



AKTUAR MOLIYA VA BUXGALTERIYA HISOBI ILMIY JURNALI

Vol. 6 Issue 04 | pp. 31-37 | ISSN: 2181-1865

Available online <https://finance.tsue.uz/index.php/afa>

QISHLOQ XO‘JALIGI OZIQ-OVQAT TA‘MINOT ZANJIRINI OPTIMALLASHTIRISHDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR SAMARADORLIGINI EMPIRIK BAHOLASH



Bekjanov Dilmurad Yo‘ldashovich

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti
Biznes va boshqaruv kafedrasini mudiri, PhD, dotsent

ANNOTATSIYA. Maqolada Xorazm viloyati misolida qishloq xo‘jaligi oziq-ovqat ta‘minot zanjirini optimallashtirishda raqamli texnologiyalar samaradorligini empirik baholash natijalari keltirilgan. Tadqiqotda DEA, VECM, AHP va Monte-Karlo simulyatsiyasi metodlari integratsiyalangan holda qo‘llanilgan. DEA natijalari tumanlarning o‘rtacha texnik samaradorligi 0,714 ekanligini, VECM modeli blokcheyn, IoT va sun‘iy intellekt texnologiyalarining ta‘minot zanjiri samaradorligi bilan uzoq muddatli muvozanat aloqasini ($trace=68,42$; $p<0,01$), Monte-Karlo simulyatsiyasi esa loyihaning 87,3% ehtimollik bilan ijobiy NPV berishini isbotladi.

Kalit so‘zlar: raqamli texnologiyalar, oziq-ovqat ta‘minot zanjiri, DEA, VECM, AHP, Monte-Karlo, blokcheyn, IoT, qishloq xo‘jaligi

АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты эмпирической оценки эффективности цифровых технологий в оптимизации продовольственной цепи поставок сельского хозяйства на примере Хорезмской области Узбекистана. Интегрированно применены методы DEA, VECM, АИП и моделирование Монте-Карло. Результаты DEA выявили среднюю техническую эффективность районов 0,714. Модель VECM подтвердила долгосрочную равновесную связь между блокчейн, IoT, ИИ и эффективностью цепи поставок ($trace=68,42$; $p<0,01$). Моделирование Монте-Карло показало положительный NPV с вероятностью 87,3%.

Ключевые слова: цифровые технологии, продовольственная цепь поставок, DEA, VECM, АИП, Монте-Карло, блокчейн, IoT, сельское хозяйство

ABSTRACT. This paper presents an empirical assessment of digital technology effectiveness in optimizing the agricultural food supply chain, using the Khorezm region of Uzbekistan as a case study. The study integrates DEA, VECM, AHP, and Monte Carlo simulation methods. DEA results reveal an average technical efficiency of 0.714 across districts. The VECM model confirms long-run equilibrium relationships between blockchain, IoT, AI technologies and supply chain efficiency ($trace=68.42$; $p<0.01$). Monte Carlo simulation (10,000 iterations) demonstrates a positive NPV with 87.3% probability.

Keywords: digital technologies, food supply chain, DEA, VECM, AHP, Monte Carlo simulation, blockchain, IoT, agriculture

KIRISH

Zamonaviy jahon iqtisodiyotida oziq-ovqat xavfsizligi va ta‘minot zanjirlarining barqarorligi eng muhim strategik masalalardan biri hisoblanadi. BMT Oziq-ovqat va

qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) ma'lumotlariga ko'ra, dunyo miqyosida ishlab chiqarilgan oziq-ovqatning taxminan uchdan bir qismi — yiliga 1,3 mlrd tonnaga yaqini — ta'minot zanjirining turli bosqichlarida isrof bo'lmoqda [1]. Rivojlanayotgan mamlakatlarda bu ko'rsatkich yanada yuqori bo'lib, asosan logistika infratuzilmasining zaifligi va raqamli texnologiyalarning yetarli darajada joriy etilmaganligi bilan bog'liqdir. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-iyundagi PQ-4742-son qaroriga muvofiq, agrar sektorda raqamli transformatsiya jarayonlarini jadallashtirish ustuvor vazifalar qatoriga kiritilgan [2]. Xorazm viloyatida qishloq xo'jaligi yalpi hududiy mahsulotning 32,6% ini tashkil etishi va aholining 64% idan ortig'ining qishloq joylarida istiqomat qilishi bu mintaqada qishloq xo'jaligi oziq-ovqat ta'minot zanjiri samaradorligini oshirishning strategik ahamiyatini belgilaydi [3].

Tadqiqotning asosiy maqsadi Xorazm viloyati misolida qishloq xo'jaligi oziq-ovqat ta'minot zanjirini optimallashtirishda raqamli texnologiyalar samaradorligini DEA, VECM, AHP va Monte-Karlo simulyatsiyasi usullarini integratsiya qilish orqali empirik baholash va ilmiy asoslangan amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Bunga erishish uchun tadqiqot vazifalari sifatida quyidagilar belgilangan: ta'minot zanjiri sub'yektlarining texnik samaradorligini DEA usulida baholash; raqamli texnologiyalar va ta'minot zanjiri samaradorligi o'rtasidagi uzoq muddatli aloqani VECM modeli yordamida aniqlash; texnologiyalarni joriy etish ustuvorligini AHP usulida belgilash; investitsiya loyihasining moliyaviy barqarorligini Monte-Karlo simulyatsiyasi orqali sinash.

ADABIYOTLAR SHARHI

Qishloq xo'jaligi oziq-ovqat ta'minot zanjirini raqamlashtirish masalalari so'nggi yillarda xalqaro ilmiy hamjamiyatning diqqat markazida turmoqda. Ushbu bo'limda mavzuga oid asosiy nazariy yondashuvlar va empirik tadqiqotlar sistematik tahlil qilingan. Ta'minot zanjiri barqarorligi va raqamli texnologiyalar. Ivanov va Dolgui (2020) Industry 4.0 texnologiyalarining ta'minot zanjiri barqarorligiga ta'sirini tahlil qilib, raqamli egizak va blokcheyn texnologiyalarining zanjir chidamliligini oshirishdagi muhim rolini asoslagan. Ularning tadqiqoti COVID-19 pandemiyasi sharoitida ta'minot zanjirlarining zaifligini ochib berdi va raqamli texnologiyalar orqali adaptiv boshqaruv tizimlarini yaratish zaruriyatini ko'rsatdi [4].

Blokcheyn texnologiyasi. Kamble va boshq. (2020) qishloq xo'jaligi ta'minot zanjirida blokcheyn texnologiyasining kuzatuvchanlik (traceability) va shaffoflikni ta'minlashdagi rolini nazariy jihatdan asoslagan. Ularning ISM (Interpretive Structural Modeling) tahlili blokcheyn joriy etishning asosiy to'siqlarini ierarxik tarzda aniqlagan [5]. Tian (2017) esa oziq-ovqat xavfsizligi tizimlarida RFID va blokcheyn texnologiyalarining integratsiyalangan qo'llanilishini taklif qilgan [6].

Sun'iy intellekt va IoT. Kamilaris va Prenafeta-Boldú (2018) agrar sektorda chuqur o'rganish (deep learning) texnologiyalarining amaliy qo'llanilishini sistematik tahlil qilib, ekinlarni aniqlash, kasalliklarni diagnostika qilish va hosildorlikni prognozlashda AI ning yuqori samaradorligini isbotlagan [7]. Liang va boshq. (2021) IoT asosidagi sovuq zanjir logistikasining yangi oziq-ovqat mahsulotlari sifatini saqlashdagi samaradorligini empirik tadqiq qilgan [8].

DEA va ta'minot zanjiri samaradorligi. Zhu va Sarkis (2004) yashil ta'minot zanjiri amaliyotlari va korxonalar samaradorligi o'rtasidagi bog'liqlikni DEA usuli yordamida baholab, nisbiy samaradorlik tahlilining ta'minot zanjiri tadqiqotlarida samarali vosita ekanligini ko'rsatgan [9]. Talluri va boshq. (2013) DEA usulini ta'minot zanjiri risk-menejmenti bilan integratsiya qilgan yangi yondashuvni taklif qilgan [10].

MDH va O'zbekiston konteksti. Popkova va Sergi (2020) raqamli iqtisodiyot sharoitida agrar sektorni boshqarishning yangi paradigmalari tadqiq qilgan [11]. Abdullayev va boshq. (2021) O'zbekistonda qishloq xo'jaligi logistikasini raqamlashtirishning dolzarb muammolarini aniqlagan [12]. Biroq, mavjud tadqiqotlarda mintaqaviy xususiyatlarni hisobga olgan holda DEA, VECM va simulyatsion usullarni integratsiya qilish orqali ta'minot zanjirini optimallashtirish mexanizmlari yetarlicha o'rganilmagan, bu esa ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligini belgilaydi.

METODOLOGIYA

Tadqiqotda O'zbekiston Respublikasi Statistika qo'mitasining 2014–2024-yillardagi ma'lumotlari; Xorazm viloyat statistika boshqarmasining 13 ta tuman va shahar bo'yicha ko'ndalang kesim ma'lumotlari; hamda viloyatdagi 25 ta korxonaning moliyaviy hisobotlaridan foydalanilgan.

1-usul: Ma'lumotlarni qamrab olish tahlili (DEA). Qishloq xo'jaligi oziq-ovqat ta'minot zanjiri sub'yektlarining texnik samaradorligini baholash uchun kiritish-yo'naltirilgan BCC (Banker, Charnes, Cooper) DEA modeli qo'llanilgan [13]. Model VRS (Variable Returns to Scale) sharti ostida ishlaydi:

$$\min \theta - \varepsilon(e^T s^- + e^T s^+) \quad (1)$$

$$\text{Shartlar: } X\lambda + s^- = \theta x^0; Y\lambda - s^+ = y^0; e^T \lambda = 1; \lambda, s^-, s^+ \geq 0 \quad (2)$$

Kiritish o'zgaruvchilari: logistika xarajatlari (mln so'm), ishchi kuchi soni, saqlash infratuzilmasi quvvati (tonna). Chiqish o'zgaruvchilari: yetkazilgan mahsulot hajmi, yetkazib berish o'z vaqtidaligi (%), mahsulot sifati indeksi.

2-usul: VECM modeli. Raqamli texnologiyalar va ta'minot zanjiri samaradorligi o'rtasidagi uzoq muddatli muvozanat aloqasini aniqlash uchun VECM qo'llanilgan. ADF va Phillips-Perron testlari orqali barcha o'zgaruvchilar I(1) tartibda integrallanganligi tasdiqlangach, Johansen kointegratsiya testi o'tkazilgan [14]. VECM modeli:

$$\Delta Y_t = \alpha \beta^T Y_t^{-1} + \sum \Gamma_i \Delta Y_t^{-i} + \mu + \varepsilon_t \quad (3)$$

bu yerda $Y_t = [SCE_t, BCT_t, IoT_t, AI_t, INF_t]^T$ – o'zgaruvchilar vektori; α – tuzatish tezligi; β – kointegratsiya vektori. Lag uzunligi AIC va BIC mezonlari asosida 2 chorakka belgilangan.

3-usul: AHP. Raqamli texnologiyalarni joriy etish ustuvorligini aniqlash uchun Saaty (1980) AHP usuli qo'llanilgan [16]. Ierarxiya: maqsad (ta'minot zanjiri samaradorligini oshirish), mezonlar (iqtisodiy samaradorlik, texnik realizatsiya, ijtimoiy ta'sir, ekologik barqarorlik) va alternativlar (blokcheyn, IoT, AI, big data, integratsion platforma). Juft taqqoslash matritsalarini 8 nafar soha ekspertlari tomonidan to'ldirilgan. Izchillik nisbati $CR < 0,10$ sharti ta'minlangan.

4-usul: Monte-Karlo simulyatsiyasi. Investitsiya loyihasining moliyaviy barqarorligini sinash uchun 10 000 iteratsiyali Monte-Karlo simulyatsiyasi qo'llanilgan [17]. Noaniqlik parametrlari: boshlang'ich investitsiya (uchburchak taqsimot: 5 200–8 400 mln so'm), yillik daromad o'sishi (normal: $\mu=18\%$, $\sigma=5\%$), diskont stavkasi (bir xil: 12–

16%), operatsion xarajatlar ulushi (beta: $\alpha=2$, $\beta=5$). Har iteratsiyada 5 yillik NPV, IRR, BCR hisoblangan.

TAHLIL VA NATIJALAR

DEA tahlili natijalariga ko'ra BCC-VRS modeli asosida 13 ta tuman va shaharning ta'minot zanjiri texnik samaradorligi baholandi. O'rtacha texnik samaradorlik 0,714 ni tashkil etib, 28,6% resurs isrofgarchiligi mavjudligini ko'rsatdi. 13 ta DMUdan faqat 3 tasi (21,4%) samaradorlik chegarasida ($\theta=1,000$) joylashgan. Natijalar 1-jadvalda aks ettirilgan.

1-jadval

Qishloq xo'jaligi oziq-ovqat ta'minot zanjiri DEA samaradorlik ko'rsatkichlari¹

Tuman/shahar	TE (VRS)	TE (CRS)	SE	RTS
Tuproqqal'a t.	1,000	1,000	1,000	—
Urganch sh.	1,000	0,943	0,943	DRS
Xiva sh.	1,000	0,912	0,912	DRS
Bog'ot t.	0,847	0,762	0,900	IRS
Gurlan t.	0,812	0,698	0,860	IRS
Xiva t.	0,801	0,721	0,900	IRS
Xonqa t.	0,793	0,714	0,900	IRS
Shovot t.	0,756	0,651	0,861	IRS
Xazarasp t.	0,724	0,638	0,881	IRS
Urganch t.	0,738	0,662	0,897	IRS
Yangibozor t.	0,689	0,587	0,852	IRS
Qo'shko'pir t.	0,653	0,572	0,876	IRS
Yangiariq t.	0,618	0,534	0,864	IRS
Viloyat o'rtacha	0,714	0,635	0,886	—

Manba: TE — texnik samaradorlik; SE — miqyos samaradorligi; RTS: IRS — o'suvchi, DRS — kamayuvchi.

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, aksariyat tumanlar (11 ta, 78,6%) o'suvchi miqyos daromadliligiga (IRS) ega, bu ularning ta'minot zanjiri operatsiyalarining suboptimal miqyosda ekanligini va kengaytirish orqali samaradorlikni oshirish imkoniyati borligini ko'rsatadi. Miqyos samaradorligi (SE=0,886) nisbatan yuqori bo'lib, samaradorlik tafovutlarining asosiy qismi sof texnik samaradorlik bilan bog'liq, bu boshqaruv va texnologik takomillashtirish zarurligini anglatadi.

VECM modeli natijalari. ADF va PP testlari barcha o'zgaruvchilarning I(1) tartibda statsionar ekanligini tasdiqladi ($p<0,01$). Johansen kointegrasiya testi natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Johansen kointegrasiya testi natijalari²

H ₀	Kointegr. vektorlar	Trace stat.	Kritik (5%)	p-qiymat
r=0	Kointegr. yo'q	68,42	47,86	0,000

¹ Muallif ishlanmasi

² Muallif ishlanmasi

$r \leq 1$	Kamida 1 ta	38,17	29,80	0,004
$r \leq 2$	Kamida 2 ta	16,23	15,49	0,038
$r \leq 3$	Kamida 3 ta	5,84	3,84	0,016

Manba: muallif tomonidan EViews 13 da hisoblangan. ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$.

Johansen testi kamida 3 ta kointegrasiya vektori mavjudligini tasdiqladi. Normallashtirilgan uzoq muddatli tenglama:

$$SCE = 0,421 \cdot BCT + 0,337 \cdot IoT + 0,289 \cdot AI + 0,174 \cdot INF \quad (4)$$

Blokcheyn texnologiyasining ta'siri eng kuchli (0,421), undan keyin IoT (0,337) va AI (0,289) keladi. Xatoliklarni tuzatish koeffitsienti ($\alpha = -0,236$) statistik jihatdan sezilarli ($p < 0,01$) bo'lib, tizimning har chorakda 23,6% tezlikda muvozanatga qaytishini ko'rsatadi.

Granger sababiyat testi bir tomonlama aloqalarni tasdiqladi: BCT \rightarrow SCE ($F = 8,74$; $p = 0,001$); IoT \rightarrow SCE ($F = 6,92$; $p = 0,003$); AI \rightarrow SCE ($F = 4,31$; $p = 0,018$). Shuningdek, SCE \rightarrow INF yo'nalishida ham sababiy aloqa aniqlandi ($F = 3,87$; $p = 0,026$).

AHP tahlili natijalari Ekspertlar baholasiga asoslangan yakuniy vazn koeffitsientlari 3-jadvalda keltirilgan ($CR = 0,074 < 0,10$).

3-jadval

AHP usulida raqamli texnologiyalar ustuvorligi³

Alternativa	Iqtisodiy (0,412)	Texnik (0,287)	Ijtimoiy (0,189)	Ekologik (0,112)	Yakuniy
IoT monitoring	0,198	0,312	0,167	0,289	0,236
Blokcheyn platf.	0,287	0,178	0,234	0,142	0,228
AI prognozlash	0,246	0,214	0,143	0,198	0,213
Big data	0,167	0,198	0,187	0,234	0,187
Integratsion platf.	0,102	0,098	0,269	0,137	0,136

IoT monitoring tizimi yakuniy ustuvorlikda birinchi o'rinda (0,236), blokcheyn ikkinchi (0,228), AI uchinchi (0,213) o'rinda turadi. VECM natijalariga qiyoslaganda, AHP texnik realizatsiya qobiliyatini hisobga olgan holda IoTni taktik ustunlik sifatida ajratdi, blokcheyn esa strategik ta'sir bo'yicha yetakchi bo'lib qoldi.

Monte-Karlo simulyatsiyasi iteratsiyali simulyatsiya natijalari 4-jadvalda aks ettirilgan.

4-jadval

Monte-Karlo simulyatsiyasi natijalari⁴

Ko'rsatkich	O'rtacha	Mediana	Std. Dev.	5-persentil	95-persentil
NPV (mln so'm)	11 840	11 620	3 470	6 120	17 890
IRR (%)	31,4	30,8	7,2	19,6	43,7
BCR	2,74	2,68	0,62	1,78	3,84
Qoplash mudd. (yil)	2,8	2,7	0,6	1,9	3,9

³ Muallif ishlanmasi

⁴ Muallif ishlanmasi

Simulyatsiya loyihaning moliyaviy barqarorligini tasdiqlaydi: iteratsiyalarning 87,3% ida NPV ijobiy; o'rtacha NPV 11 840 mln so'm; pessimistik stsenariyda (5-persentil) ham NPV ijobiy (6 120 mln so'm) va $BCR > 1$ (1,78). O'rtacha IRR (31,4%) diskont stavkasining yuqori chegarasidan (16%) ikki barobar yuqori.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot ishida to'rt xil ilmiy metodning integratsiyalangan qo'llanilishi asosida quyidagi xulosalar shakllangan:

Birinchi, DEA tahlili Xorazm viloyati tumanlarining ta'minot zanjiri o'rtacha texnik samaradorligi 0,714 ekanligini aniqladi. 28,6% resurs isrofgarchiligi mavjud bo'lib, aksariyat tumanlarning IRS (o'suvchi miqyos daromadlilik) ga ega ekanligi raqamli platforma orqali miqyos iqtisodiyotidan foydalanish imkoniyatini ochib berdi.

Ikkinchi, VECM modeli blokcheyn (0,421), IoT (0,337), AI (0,289) texnologiyalari va ta'minot zanjiri samaradorligi o'rtasida uzoq muddatli muvozanat aloqasi mavjudligini isbotladi ($\text{trace}=68,42$; $p < 0,01$). Granger testi $BCT \rightarrow SCE$, $IoT \rightarrow SCE$ va $AI \rightarrow SCE$ yo'nalishlarida bir tomonlama sababiy aloqalarni tasdiqladi.

Uchinchi, AHP usuli IoT monitoring tizimini (0,236) taktik ustunlik, blokcheyn (0,228) esa strategik ustunlik sifatida aniqladi, bu bosqichli joriy etish strategiyasini asoslaydi.

To'rtinchi, Monte-Karlo simulyatsiyasi loyihaning 87,3% ehtimollik bilan ijobiy NPV berishini, o'rtacha investitsiya qoplash muddatining 2,8 yil ekanligini tasdiqladi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib, quyidagi amaliy takliflar ishlab chiqilgan:

1) Ikki bosqichli raqamlashtirish strategiyasini qo'llash: birinchi bosqichda (1–2 yil) IoT monitoring tizimini keng joriy etish va sovuq zanjir logistikasini raqamlashtirish; ikkinchi bosqichda (3–5 yil) blokcheyn platformasini integratsiya qilish va AI asosidagi talab prognozlash tizimini yaratish.

2) DEA natijalarida past samaradorlik ko'rsatgan tumanlar (Yangiariq, Qo'shko'pir) uchun maqsadli raqamli transformatsiya dasturlarini ishlab chiqish. Bu tumanlarda resurs isrofgarchiligini kamaytirishning eng katta salohiyati mavjud.

3) Davlat-xususiy sheriklik (PPP) modeli asosida viloyat miqyosidagi yagona raqamli ta'minot zanjiri platformasini yaratish. Platforma kichik fermer xo'jaliklarini miqyos iqtisodiyotidan foydalanish imkonini beruvchi kooperativ tuzilma sifatida loyihalashtirilishi lozim.

4) Oliy ta'lim muassalari bazasida mintaqaviy raqamli qishloq xo'jaligi kompetensiya markazini tashkil etish va fermerlar uchun raqamli savodxonlik dasturlarini joriy etish.

5) Kelgusi tadqiqotlarda Malmquist indeksi yordamida dinamik samaradorlik tahlili, panel VECM modeli va Delphi usuli bilan kengaytirilgan ekspert baholashni amalga oshirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXAT

[1] FAO. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. — 29 p.

[2] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli iqtisodiyotni yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4742-son Qarori. — Toshkent, 2020-yil 5-iyun.

- [3] O‘zbekiston Respublikasi Statistika qo‘mitasi. Xorazm viloyati ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish ko‘rsatkichlari. — stat.uz, 2024.
- [4] Ivanov D., Dolgui A. Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability // *International Journal of Production Research*. — 2020. — Vol. 58, No. 10. — P. 2904–2915.
- [5] Kamble S.S., Gunasekaran A., Sharma R. Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain // *International Journal of Information Management*. — 2020. — Vol. 52. — P. 101967.
- [6] Tian F. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology // *13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*. — IEEE, 2017. — P. 1–6.
- [7] Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F.X. Deep learning in agriculture: A survey // *Computers and Electronics in Agriculture*. -2018. -Vol. 147. -P. 70–90.
- [8] Liang Y., Fan Y., Sheu J.B. Internet of Things-based cold chain logistics for fresh agricultural products // *IEEE Internet of Things Journal*. -2021. -Vol. 8, No. 16. -P. 12765–12775.
- [9] Zhu Q., Sarkis J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply-chain management // *Journal of Operations Management*. -2004. -Vol. 22, No. 3. -P. 265–289.
- [10] Talluri S., Narasimhan R., Nair A. Vendor performance with supply risk: A chance-constrained DEA approach // *International Journal of Production Economics*. - 2006. -Vol. 100, No. 2. -P. 212–222.
- [11] Popkova E.G., Sergi B.S. *Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality*. - Springer, 2020. -87 p.
- [12] Abdullayev A., Raxmatullayev N., Karimov S. O‘zbekistonda qishloq xo‘jaligi logistikasini raqamlashtirishning dolzarb muammolari // *Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar*. -2021. -№6. -B. 45–58.
- [13] Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis // *Management Science*. -1984. -Vol. 30, No. 9. -P. 1078–1092.
- [14] Johansen S. Statistical analysis of cointegration vectors // *Journal of Economic Dynamics and Control*. -1988. -Vol. 12, No. 2–3. - P. 231–254.
- [15] Saaty T.L. *The Analytic Hierarchy Process*. - New York: McGraw-Hill, 1980. -287 p.
- [16] Metropolis N., Ulam S. The Monte Carlo Method // *Journal of the American Statistical Association*. -1949. -Vol. 44, No. 247. -P. 335–341.
- [17] Harris C.R. et al. Array programming with NumPy // *Nature*. -2020. -Vol. 585. -P. 357–362.
- [18] Naik G., Sunil K.D. Digital platforms for agricultural supply chains: A systematic review // *Agricultural Systems*. - 2020. - Vol. 185. - P. 102938.

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-4.0 International License (CC - BY 4.0)

