117
24.	Sun'iy intellekt yordamida kiberxavfsizlik tahdidlarini aniqlashning mashinali o'qitish modeli Sunatov J.T.	121
25.	Talabalarning bilim olish samaradorligini oshirishda virtual axborot muhitidan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari Radjabova I.R.	125

26.	Prompt engineering usullarining generativ sun'iy intellektdan olinadigan natija sifatiga ta'sirini baholash Asrorov O.A.	131
27.	Axborot-kutubxona tizimlarida ma'lumotlarni qidirish texnologiyalarining rivojlanish bosqichlari Toshniyozov O.F., Normatov Sh.B.	134
28.	Methodology for implementing software and methodological support for developing students' programming competence Sadullayev A.A.	143
29.	Axborot xavfsizligini boshqarish tizimlarini tashkil etish metodologiyasi Sa'dullayev A.A.	148
30.	Fotoelektrik tizimlar ishonchliligini ta'minlashda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish: jahon va o'zbekistondagi ilmiy tadqiqotlar tahlili Majidova M.A.	154
31.	Muxandislik fanlarida texnika va texnologiyaning o'rni va ahamiyatini tadqiq qilish Nurmanova M.U.	158
32.	Geodeziya va kadastr sohasida raqamli texnologiyalarni qo'llash va ularning istiqbollari Qosimov L.M., Foziljonov A.U.	163
33.	Smart city konsepsiyasida iot va sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi Sunatov J.T., Orolova D.S.	165
34.	Taqsimlangan axborot tizimlarida intellektual monitoring: mikroxizmatlar arxitekturasini anomalialarini aniqlash algoritmlarini modellashtirish Jurayev O'.M.	169
35.	Aqlli shaharlarda bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt integratsiyasi orqali atrof-muhit ifloslanishini nazorat qilish tizimlari Xakimova Yo.T.	173
36.	Data mining algoritmlari yordamida katta hajmdagi ma'lumotlardan yashirin qonuniyatlarni aniqlash Suropov B.M.	176
37.	Pedagogical software tools for teaching multimedia technologies Umarov A.A.	180
38.	Big data texnologiyalari asosida katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish Suropov B.M.	185
39.	Virtual axborot muhitini intellektuallashtirish asosida talabalarning kasbiy-pedagogik faoliyatini rivojlantirish modeli Fayziyeva Sh.Y.	189
40.	Dasturiy kod sifatini statik tahlil qilishning zamonaviy usullarini tadqiq etish Sunatov J.T., Erkinova G.A.	195

41.	Mustaqil ta'limni sun'iy intellekt texnologiyalari asosida takomillashtirishning ilmiy nazariy asoslari Begaliyev F.U.	198
42.	IoT qurilmalarida axborot xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy usullari Sunatov J.T., Erkinova G.A.	203
43.	Raqamli ta'lim muhitida pedagogik kategoriya va atamalarining mazmuniy transformatsiyasi Oqnazarov T.J.	207
44.	Sun'iy intellektning jamiyat taraqqiyotdagi o'rni va ahamiyati Nuriddinov A.E.	211
45.	Dasturlash tillarini o'qitishda innovatsion usullar Sunatov J.T., Berdiyev B.B.	215
46.	Алгоритмы оптимизации и ускорения больших языковых моделей Мухаммадиева К.Б.	220
47.	Muhandislik grafikasi darslarida 2D chizmalardan 3D modellarga o'tish metodikasini takomillashtirish Boymuratov F.X.	224
48.	Microservices arxitekturasining zamonaviy axborot tizimlarida qo'llanilish samaradorligini baholash Sunatov J.T., Berdiyev B.B.	230
49.	Chizmachilik darslarida adaptiv vizual topshiriqlardan foydalanish orqali o'quvchilarning fazoviy tafakkurini rivojlantirish Radjabov M.R.	234
50.	Shahar chiqindilarini aqlli boshqarishda iot, sun'iy intellekt va sensor texnologiyalarining qo'llanilishi Ochilova S.R.	240
51.	Muhandislik grafikasi darslarida ko'pyoqliklarni 3d modellashtirish asosida o'qitish metodikasini takomillashtirish Mustapaqulov S.U.	247
52.	Blockchain texnologiyasi asosida raqamli ma'lumotlarning yaxlitligi va xavfsizligini ta'minlash Suropov B.M.	252
53.	Kiberxavfsizlikda anomalialarni aniqlash usuli Bekkamov F.A.	256
54.	Bo'lajak muhandislarning raqamli texnologik konseptlarini shakllantirishda intellektual modellashtirish texnologiyalarining didaktik imkoniyatlari Eshimova F.K.	259
55.	NoSQL ma'lumotlar bazalarining katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlashdagi samaradorligini tadqiq etish Sunatov J.T., Erkinova G.A.	262
56.	Cloud-native dasturiy tizimlarni loyihalash va ishlab chiqish tamoyillari Sunatov J.T., Jo'rayeva Z.F.	266

57.	Talabalarni axborotlarni himoyalashga o'rgatishda fundamental bilimlarga asoslangan yondashuv Abduraxmanov M.X., Boymanov J.I.	270
58.	Agile metodologiyasining dasturiy ta'minot ishlab chiqish samaradorligiga ta'sirini tadqiq etish Sunatov J.T., Orolova D.S.	274
59.	Kiberhujumlarni aniqlash va bartaraf etishda ansambl usulidan foydalanish Bekkamov F.A.	278
60.	Web-ilovalarda frontend va backend integratsiyasining samaradorligini oshirish usullari Suropov B.M.	281
61.	Muhandislik va kompyuter grafikasi fanini axborot-kommunikatsiya texnologiyalari vositalari asosida o'qitish, hamda loyihalash samaradorligini oshirish Xalilov M.S.	285
62.	Video kontentni mobil qurilmalarda geometrik kontur asosida adaptiv siqish usuli Muhammadjonova D.B.	289
63.	Zero trust arxitekturasi asosida korporativ axborot tizimlari xavfsizligini ta'minlash Sunatov J.T., Berdiyev B.B.	291
64.	Yengil sanoat yo'nalishi talabalarining mehnat kompetensiyalarini rivojlantirishda fanlararo integratsiyadan foydalanish Mamadaliyev A.G'.	295
65.	Axborot texnologiyalarini o'rgatishda xorijiy tajribalarning ahamiyati Sunatov J.T., Berdiyev B.B.	300
66.	Dasturiy ta'minotni avtomatik testlashda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish Sunatov J.T., Orolova D.S.	304
67.	Tarmoq trafigin tahlil qilish asosida anomal faoliyatni aniqlash modeli Sunatov J.T., Berdiyev B.B.	308
68.	Vin/q'r asosidagi mobil inventarizatsiyada ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash modeli Dexqonov T.A.	312
69.	Katta hajmdagi dasturiy loyihalarni boshqarishda zamonaviy dasturiy injiniring metodologiyalarining samaradorligi Suropov B.M.	316
70.	Phishing hujumlarini mashinali o'qitish algoritmlari yordamida aniqlash usullarini tadqiq etish Sunatov J.T., Erkinova G.A.	320
71.	Internet of things texnologiyalari asosida aqlli monitoring tizimini ishlab chiqish Sunatov J.T., Orolova D.S.	323

72.	Tabiiy tilni qayta ishlash texnologiyalari asosida o'zbek tilidagi matnlarni semantik tahlil qilish Madatov Q.G.	327
73.	Ransomware tahdidlarini aniqlash va oldini olishning intellektual usullarini ishlab chiqish Sunatov J.T., Jo'rayeva Z.F.	331
74.	Bidirectional interaction attention across utterance, word, and phoneme levels for automatic pronunciation assessment Kuvandikov J.T., Rohmonqulov M.E.	335
75.	Muhandislik ta'limida sun'iy intellekt texnologiyalari asosida talabalarining raqamli kompetentligini rivojlantirish tizimi Eshimova F.K.	340
76.	Ma'lumotlarni vizuallashtirish texnologiyalaridan boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlashda foydalanish Sunatov J.T., Orolova D.S.	344
77.	Maktabgacha ta'lim yo'nalishi talabalarida multimedia asosida mustaqil ta'limni rivojlantirish Umarov A.A.	348
78.	Organizing students' independent learning through the use of multimedia tools Umarov A.A.	356
79.	Muhandislik grafikasi fanini o'qitishda grafik dasturlardan foydalanish usullari Fayzullayev X.A.	364
80.	Mobil qurilmalarda audio signalni video kadr geometriyasi bilan sinxronlashtirishning geometrik modeli Muhammadjonova D.B.	369
81.	Raqamli iqtisodiyot sharoitida bulutli texnologiyalarni joriy etishning ustuvor yo'nalishlari Xakimova Yo.T.	371
82.	Mobil ilovalarda foydalanuvchi tajribasini yaxshilashning zamonaviy ui/ux usullarini tadqiq etish Sunatov J.T., Erkinova G.A.	376
83.	Web-ilovalarning ishlash unumdorligini optimallashtirishning zamonaviy usullari Sunatov J.T., Abdushukurova N.X.	380
84.	Edge computing texnologiyasining iot tizimlarida ma'lumotlarni qayta ishlash samaradorligiga ta'siri Sunatov J.T., Abdushukurova N.X.	383
85.	Devops va ci/cd texnologiyalarining dasturiy mahsulot ishlab chiqish jarayoniga ta'siri Sunatov J.T., Abdushukurova N.X.	388
86.	Cross-platform mobil dasturlash texnologiyalarining samaradorligini qiyosiy baholash Sunatov J.T., Abdushukurova N.X.	392

87.	Industry 4.0 muhitida kiberfizik tizimlar xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy usullari Sunatov J.T., Abdushukurova N.X.	396
88.	Algorithm and software for numerical modeling of coupled dynamic thermoelasticity problems using the finite element method Polatov A.F.	402
89.	Web-ilovalarda xavfsizlik zaifliklarini aniqlashning avtomatlashtirilgan usullarini takomillashtirish Sunatov J.T., Begmamatova G.B.	406
90.	Прогнозирование и диагностика неисправностей в оптических сетях связи с применением методов искусственного интеллекта Рустамова М.Б., Шукурова С.З.	409
91.	Raqamli transformatsiya sharoitida sun'iy intellektning kiberxavfsizlikka ta'siri: yangi avlod tahdidlari va kognitiv mudofaa tizimlari Kuchaboyev R.T.	418
92.	Sun'iy intellekt va mashinali o'qitish usullari yordamida ma'lumotlarni tahlil qilish va prognozlash modellarini yaratish Egamberdiyev H.S., Chuliyev Y.T.	423
93.	Sun'iy intellekt davrida texnologik ta'limni rivojlantirish istiqbollari Umirzoqova M.	426
94.	Методика адаптивного многоканального моделирования контуров управления при обучении студентов направления «мехатроника и робототехника» Атажонова С.Б.	435
95.	Методы организации инклюзивного обучения студентов направления «мехатроника и робототехника» в техническом вузе Атажонова С.Б.	442
96.	Применение технологий смешанного обучения в вузе как средство повышения эффективности образовательного процесса Ядгаров Н.Дж.	450
97.	Raqamli transformatsiya sharoitida axborot xavflarini boshqarish muammosining dolzarbligi Islamova D.S.	452
98.	Adaptiv filtr tarkibida sun'iy neyron tarmoq'iga ega bo'lgan adaptiv gibrid filtrlash algoritmlarini ishlab chiqish Zaripova Sh.O., Gulboyev T.J.	456
99.	Возможности использования технологий искусственного интеллекта в изучении и преподавании русского языка Жалгашова М.Р.	459
100.	Axborot xavfsizligi risklarini identifikatsiyalash va tahlil qilish Islamova D.S.	463
101.	Elektron hujjat aylanish tizimlarining tashkilotlar faoliyati samaradorligiga ta'sirini baholash Sunatov J.T., Muqimova B.B.	469

102.	Raqamli platformalar asosida tashkilotlarning biznes jarayonlarini avtomatlashtirish usullarini tadqiq etish Sunatov J.T., Muqimova B.B.	473
103.	Quic xizmatlarida 0 rtt so'rovlari va manzilni tasdiqlashni xavfsiz boshqarish Asrorov O.A.	478
104.	Korporativ dns infratuzilmasida javob yaxlitligi va so'rov maxfiyligini qatlamli himoyalash Asrorov O.A.	481
105.	Ipv6 lokal tarmoqlarida soxta marshrutizator e'lonlarini aniqlash va cheklash modeli Asrorov O.A.	484
106.	Sun'iy intellekt texnologiyalari asosida imkoniyati cheklangan bolalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash metodikasini takomillashtirish Klicheva L.F.	488
107.	Matematika ta'limida sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalar integratsiyasi asosida kasbiy tayyorgarlikni takomillashtirish Ergasheva M.N.	494
108.	Generativ sun'iy intellekt bilan muntazam inglizcha muloqotning talabalar spontan nutqi, kommunikativ ishonchi va o'z-o'zini tuzatish strategiyalariga ta'siri: o'zbekiston oliy ta'lim muassasalari misolida Yuldosheva Z.	501
109.	Sun'iy intellekt poygasidan keyingi davr yoxud kvant texnologiyalari inqilobi Xaqberdiyev A.I.	509
110.	Sun'iy intellektning "qora quti" muammosi: tushuntirib bo'lmaydigan qarorlar davri G'aniyeva I.X.	513
111.	Искусственный интеллект и цифровые технологии в современных информационных системах: возможности применения для мониторинга и анализа данных Фазилова Л.	517
112.	Feyk xabarlarini aniqlash va ularning tarqalishini cheklashda raqamli diplomatiya usullari Xursanmurodov T.X.	524
113.	Sanoat interneti (IIoT) va sun'iy intellekt agentlari sinergiyasi asosida uglevodorod quvurlarining texnik holatini bashorat qilish va xavflarni boshqarishning intellektual tizimini yaratish Jurayev O'.M.	529
114.	Taqsimlangan generatsiya manbalariga ega intellektual energetika tarmoqlarida (smart grid) o'tish jarayonlarini boshqarish va energiya samaradorligini optimallashtirishning algoritmik asoslari Jurayev O'.M.	533

115.	Stoxastik noaniqliklar sharoitida murakkab tarqalish jarayonlarining nochiziqli dinamik modellarini qurish va ularning sonli yechish algoritmlarini ishlab chiqish Jurayev O'.M.	537
116.	Katta hajmli heterogen ma'lumotlar oqimini intellektual tahlil qilishda chuqur o'rganish (deep learning) arxitekturalarining optimizatsiya modellarini takomillashtirish Jurayev O'.M.	541
117.	Raqamli ta'lim muhitida dasturlash fanini adaptiv o'qitishning sun'iy intellektga asoslangan metodik modeli Sulaymonova D.B.	545
118.	Mantiqiy elementlar bazasida hisoblash bloklarini optimallashtirishning diskret matematik modellari Bozarov F.S., Saidov E.R.	550
119.	Bioinformatika ta'limida biologik signallarni raqamlashtirish va sun'iy intellektga asoslangan didaktik modelni ishlab chiqish Pardayeva G.A.	554
120.	Shahar yer osti avtoturargoylarida ko'p oqimli yoritilish adapteri asosida obyektlarni ishonchli aniqlash (illdet) Norboyev B.U.	559
121.	A real-time filtering system for harmonic signals in electric power networks Bozarov F., Safarov D.	563
122.	Statistical and mathematical analysis of errors in the signal quantization process Bozarov F., Murodullayeva S.	568
123.	Circuit design and verification of arithmetic logic units using simulators Bozarov F., Murodullayeva S.	573
124.	Kombinatsion mantiqiy sxemalarning kechikish parametrlarini matematik modellashtirish va tahlil qilish Bozarov F.S., Saidov E.R.	579
125.	Elektron hukumat tizimlarida raqamli davlat xizmatlarini takomillashtirish texnologiyalari Sunatov J.T., Qahhorov A.A.	584
126.	Yopiq ekotizimlarda suv va energiya resurslarini tejovchi iot asosidagi aqlli monitoring tizimi Norboboyev Alibek Shuhrat o'g'li, Ochilova Sojida Rayimberdi qizi, Ochilov Muzaffar Rayimberdievich	588
127.	Идентификация гибридов и оценка морфометрических показателей зерна кукурузы методами компьютерного зрения Сувонов Бехруз Искандар угли	593
128.	Sanoat robotlaridagi agregat motorlarini chapga–o'ngga aylantiruvchi avtomatik qurilmani mahalliyashtirish sxemasi Xolov O.T.	600

129.	Matnni avtomatik qayta ishlash tizimlari uchun o'zbek tilining so'z shakllarini hosil qilish va o'zlashtirish jarayonlarining dasturiy ta'minotini ishlab chiqish Mamanazarov A.Sh.	605
130.	Computer vision-based quality control of maize grain: a case study of hybrids cultivated in uzbekistan Suvonov B.	611
131.	Интеллектуальная комплексная система обнаружения вторжений на основе ансамбля методов машинного обучения Бекматов А.К.	617
132.	Влияние квантовых вычислений на безопасность современных алгоритмов электронной цифровой подписи Бекматов А.К.	621
133.	Talabalarining ma'lumotlar bazasi bilan ishlash kompetentligini takomillashtirishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning metodik asoslari Qodirov B.	626
134.	Ma'lumotlar bazasi fanlarini o'qitishda generativ sun'iy intellekt asosidagi adaptiv ta'lim platformasini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish Qodirov B.	631
135.	Mato dizaynida fraktal o'lchamlilikni parametrik boshqarish va stylegan arxitekturasida to'qimachilik naqshlarini sintez qilish Shoniyoza Y.Q.	632
136.	Buyumlar interneti (IoT) va sun'iy intellekt asosidagi bashoratli texnik xizmat ko'rsatish Suvonov B.I.	639
137.	Iteratsion funksiyalar tizimi va diffuziya modellari asosida milliy mato naqshlarini generatsiya qilishning gibril algoritmi Shoniyoza Y.Q.	644
138.	Matnni avtomatik qayta ishlash tizimlari uchun o'zbek tilining so'z shakllarini hosil qilish va o'zlashtirish jarayonlarining matematik hamda dasturiy ta'minoti Mamanazarov A.Sh.	648
139.	Raqamli transformatsiya sharoitida korxona axborot aktivlarini monetizatsiya qilish va ularning qiymatini baholash mexanizmlari Rustamov A.B.	653
140.	Raqamli iqtisodiyot sharoitida korxona axborot resurslari qiymatini baholashning avtomatlashtirilgan tizimini ishlab chiqish Rustamov A.B.	657
141.	Kross-cheyn ko'priklari smart-kontraktlaridagi zaifliklarni graf neyron tarmoqlar va llm integratsiyasi orqali tahlil qilish Islomov N.	662
142.	Bioinformatika ta'limida biologik signallar va sun'iy intellekt asosida ta'lim natijalari hamda kompetensiyalar tizimi	668

	Pardayeva G.A.	
143.	Smart-kontraktlarda dasturchi niyati va formal xavfsizlik verifikatsiyasini katta til modellari yordamida integratsiya qilish Islomov N.	673
144.	Makroiqtisodiy risklarni aniqlashda sun'iy intellekt va katta hajmdagi ma'lumotlar tahlili Asrorov O.A.	677
145.	Fraktal-parametrik fazoviy obyektlarni analitik-konstruktiv modellashtirish va ularni geometrik metrikalar asosida optimallashtirish Berdiyev G'.R.	682
146.	Muhandislik grafikasi fanini o'qitishda talabalarining o'quv faoliyatini individual yondoshuv orqali ta'lim sifatini oshirish Fayzullayev X.A.	684
147.	Muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish kompetensiyalarini rivojlantirish metodikasi (suyuqlik va gazlar mexanikasi fani misolida) Abdulakimov A.A.	687
148.	Fizika fanini o'qitishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning metodik imkoniyatlari Gaibov A.G.	690
149.	Kutubxona foydalanuvchilarini raqamli ro'yxatga olish va foydalanuvchi ma'lumotlarini axborot tizimida shakllantirish Qodirov R.L.	698
150.	Real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash tizimlarini loyihalash va optimallashtirish Sunatov J.T., To'rayeva R.R.	703
151.	Serverless arxitekturasi asosida web-ilovalarni ishlab chiqish va masshtablash Sunatov J.T., G'uzorova F.S.	707
152.	Dasturiy ta'minotdagi texnik qarzdorlikni aniqlash va boshqarishning intellektual usullari Sunatov J.T., G'uzorova F.S.	712
153.	Katta hajmdagi ma'lumotlar oqimining shakllanishi va dinamik xususiyatlarini modellashtirish Egamberdiyev H.S., Ochilov B.B.	717
154.	Ma'lumotlar oqimini monitoring qilish va integratsiyalash tizimining samaradorligini baholash mezonlari va usullari Egamberdiyev H.S., Ochilov B.B.	724
155.	Cho'l mintaqalarida sug'orish tizimlarini yer osti suvlari holati ko'rsatkichlarini uyg'unlashtirish asosida intellektual boshqarish: axborot-matematik asoslar Turg'unov A.	733
156.	Issiqxonalar uchun ko'chma tomchilatib sug'orish-fertigatsiya inshooti va uning sun'iy intellektga asoslangan adap-tiv boshqaruv modeli: maqsad, vazifalar va ilmiy yondashuv Turg'unov A.	737

157	Magistratura talabalarining amaliy tadqiqotlarga tayyorligini rivojlantirishning pedagogik asoslari va metodlari Parmanov J.T.	743
158	Kompozitsion materiallarning zamonaviy qurilishdagi roli Saidov I.E.	747
159	Grunt o‘zanli kanallardagi tub oqiziqlarining transporti va shakllarning paydo bo‘lishi G‘ayimnazarov I.X., Mamarasulov S.R.	752
160	Bog‘langan gruntli kanallarda yuvmaslik tezligini aniqlash Eshev S.S., G‘ayimnazarov I.X., Aralov B.G‘., Mamarasulov S.R., Quvvatov J.Z.	756

Ilmiy-nashr

FAN VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI

Mavzusidagi

XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MATERIALLARI
TO'PLAMI

Qarshi shahri, 2026-yil 8-10-oktabr

Muharrir: B. Musayev

Texnik muharrir: I. Tog'ayev

Musahhih: F. Akramova

Kompyuterda sahifalovchi: K. Qudratova

Tasdiqnoma. 210934, 23.01.2024.

Terishga berildi: 11.08.2026 y.

Bosishga ruxsat etildi: 03.10.2026 y.

Ofset qog'oz. Qog'oz bichimi: 60x84 1/16.

“Cambria” gar. Ofset bosma.

Hisob nashriyot t.: 47,75. Shartli b. t.: 47,66.

Adadi: 20 nusxa. Buyurtma №413

«Ilm-Fan-Ma'naviyat» nashriyotida tayyorlandi.

Qarshi sh, Bunyodkor MFY Mustaqillik ko'chasi 10/28-30-uy

“Photo Express” I. Ch. korxonasida chop etildi.

Qarshi sh, Mustaqillik ko'chasi 22-uy

Telefon 91-466-80-32.



ISBN 978-9910-321-13-9

