LOW-CODE/NO-CODE VA SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA DASTURLASH TEXNOLOGIYALARINING AXBOROT TIZIMLARINI ISHLAB CHIQISH XARAJATLARIGA TA'SIRI

Muxamadiyev Sanjar Isoevich

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti Sun'iy intellekt kafedrasi katta o'qituvchisi
E-mail:mrmsi@tsue.uz

K E Y W O R D S

Low-Code/No-Code, AIDD, xarajat siljishi, gibrid arxitektura, TCO, texnik qarz, algoritmik murakkablik

A B S T R A C T

Maqolada Low-Code/No-Code (LC/NC) va AI-yordamida dasturlash (AIDD) texnologiyalarining axborot tizimlarini ishlab chiqish xarajat tuzilmasiga ta'siri o'rganiladi. Tadqiqot usuli sifatida uchta paradigma (an'anaviy, LC/NC, AIDD) bo'yicha qiyosiy iqtisodiy tahlil, xarajat profili modeli va TCO dekompozitsiyasi qo'llanilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, bu texnologiyalar dastlabki xarajatni 30–40% kamaytirsa-da, xarajatni hayot davrining keyingi bosqichlariga (xavfsizlik, verifikatsiya, monitoring, integratsiya) siljitadi - bu «xarajatlarning o'ngga siljishi» hodisasidir. Katta tizimlarda gibrid arxitektura 35–45% TCO tejamkorlik beradi. Beshta asosiy xarajat muammosi tahlil qilinib, amaliy tavsiyalar berilgan.

KIRISH

Low-Code/No-Code (LC/NC) platformalar va sun'iy intellekt yordamida kod generatsiyasiga asoslangan AI-Driven Development (AIDD) texnologiyalari raqamli iqtisodiyotda axborot tizimlarini (AT) yaratishda inqilobiy o'zgarishlarni keltirib chiqarmoqda. Gartner ma'lumotiga ko'ra, yangi ilovalarning katta qismi (70% gacha) LC/NC vositalarida yaratilmoqda [1], GitHub tadqiqoti esa AI-yordamlashgan kod generatsiyasi korporativ jamoalar orasida 40 foizdan oshganini ko'rsatdi [2].

Biroq bu texnologiyalarning to'liq iqtisodiy bahosida muhim muammo mavjud: ular dastlabki xarajatni kamaytiradi, ammo xarajatni hayot davrining keyingi, qimmatroq bosqichlariga siljitadi. Forrester Research «texnik qarzning yashirin ortishi» hodisasini aniqlagan: LC/NC tizimlar uch yil ichida operatsion xarajat bo'yicha an'anaviy tizimlardan 2–3 barobar oshib ketadi [3].

Ushbu tadqiqotning maqsadi quyidagi savollarga javob berishdan iborat: (1) xarajatlar hayot davrining qaysi bosqichlariga siljiydi va iqtisodiy oqibati nima? (2) xavfsizlik, verifikatsiya, observability, governance va integratsiya muammolari qanday xarajat yukini yaratadi? (3) katta tizimlarda gibrid texnologiyalar qo'llanilishining iqtisodiy asoslari qanday? Maqola ushbu muammolarni miqdoriy tahlil qilib, texnologiya tanlash bo'yicha asosli mezonlar ishlab chiqishni maqsad qiladi.

METOD

Tadqiqot usuli - uchta dasturlash paradigmasi (an'anaviy dasturlash, LC/NC, AIDD) bo'yicha qiyosiy iqtisodiy tahlil. Tahlilning analitik asosi sifatida ikkita model qo'llanildi.

1. Xarajatlarning o'ngga siljishini o'lchovchi Cost Shift Right (CSR) koeffitsienti:

$$CSR(p) = \Sigma_i \left[C_i\left(\frac{LC}{NC}\right) - C_i(trad)\right] \times w_i,$$
$$i \in \{deploy, ops, sec, gov, int\} \quad (1)$$

bu yerda C_i – i-bosqich xarajati, w_i – og'irlik koeffitsienti. CSR > 0 bo'lganda xarajat o'ngga siljigan, CSR < 0 bo'lganda tejamkorlik mavjud.

2. Tizimga egalik qilishning umumiy qiymati (TCO) modeli:

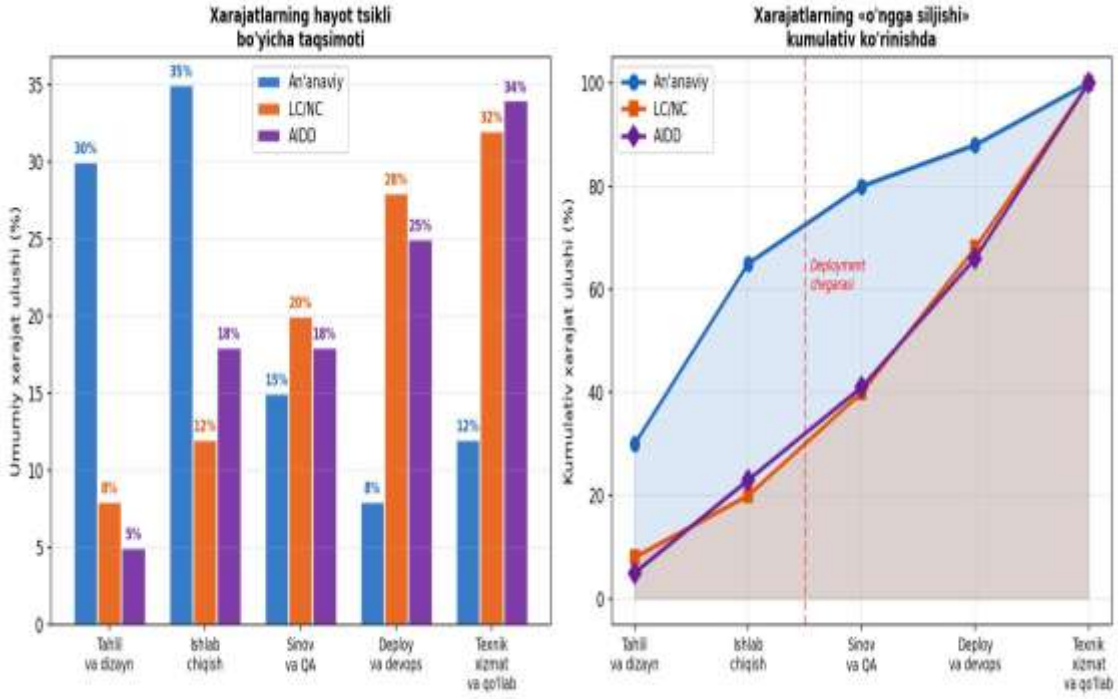
(cc) BY

$$TCO = C_{dev} + C_{infra} + C_{sec} + C_{ops} + C_{tech_{debt}} + C_{gov} + C_{int} \quad (2)$$

Ma’lumotlar manbalari sifatida Gartner [1], GitHub [2], Forrester [3], CISQ [5, 8], OWASP [7], DORA [9], MuleSoft [10], ThoughtWorks [12], McKinsey [13], IDC [15] yetakchi tahliliy hisobotlar hamda muallif tahlili qo‘llanildi. Metodologiya quyidagi bosqichlardan iborat: (1) TCO ni komponentlarga ajratish; (2) har bir komponentni uchta paradigma bo‘yicha qiyoslash; (3) CSR koeffitsientini hisoblash; (4) tizim hajmiga qarab ROI tahlilini o‘tkazish va texnologiya tanlash matritsasini shakllantirish.

NATIJALAR

Xarajat profili tahlili. An’anaviy dasturlashda resurs asosan tahlil va ishlab chiqish bosqichlarida sarflanadi; LC/NC va AIDD bu profilni o‘zgartiradi (1-rasm, 1-jadval).



1-rasm. Xarajatlarning hayot davri bo‘yicha taqsimoti va «o‘ngga siljishi»: an’anaviy , LC/NC va AIDD

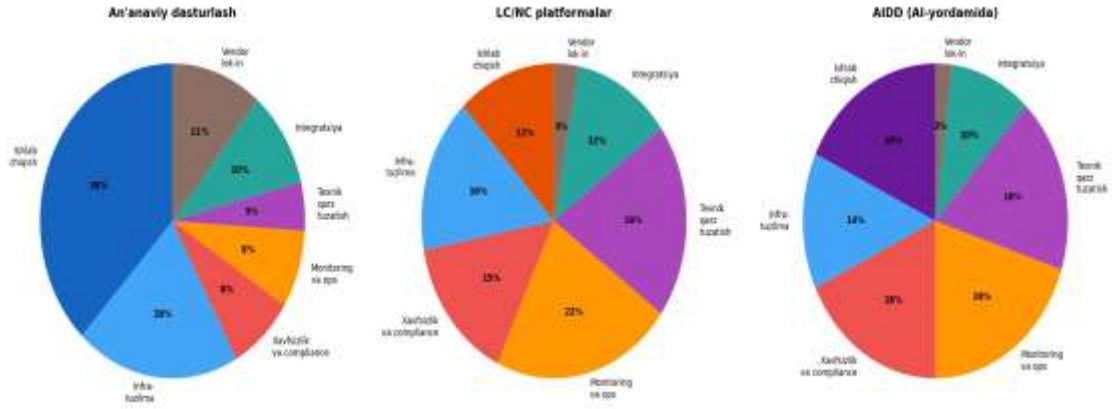
1-jadval.

Xarajat profili: bosqichlar bo‘yicha ulushlar

Bosqich	An’anaviy	LC/NC	AIDD	Farq (LC/NC−Trad)
Tahlil va dizayn	30%	8%	5%	−22%
Ishlab chiqish	35%	12%	18%	−23%
Sinov va QA	15%	20%	18%	+5%
Deploy va DevOps	8%	28%	25%	+20%
Texnik xizmat va ops	12%	32%	34%	+22%
JAMI	100%	100%	100%	-

LC/NC da ishlab chiqish ulushi 35% dan 12% ga tushadi, biroq texnik xizmat 12% dan 32% ga ko‘tariladi - ya’ni xarajat keyingi bosqichlarga siljiydi. Tizim tannarxi tarkibida ham keskin o‘zgarish kuzatiladi (2-rasm): «ko‘rinmas xarajatlar» (monitoring, texnik qarz) odatda dastlabki byudjetda e’tibordan qoladi [5].

(cc) BY dtai.uz



2-rasm. Tizim tannarxi tarkibiy qismlari: uchta paradigmada taqsimot

Beshta asosiy xarajat muammosi. Birinchidan, xavfsizlik: LC/NC platformalarda «qora quti» effekti yuzaga keladi [6], AI generatsiya qilingan kodda zaifliklar ehtimoli an'anaviydan 2,3 barobar yuqori [7]. Xavfsizlik hodisalari o'rtacha 3,7 barobar qimmat (2-jadval).

2-jadval.

Xavfsizlik xarajatlari qiyosi (muammo turlari)

Xavfsizlik muammosi	An'anaviy ($K)	LC/NC ($K)	AIDD ($K)	LC/NC : Trad
Ma'lumot sizib chiqishi	120	380	220	3,2×
Autentifikatsiya zaifliklari	45	180	130	4,0×
Injeksiya hujumlari	60	240	160	4,0×
Compliance jarimalari (GDPR)	80	320	200	4,0×
O'rtacha hodisa xarajati	61	226	148	3,7×

Ikkinchidan, verifikatsiya xarajati LC/NC va AIDD da murakkablashadi (vizual komponentlarni avtomatik testlash qiyin); AI generatsiya qilingan kodning 40% i birinchi sinovdan o'tmaydi [2]:

$$C_{verify} = C_{unit} + C_{integration} + C_{e2e} + C_{regression} + C_{visual} \quad (3)$$

Uchinchidan, kuzatuvchanlik (observability): LC/NC da log, tracing va metrika platforma tomonidan cheklanadi; o'rtacha incident vaqti an'anaviydan 2,5 barobar ko'p [9] (3-jadval).

3-jadval.

Kuzatuvchanlik imkoniyatlari qiyosi

Aspekt	An'anaviy	LC/NC	AIDD	LC/NC cheklovi
Custom logging	To'liq	Cheklangan	Qisman	Format majburiy
Distributed tracing	APM to'liq	Qisman	Cheklangan	Vendor-specific
Root cause analysis	Tez	Sekin (2-3×)	O'rta	Vizual to'siqlar
O'rtacha incident vaqti	45 daq.	2,5 soat	1,8 soat	4× ko'proq

$$C_{obs} = C_{tooling} + C_{incident_{time}} \times \lambda_{incidents} + C_{lost_{productivity}} \quad (4)$$

To'rtinchidan, governance: «Shadow IT» hodisasi kuchaydi - korporativ LC/NC ilovalarning 65% i IT arxitektura ko'rib chiquvidan o'tmagan [1]. Beshinchidan, integratsiya: murakkab integratsiyalarda (legacy, real-time, multi-tenant) LC/NC an'anaviydan 4–7 barobar qimmat [10] (4-jadval), bunga vendor lock-in xarajati qo'shiladi:

(cc) BY dtai.uz

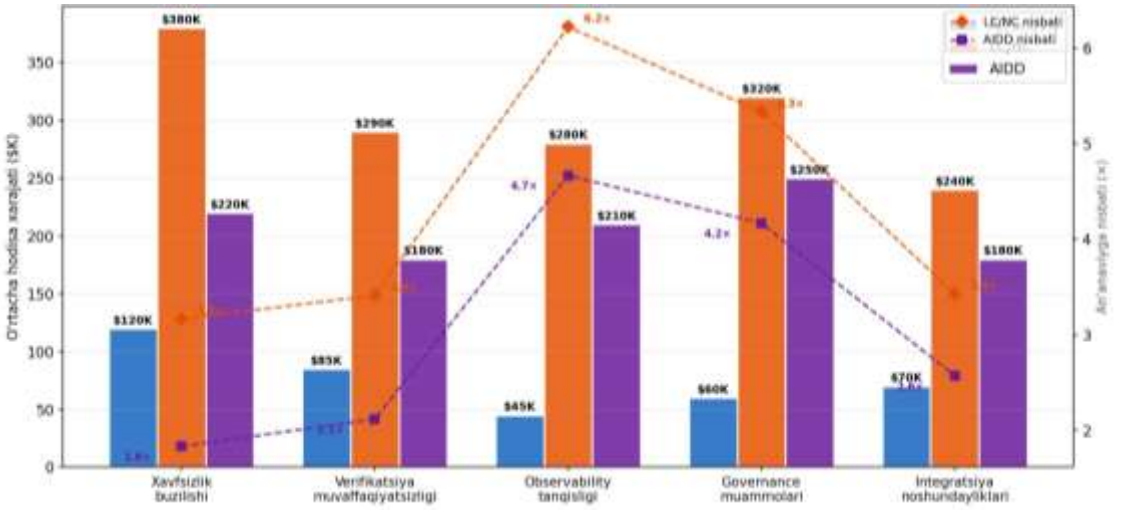
4-jadval.

Integratsiya xarajatlari qiyosi

Integratsiya turi	An’anaviy ($K)	LC/NC ($K)	AIDD ($K)	Sabab
REST API	15	12	10	Pre-built arzon
Legacy tizim	45	180	120	Format muammosi
Real-time streaming	35	160	110	Event-driven cheklov
Multi-tenant	60	280	190	Izolatsiya yo‘q
O‘rtacha	39	166	112	4,3× oshish

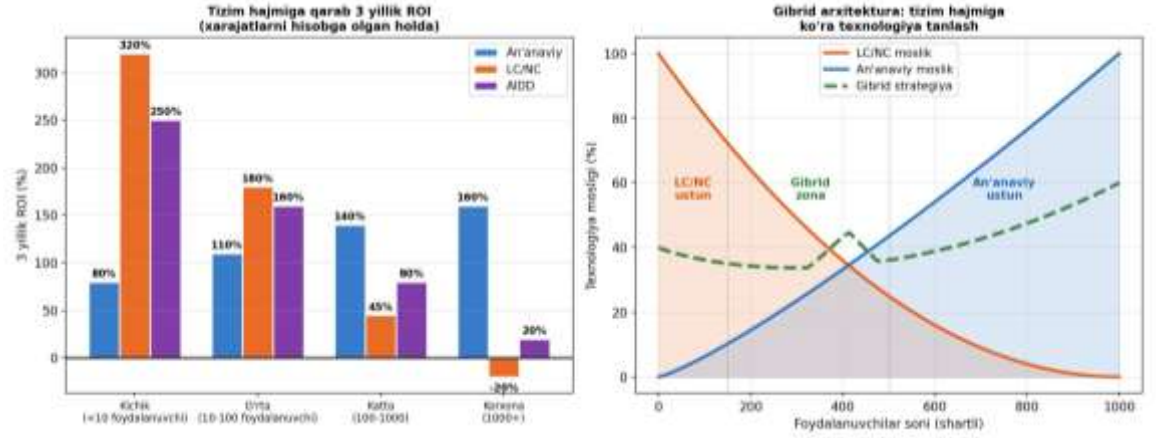
$$C_{lock-in} = C_{migration} \times P_{migration} + C_{price_{risk}} \cdot t_{contract} \quad (5)$$

Muammo turlari bo‘yicha umumiy ko‘rinish 3-rasmda keltirilgan: eng katta farq integratsiya (6,3×) va observability (6,2×) da.



3-rasm. Muammo turlari bo‘yicha o‘rtacha hodisa xarajati: an’anaviy, LC/NC va AIDD

Gibrid arxitektura natijalari. Tizim hajmiga qarab ROI keskin o‘zgaradi: kichik tizimlarda LC/NC 320% ROI beradi, katta tizimlarda esa −20% (zarar); oraliq «gibrid zona» (150–500 foydalanuvchi) da gibrid strategiya ustun (4-rasm).



4-rasm. Tizim hajmiga qarab ROI qiyosi va gibrid arxitektura tanlash matritsasi

5-jadval.

Gibrid arxitektura: komponent darajasida texnologiya tanlash

Tizim komponenti	Tavsiya texnologiya	TCO foydasi
UI/UX va formalar	LC/NC	−40-60% dev

(cc) BY dtai.uz

Biznes qoidalari	LC/NC (decision tables)	−30% ops
API gateway/middleware	An’anaviy	−50% incident
Ma’lumot qayta ishlash	An’anaviy + algoritm tanlash	−65% infra
Autentifikatsiya/IAM	Ixtisoslashgan (Auth0)	−80% breach
Monitoring	An’anaviy (Grafana)	−3,5× incident vaqt

$$TCO_{hybrid} = \Sigma_j [C_j(tech_j) \cdot S_j] + C_{integration_{overhead}} \quad (6)$$

Umumiy iqtisodiy ko‘rsatkichlar 6-jadvalda jamlangan.

6-jadval.

LC/NC va AIDD ning umumiy iqtisodiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	An’anaviy	LC/NC	AIDD	Izoh
Dastlabki ishlab chiqish vaqti	100%	30-40%	50-60%	LC/NC eng tez
3 yillik TCO (kichik)	$450K	$280K	$360K	LC/NC 38% arzon
3 yillik TCO (katta)	$2,1M	$3,4M	$2,8M	LC/NC 62% qimmat
Texnik qarz tezligi	1×	3,2×	2,1×	LC/NC tezroq

MUHOKAMA

Olingan natijalar «xarajatlarning o‘ngga siljishi» hodisasini Boehm qonunining yangi talqini sifatida ko‘rsatadi [4]: loyihalash bosqichidagi tejamkorlik keyingi bosqichlarda ko‘paytirib qaytadi. LC/NC ning dastlabki «tejamkorligi» aslida «ko‘rinmas xarajatlar» iqtisodiy tuzog‘ini yaratadi: katta tizimlar uchun 3 yillik TCO an’anaviydan 62% yuqori. Demak texnologiya tanlovi tizim hajmiga bog‘liq bo‘lishi kerak, ya’ni kichik tizimlarda LC/NC, katta tizimlarda gibrid arxitektura (35–45% TCO tejamkorlik [13]) yoki an’anaviy yondashuv.

Eng muhim, ammo ko‘pincha e’tibordan chetda qoladigan muammo algoritmik murakkablik nazoratidir. LC/NC va AIDD tizimlarda $O(n^2)$ algoritmlarning avtomatik tarzda qo‘llanilishi yashirin texnik qarzni oshirib, tizimlarni vaqtidan erta eskirishga olib keladi [16]. Bu muammoni hal qilishda biznes jarayonni atomar axborot jarayonlariga dekompozitsiya qilish va har bir jarayon uchun algoritmni ongli tanlash uslubiyoti samarali vosita bo‘ladi [17]; mavjud loyihalash notatsiyalari esa bunday algoritmik tahlilni ta’minlamaydi [18]. Shuningdek, axborot tizimlari sifatini loyihalash bosqichida ta’minlash yondashuvlari bu xarajatlarni kamaytirishga xizmat qiladi [19, 20].

Amaliy tavsiyalar:

1. Dastlabki TCO hisob-kitobiga to‘liq xarajat ko‘rinishi (3–5 yillik TCO, kuzatuvchanlik, xavfsizlik, integratsiya) kiritilsin;
2. Tizim hajmiga qarab texnologiya tanlansin;
3. Algoritmik murakkablik nazorati ta’minlansin;
4. Kuzatuvchanlik arxitekturasi dastlabki bosqichda loyihalansin;
5. Vendor diversifikatsiyasi strategiyasi ishlab chiqilsin.

Tadqiqotning cheklovi: tahlil yetakchi sohaviy hisobotlar va muallif sintezi asosida olib borilgan bo‘lib, aniq raqamlar tashkilot kontekstiga qarab o‘zgarishi mumkin.

XULOSA

Tadqiqot LC/NC va AIDD texnologiyalarining AT ishlab chiqish xarajatiga ko‘p qirrali ta’sirini ko‘rsatdi. Bular quyidagilar:

1. Xarajatlarning o‘ngga siljishi real va o‘lchanadigan: ishlab chiqish xarajati 30–40% kamaysa-da, deploy, monitoring va texnik xizmat 2,5–3,5 barobar oshadi.
2. Beshta muammo (xavfsizlik, verifikatsiya, kuzatuvchanlik, governance, integratsiya) an’anaviydan 3–6 barobar yuqori xarajat yaratadi.
3. Katta tizimlarda gibrid arxitektura optimal bo‘lib, to‘liq LC/NC ga nisbatan 35–45% TCO tejamkorlik beradi.

(cc) BY dtai.uz

4. Algoritmik murakkablik nazorati tizimning uzoq muddatli iqtisodiy qiymatini belgilovchi eng muhim, ammo e’tibordan chetda qolgan omildir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gartner. Magic Quadrant for Enterprise Low-Code Application Platforms. – Gartner Research, 2024.
1. GitHub. The State of AI-Assisted Development: Copilot Impact Report. – GitHub Inc., 2024.
2. Forrester. The State of Low-Code/No-Code Development Platforms: Total Economic Impact. – Forrester Research, 2024.
3. Sommerville I. Software Engineering. 10th ed. – Harlow: Pearson, 2016. – 811 p.
4. CISQ. The Cost of Poor Software Quality in the US: A 2022 Report. – Consortium for IT Software Quality, 2022.
5. Richardson C. Microservices Patterns. – Shelter Island: Manning Publications, 2019. – 520 p.
6. OWASP. Low-Code/No-Code Top 10 Security Risks. – OWASP Foundation, 2024.
7. CISQ. Automating the Detection of Weaknesses in IT Systems. – CISQ, 2023.
8. DORA. Accelerate: State of DevOps Report. – Google Cloud, 2023.
9. MuleSoft. Connectivity Benchmark Report 2024. – Salesforce/MuleSoft, 2024.
10. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications. – Sebastopol: O’Reilly Media, 2017. – 611 p.
11. ThoughtWorks. Technology Radar. Vol. 31. – ThoughtWorks, 2024.
12. McKinsey Digital. The State of AI in 2024: Developers and Low-Code Platforms. – McKinsey & Company, 2024.
13. Standish Group. CHAOS Report: Beyond Infinity. – Boston: The Standish Group International, 2020.
14. IDC. Worldwide Low-Code/No-Code Development Technologies Market Forecast. – IDC, 2024.
15. Muxamadiyev S.I. Economic Consequences of Premature Obsolescence in Low-Code and AI Development // Pioneering Studies and Theories. – 2025. – 2(2). – P. 120–127.
16. Muxamadiyev S.I. Raqamli iqtisodiyot sharoitida biznes jarayonlarni atomar axborot jarayonlari orqali loyihalashning yangi uslubiyoti // Innovations in Science and Technologies. – 2026. – 2(11). – B. 398–405.
17. Muxamadiyev S.I., Mo‘minov B.B. Axborot tizimlarini loyihalash notatsiyalari tahlili // Digital Transformation and Artificial Intelligence. – 2023. – 1(2). – B. 79–83.
18. Muxamadiyev S.I., Mo‘minov B.B. Axborot tizimlar sifatini ta’minlash yondashuvlari va usullari // Evroosiyo matematik nazariya va kompyuter fanlari jurnali. – 2025. – 3(6). – B. 47–53.
19. Muxamadiyev S.I., Mo‘minov B. Jarayonning xotira murakkabligi // Raqamli transformatsiya va sun’iy intellekt jurnali. – 2024. – 2(3). – B. 111–116.

(cc) BY