



SANOAT KORXONALARIDA SUN'IY INTELEKT TEXNOLOGIYALARINI QO'LLASHNING XORIJIY TAJRIBASI VA IQTISODIY SAMARADORLIGI

Arabov Azizbek Navruz o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti talabasi

Ilmiy maslahatchi:

Shakirova Farog'at Boltayevna

Toshkent davlat transport universiteti professori

Annotatsiya: Maqolada sanoat korxonalarida, jumladan temir yo'l tarmog'ida sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llashning xorijiy tajribasi tizimlashtirilgan va uning iqtisodiy samaradorligi qiyosiy baholangan. Korxona va vazifa darajasidagi empirik tadqiqotlar, xalqaro hisobotlar hamda Germaniya, Xitoy, Rossiya, Qozog'iston va O'zbekiston temir yo'l kompaniyalari tajribasidan iborat 15 ta dalil birligi kodlangan. Eng ko'p dalilga ega yo'nalish bo'lgan bashoratli texnik xizmat ko'rsatish uchun simulyatsion model qurilgan va «O'zbekiston temir yo'llari» AJ ochiq ma'lumotlari asosida sun'iy intellekt loyihasining kengaytirilgan investitsion bahosi berilgan. Bashoratli strategiya uzal darajasidagi xarajatlarni optimal rejali strategiyaga nisbatan 37,9 foizga kamaytirishi, an'anaviy sof joriy qiymat usuli esa loyiha qiymatini taxminan uch barobar oshirib ko'rsatishi aniqlangan.

Tayanch iboralar: sun'iy intellekt, sanoat korxonasi, iqtisodiy samaradorlik, xorijiy tajriba, bashoratli texnik xizmat ko'rsatish, temir yo'l transporti, investitsion baholash.



Kirish

Sun'iy intellekt korxonalar amaliyotiga tez kirib kelmoqda. Stanford universitetining AI Index hisobotiga ko'ra, tashkilotlarning sun'iy intellektdan (SI) foydalanish ulushi 2023 yildagi 55 foizdan 2024 yilda 78 foizga oshgan [1]. McKinsey kompaniyasining 2025 yilgi so'rovida tashkilotlarning 88 foizi SI ni kamida bitta funksiyada qo'llashini bildirgan. Biroq faqat 39 foizi foiz va soliqlargacha bo'lgan foydaga (EBIT) biror ta'sirni qayd etgan, ularning aksariyatida bu ta'sir 5 foizdan oshmagan [2]. Texnologiyaning tarqalishi va uning moliyaviy natijaga aylanishi o'rtasidagi bu uzilish maqolaning boshlang'ich muammosidir.

Sanoat korxonalari uchun muammo ayniqsa o'tkir. Ularning xarajatlarida asosiy fondlarni saqlash, ta'mirlash va moddiy resurslar katta ulushni egallaydi. Shu sababli SI qaysi jarayonda va qanday shartlarda o'lchanadigan iqtisodiy samara berishini bilish investitsiya qarorlari uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Mamlakatimizda bu masala davlat siyosati darajasiga ko'tarilgan: 2024 yilda SI texnologiyalarini 2030 yilga qadar rivojlantirish strategiyasi tasdiqlandi [3]. Temir yo'l sohasida esa SI ga asoslangan nazorat orqali xarajatlarni 20 foizga qisqartirish va 2026-2030 yillarda tashish hajmini kamida ikki barobar oshirish vazifasi qo'yilgan [4]. Bunday vazifalarni asosli rejalashtirish xorijiy korxonalar qayerda va qancha samara olganini bilishni talab qiladi.

Mavjud adabiyotda uchta bo'shliq saqlanib qolmoqda. Birinchidan, xorijiy tajriba asosan tavsifiy beriladi va turli kompaniyalarning natijalari yagona ko'rsatkichlarga keltirilmaydi. Ikkinchidan, empirik dalillar asosan rivojlangan mamlakatlarning ishlab chiqarish va xizmat korxonalariga tegishli, temir yo'l tarmog'ining sanoat korxonalari, ya'ni vagonsozlik, ta'mirlash va quyuv-mexanika zavodlari alohida o'rganilmagan. Uchinchidan, xorijiy baholarni o'tish iqtisodiyotidagi davlat korxonasining investitsiya qaroriga o'tkazish tartibi ishlab chiqilmagan.



Maqolaning maqsadi sanoat korxonalarida, jumladan temir yo'l tarmog'ida SI ni qo'llashning xorijiy tajribasini tizimlashtirish va uning iqtisodiy samaradorligini «O'zbekiston temir yo'llari» AJ sharoitiga o'tkazgan holda qiyosiy baholashdir.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili

Iqtisodiy adabiyotda SI ikki xil talqin qilinadi. T. Bresnahan va M. Trajtenberg yondashuvida u umumiy maqsadli texnologiya sifatida qaraladi: bunday texnologiyalar ko'plab tarmoqlarda qo'llaniladi, vaqt o'tishi bilan takomillashadi va qo'llovchi tarmoqlarda to'ldiruvchi innovatsiyalarni rag'batlantiradi [5]. A. Agrawal, J. Gans va A. Goldfarb esa SI ni bashorat qilish xarajatini keskin pasaytiruvchi texnologiya sifatida ko'radi [6]. Bashorat arzonlashganda unga tayangan qarorlar soni ortadi, bashoratni to'ldiruvchi resurslar, ya'ni ma'lumotlar va inson mulohazasi qimmatlashadi.

Korxona darajasidagi empirik adabiyotda SI samarasi bo'yicha dalillar to'plana boshladi. D. Czarnitzki, G. Fernández va C. Rammer Germaniyaning 5 851 ta korxonasi ma'lumotlarida SIDan foydalanish unumdorlik bilan musbat bog'liqligini aniqlagan [7]. P. Mikalef va M. Gupta 143 ta korxona so'rovi asosida SI qobiliyati moddiy (ma'lumotlar, texnologiya), inson (texnik va boshqaruv ko'nikmalari) va nomoddiy (muvofiqlashtirish, o'zgarishga tayyorlik) resurslar uyg'unligidan iborat ekanini ko'rsatgan [8]. U. Lichtenthaler SIDan foyda olishni korxonaning texnologiyani inson tajribasi bilan birlashtirish qobiliyatiga bog'laydi [9]. S. Mishra, M. Ewing va H. Cooper AQShdagi 4 052 ta korxona hisobotlarida SIga e'tibor yalpi operatsion samaradorlik bilan manfiy, sof operatsion samaradorlik bilan esa musbat bog'liqligini qayd etgan [10]. J. Dahlke va hammualliflari Germaniya, Avstriya va Shveysariyadagi 1 140 494 ta korxonada SI ni joriy etganlar ulushi 2,2 foiz ekanini va texnologiya korxonalar tarmog'i orqali notekis tarqalishini ko'rsatgan [11].



Makro darajada xulosalar ehtiyotkorroq. E. Brynjolfsson, D. Rock va C. Syverson umumiy maqsadli texnologiyalar nomoddiy investitsiyalarni talab qilishini, shu sababli joriy etishning dastlabki yillarida o'lchanadigan unumdorlik pasayib, keyinroq o'sishini asoslagan. Bu hodisa «unumdorlikning J-egri chizig'i» deb ataladi [12]. D. Acemoglu SIning makroiqtisodiy unumdorlikka ta'sirini o'rtacha muddatda kamtarona deb baholaydi, chunki SI qamrab oladigan vazifalar ulushi va har bir vazifadagi tejam cheklangan [13]. F. Bertani, M. Raberto va A. Teglio raqamli transformatsiya va unumdorlik o'rtasidagi bog'liqlik har doim ham statistik ahamiyatli emasligini qayd etadi [14].

Sanoat korxonasida bashorat eng yuqori iqtisodiy qiymatga ega bo'lgan jarayonlardan biri asosiy fondlarga texnik xizmat ko'rsatishdir. S. Nakajima umumiy unumli texnik xizmat (TPM) konsepsiyasida uskunalarning ishdan chiqishini yo'qotishlarning asosiy manbai sifatida ajratgan [15]. T. Carvalho va hammualliflari hamda T. Zonta va hammualliflari tizimli sharhlarida mashinali o'qitish usullari bashoratli texnik xizmatning asosiy vositasiga aylanganini qayd etgan [16, 17]. Temir yo'l sohasida Xalqaro temir yo'llar ittifoqi (UIC) va McKinsey kompaniyalari SI tashabbuslarini katta yagona loyiha sifatida emas, balki 12-18 oyda qiymat ko'rsatishi lozim bo'lgan qisqa sikllar orqali boshlashni tavsiya qiladi [18].

Adabiyotlar tahlili asosida uchta gipoteza ilgari surildi:

1-gipoteza: SIning eng tez va miqdoriy aniq o'lchanadigan iqtisodiy samarasi asosiy fondlarga texnik xizmat ko'rsatish va nazorat jarayonlarida yuzaga keladi.

2-gipoteza: SI samarasining hajmi texnologiyaning o'ziga emas, balki ma'lumotlar sifati, monitoring qamrovi va kadrlar salohiyatiga bog'liq.

3-gipoteza: An'anaviy diskontlash usuli SI loyihasining qiymatini oshirib ko'rsatadi, bosqichma-bosqich joriy etish esa loyihaning kutilgan qiymatini oshiradi.



Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot uch bosqichda olib borildi. Birinchi bosqichda dalillar tanlanmasi tuzildi. Unga korxona va vazifa darajasidagi oltita empirik tadqiqot [7, 8, 10, 11, 19, 20], to'rtta xalqaro hisobot [2, 1, 18, 21] hamda beshta temir yo'l kompaniyasi tajribasi haqidagi rasmiy va ommaviy axborot manbalari kiritildi: Deutsche Bahn (Germaniya) [22], China State Railway Group (Xitoy) [23], RJD (Rossiya) [24], «Qazaqstan temir joly» (Qozog'iston) [25] va «O'zbekiston temir yo'llari» AJ [26, 4]. Tanlov maqsadli xususiyatga ega va to'liq qamrovli bibliometrik qidiruvga asoslanmagan. Natijada 15 ta dalil birligi shakllandi.

Har bir dalil birligi oltita belgi bo'yicha kodlandi: mamlakat, tahlil darajasi, SIni qo'llash sohasi, samara ko'rsatkichi, samara qiymati va dalilning ishonchlilik darajasi. Ishonchlilik uch toifada belgilandi. A toifaga ekonometrik identifikatsiya yoki nazorat qilinadigan eksperimentga asoslangan baholar, B toifaga so'rov va tahliliy hisobotlardagi baholar, C toifaga korporativ bayonotlar va matbuot ma'lumotlari kiritildi. Bir xil ko'rsatkich bo'yicha bir nechta baho mavjud bo'lganda A va B toifadagi baholarning quyi chegarasi ehtiyotkor, yuqori chegarasi optimistik baho sifatida qabul qilindi.

Ikkinchi bosqichda 1-gipotezani miqdoriy tekshirish uchun uchta texnik xizmat strategiyasi qiyoslandi: korrektiv (buzilgandan keyin ta'mirlash), rejali-ogohlantiruvchi (belgilangan intervalda almashtirish) va bashoratli (model signali bo'yicha almashtirish). Uzelning ishdan chiqish vaqti Veybull taqsimotiga bo'ysunadi deb faraz qilindi:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right], \quad (1)$$

bu yerda β shakl parametri ($\beta = 2,5$), η masshtab parametri ($\eta = 4,0$ yil). Har bir strategiyaning uzel-yilga xarajati tiklanish jarayoni nazariyasidagi nisbat bilan aniqlandi:



$$C = \frac{E[\text{bir sikl xarajati}]}{E[\text{sikl davomiyligi}]} \quad (2)$$

Rejali ta'mir xarajati $C_p = 1$ deb me'yorlashtirildi, buzilishdan keyingi ta'mir xarajati $C_f = 4$ deb olindi, rejali va rejadan tashqari to'xtash 2 va 10 kun, monitoring xarajati uzal-yilga 0,05 C_p . Rejali-ogohlantiruvchi strategiyada almashtirish intervali 0,5 yildan 6,0 yilgacha 0,1 yil qadam bilan tanlandi. Bashoratli strategiyada model nosozlikni R ehtimol (to'liqlik, recall) bilan buzilishdan oldin aniqlaydi, soxta signallar soni esa aniqlik (P , precision) orqali hisoblanadi. Bazaviy qiymatlar $R = 0,85$ va $P = 0,80$ tizimli sharhlardagi mashinali o'qitish modellari natijalari asosida tanlandi [16]. Asosiy hisobda 200 000 sikl simulyatsiya qilindi. Sezgirlik tahlilida R 0,5 dan 0,95 gacha, P 0,6, 0,8 va 0,95 qiymatlarida, C_f/C_p nisbati 2 dan 6 gacha o'zgartirildi.

Uchinchi bosqichda 3-gipotezani tekshirish uchun «O'zbekiston temir yo'llari» AJ miqyosida harakat tarkibiga bashoratli texnik xizmat ko'rsatish loyihasi baholandi. AJ xizmatlarining 2025 yil 9 oyidagi tannarxi taxminan 8,9 trln so'mni tashkil etgan [27], yillik hisobda bu taxminan 11 867 mlrd so'm. Loyihaning to'liq joriy etilgandagi yillik samarasi quyidagicha aniqlandi:

$$\Delta B = C_{yil} \cdot s \cdot a \cdot g, \quad (3)$$

bu yerda C_{yil} xizmatlarning yillik tannarxi, s ta'mirlash va texnik xizmat xarajatlarining tannarxdagi ulushi (bazaviy qiymat 0,15), a monitoring qilinadigan uzellar ulushi (0,30), g uzal darajasidagi tejam (0,37). An'anaviy sof joriy qiymat (NPV) samara birinchi yildan to'liq hajmda olinadi va ma'lumotlar sifati ideal deb faraz qilib hisoblandi. Kengaytirilgan NPV ikki tuzatishni o'z ichiga oladi:

$$\begin{aligned} NPV_{SI} &= -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{q_D \cdot \rho(t) \cdot \Delta B - OPEX_t}{(1+r)^t}, \quad \rho(t) \\ &= \frac{1}{1 + e^{-k(t-t_0)}}, \quad (4) \end{aligned}$$



bu yerda q_D ma'lumotlar sifati koeffitsiyenti (0,80), $\rho(t)$ o'zlashtirishning logistik funksiyasi, t_0 samaraning yarmiga erishish muddati (2 yil), $k = 1,5$, I_0 boshlang'ich investitsiyalar (180 mlrd so'm), $OPEX_t$ yillik yuritish xarajatlari (22 mlrd so'm), r diskont stavkasi (16 foiz), $T = 7$ yil. Noaniqlik Monte-Karlo usuli bilan baholandi: parametrlar uchun uchburchakli taqsimot berildi va 20 000 ssenariy hisoblandi. Bosqichma-bosqich amalga oshirish opsiya qiymati ikki variantning kutilgan NPV lari farqi sifatida aniqlandi. Bosqichma-bosqich variantda birinchi yilda 30 mlrd so'mlik pilot amalga oshiriladi va u muvaffaqiyatli bo'lsa (ehtimol 0,7), 170 mlrd so'mlik kengaytirish amalga oshiriladi. Bir yo'la variantda muvaffaqiyatsizlik holatida rejalashtirilgan samaraning faqat 20 foiziga erishiladi. Pilotning muvaffaqiyat ehtimoli, muvaffaqiyatsizlikdagi samara ulushi hamda s , a va q_D parametrlari muallif bahosi hisoblanadi. Hisob-kitoblar Python 3 muhitida NumPy kutubxonasi yordamida bajarildi.

Tahlil va natijalar

Dalillar tanlanmasini kodlash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Sun'iy intellektni qo'llash samarasi bo'yicha dalil birliklari

№	Manba	Mamlakat	Daraja	Qo'llash sohasi	Ko'rsatkich va qiymat	Toifasi
1	Czarnitzki va boshq. [7]	Germaniya	Korxona, 5 851 ta	Umumiy foydalanish	SI foydalanuvchilarid a tushum 4,4-6,2% yuqori	A



№	Manba	Mamlakat	Daraja	Qo'llash sohasi	Ko'rsatkich va qiymat	Toif a
2	Mishra va boshq. [10]	AQSh	Korxona, 4 052 ta	Umumiy foydalanish	SIga e'tibor yalpi samaradorlik bilan manfiy, sof samaradorlik bilan musbat bog'liq	A
3	Mikalef, Gupta [8]	AQSh	Korxona, 143 ta	Umumiy foydalanish	SI qobiliyati korxona natijadorligi bilan musbat bog'liq	A
4	Dahlke va boshq. [11]	Germaniya, Avstriya, Shveytsariya	Korxona, 1 140 494 ta	Tarqalish	Sini joriy etganlar ulushi 2,2%	A
5	Brynjolfsson va boshq. [19]	AQSh	Vazifa, 5 179 xodim	Mijozlarga xizmat	Soatiga hal qilingan murojaatlar o'rtacha 14%, tajribasi kam xodimlarda 34% ko'p	A
6	Noy, Zhang [20]	AQSh	Vazifa, 453 mutaxassis	Bilim ishi	Ish vaqti 40% qisqargan, sifat 18% oshgan	A



№	Manba	Mamlakat	Daraja	Qo'llash sohasi	Ko'rsatkich va qiymat	Toifasi
7	McKinsey [2]	Ko'p mamlakat	Tashkilot	Umumiy foydalanish	88% kamida bitta funksiyada qo'llaydi, 39% EBIT ga ta'sirni qayd etadi	B
8	Stanford HAI [1]	Ko'p mamlakat	Tashkilot	Tarqalish	Foydalanish ulushi 55% (2023) va 78% (2024)	B
9	UIC, McKinsey [18]	Yevropa va Osiyo	Temir yo'l kompaniyasi, 11 ta	Barcha sohalar	20 ta umumiy qo'llash holati, tushumi 5 mlrd yevro bo'lgan kompaniya uchun yiliga taxminan 700 mln yevro	B
10	Deloitte [21]	x	Uskuna	Texnik xizmat	Ehtiyotkor baho: xarajat 5-10% kam, tayyorlik 10-20% yuqori, rejalashtirish vaqti 20-50% kam. Optimistik baho: unumdorlik 25% yuqori, buzilishlar 70% kam, xarajat 25% kam	B



№	Manba	Mamlakat	Daraja	Qo'llash sohasi	Ko'rsatkich va qiymat	Toifasi
11	Deutsche Bahn [22]	Germaniya	Kompaniya	Texnik xizmat, rejalashtirish	Kamerali ko'prik, g'ildirak juftliklari uchun materiallar prognozi. Miqdoriy natija keltirilmagan	C
12	China State Railway Group [23]	Xitoy	Kompaniya, 45 ming km tarmoq	Texnik xizmat	Xizmat brigadalarini 40 daqiqada ogohlantirish, aniqlik 95% gacha	C
13	RJD [24]	Rossiya	Kompaniya	Mijozlarga xizmat, diagnostika	Ayrim jarayonlarda mehnat unumdorligi 30-80% yuqori	C
14	QTJ [25]	Qozog'iston	Kompaniya	Texnik xizmat	Wabtec KinetiX tizimi. Miqdoriy natija e'lon qilinmagan	C
15	«O'zbekiston temir yo'llari» AJ [26]	O'zbekiston	Kompaniya	Logistika, hujjat aylanishi, nazorat	E-nakl, QR-chiptalar, BI platformasi, aqlli tarozi, Wagon Vision. Maqsad: xarajatlar 20% kam	C

Manba: jadvalda ko'rsatilgan manbalar asosida muallif tomonidan tuzilgan.



1-jadval ma'lumotlariga ko'ra, 15 ta dalil birligidan 6 tasi A, 4 tasi B, 5 tasi C toifaga tegishli. A toifadagi birliklarning hech biri temir yo'l korxonalariga tegishli emas. Beshta temir yo'l kompaniyasidan to'rttasida texnik xizmat yoki diagnostika qo'llash sohasi sifatida ko'rsatilgan, ammo miqdoriy operatsion natija faqat bitta kompaniya (Xitoy) tomonidan e'lon qilingan. 1-jadvaldagi miqdoriy baholar qo'llash sohalari bo'yicha 2-jadvalda guruhlangan.

2-jadval

Sun'iy intellekt samarasining uyg'unlashtirilgan baholari, foizda

Qo'llash sohasi	Ko'rsatkich	Ehtiyot kor baho	Optimistik baho	Toifa
Texnik xizmat va diagnostika	Texnik xizmat xarajatlarining kamayishi	5-10	25	B
Texnik xizmat va diagnostika	Buzilishlarning kamayishi	ma'lumot yo'q	70	B
Texnik xizmat va diagnostika	Tayyorlikning oshishi	10-20	ma'lumot yo'q	B
Texnik xizmat va diagnostika	Rejalashtirish vaqtining qisqarishi	20-50	ma'lumot yo'q	B
Korxona darajasida umumiy foydalanish	Tushumning oshishi	4,4	6,2	A
Mijozlarga xizmat va bilim ishi	Vazifa unumdorligining oshishi	14	34	A



Qo'llash sohasi	Ko'rsatkich	Ehtiyot kor baho	Optimistik baho	Toifa
Temir yo'l kompaniyasi, barcha sohalar	Salohiyatning tushumga nisbati	14	14	B
Temir yo'l kompaniyasi, ayrim jarayonlar	Mehnat unumdorligining oshishi	30	80	C

Manba: 1-jadval ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

2-jadvalga ko'ra, texnik xizmat va diagnostika to'rtta alohida ko'rsatkich bo'yicha miqdoriy bahoga ega yagona yo'nalishdir. Bu yo'nalishda xarajatlar bo'yicha ehtiyotkor va optimistik baholar o'rtasidagi farq 2,5-5 barobarni tashkil etadi. Korxona darajasidagi A toifali baholar 4,4-6,2 foiz, vazifa darajasidagilari 14-34 foiz oralig'ida joylashgan.

Texnik xizmat strategiyalarini simulyatsiya qilish natijalari 3-jadvalda keltirilgan. Rejali-ogohlantiruvchi strategiya uchun optimal almashtirish intervali 2,1 yilni tashkil etdi.

3-jadval

Texnik xizmat strategiyalarining uzal darajasidagi qiyosiy natijalari

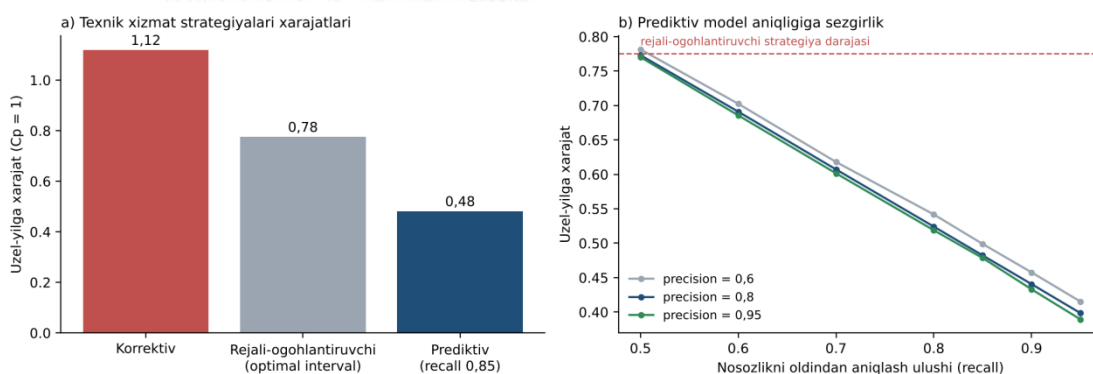
Strategiya	Uzal-yilga xarajat ($C_p = 1$)	Tayyorlik koeffitsiyenti	Uzal-yilga ta'mirlar soni	Uzal-yilga buzilishlar soni
Korrektiv	1,119	0,9923	0,280	0,280
Rejali-ogohlantiruvchi (interval 2,1 yil)	0,776	0,9952	0,501	0,092



Strategiya	Uzel-yilga xarajat ($C_p = 1$)	Tayyorlik koeffitsiyent i	Uzel-yilga ta'mirlar soni	Uzel-yilga buzilishlar soni
Bashoratli ($R = 0,85$, $P = 0,80$)	0,482	0,9974	0,292	0,044
Bashoratlining rejali strategiyaga nisbatan o'zgarishi	-37,9%	0,22 f.p.	-41,8%	-52,4%

Manba: muallif hisob-kitoblari.

3-jadvalga ko'ra, bashoratli strategiya uzal-yilga xarajatni rejali-ogohlantiruvchi strategiyaga nisbatan 37,9 foizga, korrektiv strategiyaga nisbatan 57,0 foizga kamaytirdi, buzilishlar soni 52,4 foizga kamaydi. 1-rasmda ko'rsatilganidek, $R = 0,5$ bo'lganda bashoratli strategiyaning xarajati 0,770-0,782 ni tashkil etib, rejali strategiya darajasiga (0,776) teng bo'ldi. C_f/C_p nisbati 2 dan 6 gacha o'zgarganda tejam 23,3 foizdan 38,9 foizgacha o'sdi.



1-rasm. Texnik xizmat strategiyalarining xarajatlari (a) va bashoratli strategiya xarajatining model to'liqligi va aniqligiga sezgirligi (b)

Manba: muallif hisob-kitoblari.

- (3) formula bo'yicha loyihaning to'liq joriy etilgandagi yillik samarasi 197,6 mlrd so'mni tashkil etdi. Bu xizmatlar yillik tannarxining 1,7 foiziga teng. Loyiha samaradorligi ko'rsatkichlari 4-jadvalda keltirilgan.



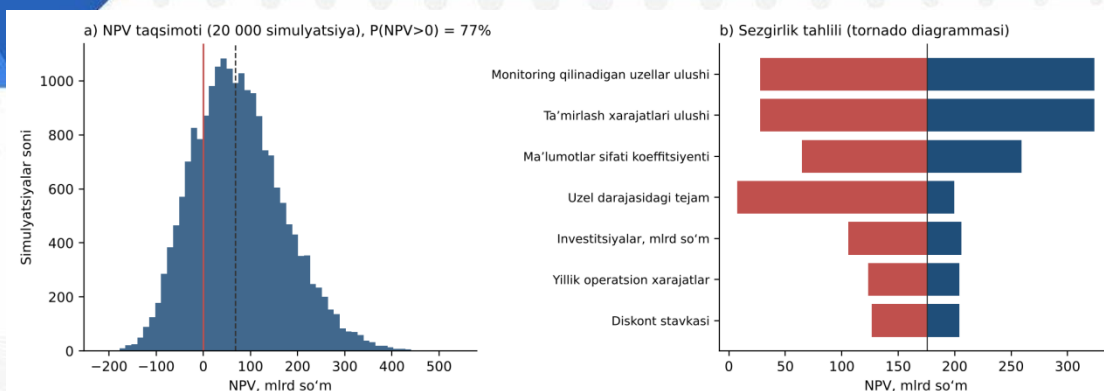
4-jadval

**Bashoratli texnik xizmat loyihasining an'anaviy va kengaytirilgan
metodika bo'yicha samaradorlik ko'rsatkichlari**

Ko'rsatkich	An'anaviy metodika	Kengaytirilgan metodika	Farq
NPV, mlrd so'm	529,1	175,7	-66,8%
IRR, %	96,7	36,4	-60,3 f.p.
Oddiy qoplanish muddati, yil	1,0	3,1	2,0 yilga uzun
1-yil sof pul oqimi, mlrd so'm	175,6	6,8	x
4-yil sof pul oqimi, mlrd so'm	175,6	128,6	x

Manba: muallif hisob-kitoblari.

Monte-Karlo simulyatsiyasida kengaytirilgan NPV ning o'rtacha qiymati 75,3 mlrd so'mni, medianasi 67,6 mlrd so'mni tashkil etdi, 5 va 95 persentillar minus 69,1 va 247,8 mlrd so'mga teng bo'ldi. Ijobiy NPV ehtimoli 77 foiz. An'anaviy NPV taqsimotning 95 persentilidan 2,1 barobar yuqori. Bosqichma-bosqich variantning kutilgan NPV si 99,5 mlrd so'mni, bir yo'la variantniki 69,0 mlrd so'mni tashkil etdi, ya'ni bosqichma-bosqich amalga oshirish opsiyoning qiymati 30,5 mlrd so'm. Sezgirlik tahlilida NPV ning eng katta oralig'i ta'mirlash xarajatlari ulushi va monitoring qamrovi bilan bog'liq bo'ldi (27,5-323,9 mlrd so'm). Undan keyin ma'lumotlar sifati koeffitsiyenti (64,6-259,1 mlrd so'm) va uzel darajasidagi tejam (7,5-199,8 mlrd so'm) turadi. Moliyaviy parametrlar, ya'ni investitsiyalar, yuritish xarajatlari va diskont stavkasi 77,6-100,0 mlrd so'm kenglikdagi oraliq hosil qildi (2-rasm).



2-rasm. Kengaytirilgan NPV ning Monte-Karlo taqsimoti (a) va sezgirlik tahlili (b)

Manba: muallif hisob-kitoblari.

Olingan natijalar 1-gipotezani qo'llab-quvvatlaydi. Texnik xizmat va diagnostika eng ko'p miqdoriy dalilga ega yo'nalish bo'lib, simulyatsiyada uzel darajasidagi xarajat 37,9 foizga kamaydi. Bu natija Deloitte keltirgan 25 foizlik optimistik bahodan yuqori [21], biroq ikki baho turli darajaga tegishli. Bizning baho bitta uzel uchun hisoblangan, korxona darajasida esa samara monitoring qamrovi va ta'mirlash xarajatlari ulushiga ko'paytiriladi. Natijada uzel darajasidagi 37 foizlik tejam umumiy tannarxning atigi 1,7 foiziga aylandi. Demak, konsalting hisobotlaridagi foizlarni korxona darajasiga to'g'ridan to'g'ri ko'chirish samarani oshirib ko'rsatadi. Biroq nosozliklarning yarmini aniqlaydigan model rejali strategiyadan ustun kelmaydi, ya'ni texnik xizmatdagi SI samarasi modelning ma'lum sifat chegarasidan keyin paydo bo'ladi.

2-gipoteza qisman tasdiqlandi. NPV ning eng katta oraliqlari texnologiyaga emas, monitoring qamrovi va ma'lumotlar sifatiga bog'liq, moliyaviy parametrlar esa ikki-uch barobar tor oraliq beradi. Bu P. Mikalef va M. Gupta xulosasiga mos keladi [8]. Biroq kadrlar salohiyati alohida o'zgaruvchi sifatida modellashtirilmagani sababli gipotezaning bu qismi bevosita tekshirilmadi.



3-gipoteza tasdiqlandi. An'anaviy metodika NPV ni taxminan uch barobar oshirib ko'rsatdi (529,1 va 175,7 mlrd so'm), qoplanish muddati esa 1,0 yil o'rniga 3,1 yilni tashkil etdi. Bu E. Brynjolfsson va hammualliflari tavsiflagan J-egri chiziq mexanizmining investitsion baholashdagi miqdoriy ifodasidir [12]. Bosqichma-bosqich amalga oshirish opsionining qiymati (30,5 mlrd so'm) UIC tavsiya etgan qisqa sikllar mantiqini pul ko'rinishida asoslaydi [18].

Korxona darajasidagi (4,4-6,2 foiz) va vazifa darajasidagi (14-34 foiz) baholar D. Acemoglu taklif etgan kamtarona makro bahoga zid ko'rinadi [13]. Bizning natijalar bu ziddiyatning bir tushuntirishini beradi: vazifa darajasidagi samara korxona miqyosiga o'tishda qamrov ulushiga ko'paytiriladi va kichrayadi.

Tadqiqot bir qator cheklovlarga ega. Dalillar tanlanmasi maqsadli tuzilgan va 15 ta birlikdan iborat. Temir yo'l keyslarining aksariyati korporativ bayonot va matbuot ma'lumotlariga tayanadi. Simulyatsiya parametrlari illyustrativ xususiyatga ega va AJ korxonalarining buzilish va ta'mirlash reyestrlari asosida kalibrlanmagan. Investitsion baholash ochiq moliyaviy ma'lumotlarga asoslangan.

Xulosa va takliflar

Xorijiy tajribaning tizimli tahlili SIning eng ko'p miqdoriy dalilga ega va eng tez o'lchanadigan samarasi asosiy fondlarga texnik xizmat ko'rsatish va diagnostika jarayonlarida yuzaga kelishini ko'rsatdi. Simulyatsiya bashoratli texnik xizmat uzal darajasida xarajatlarni optimal rejali strategiyaga nisbatan 37,9 foizga kamaytirishini, ammo bu samara faqat modelning nosozliklarni aniqlash to'liqligi 0,5 dan yuqori bo'lganda paydo bo'lishini aniqladi. «O'zbekiston temir yo'llari» AJ miqyosida bunday loyiha tannarxning 1,7 foizini tejaydi, an'anaviy NPV esa loyiha qiymatini taxminan uch barobar oshirib ko'rsatadi. Samara hajmini texnologiyadan ko'ra monitoring qamrovi



va ma'lumotlar sifati belgilaydi, bosqichma-bosqich joriy etish esa loyihaning kutilgan qiymatini 30,5 mlrd so'mga oshiradi.

Natijalar asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. «O'zbekiston temir yo'llari» AJ sanoat korxonalarida SI loyihalarini texnik xizmat va diagnostika yo'nalishidan boshlash, chunki bu yo'nalishda xorijiy dalillar eng ko'p va samara bevosita o'lchanadi.

2. Pilotdan kengaytirishga o'tish uchun bashoratli modelning nosozliklarni aniqlash to'liqligi bo'yicha 0,5 dan yuqori minimal chegara belgilash.

3. SI loyihalarini asoslashda an'anaviy NPV o'rniga ma'lumotlar sifati va o'zlashtirish dinamikasini hisobga oluvchi kengaytirilgan bahoni hamda bosqichma-bosqich amalga oshirish tartibini qo'llash.

4. 20 foizlik xarajatlarni qisqartirish vazifasiga erishish uchun bitta loyiha emas, bir nechta SI loyihalari portfelini tashkiliy islohotlar bilan birga amalga oshirish.

5. Davlat korxonalarida SI loyihalarining natijalarini yagona metodika bo'yicha o'lchash va e'lon qilishni yo'lga qo'yish hamda davlat qo'llab-quvvatlash choralarini avvalo ma'lumotlar infratuzilmasini yaratishga yo'naltirish.

Keyingi tadqiqotlarda AJ korxonalarining ichki ma'lumotlari asosida simulyatsiya parametrlarini kalibrlash va pilot loyihalar natijalarini «farqlar ichidagi farq» usuli bilan baholash maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

6. Stanford HAI. The AI Index 2025 Annual Report. Stanford: Stanford University, 2025. URL: <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
2. McKinsey & Company. The state of AI in 2025: Agents, innovation, and transformation. New York: McKinsey & Company, 2025. URL:



- <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024 yil 14 oktyabrdagi PQ-358-son «Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030 yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Qarori. URL: <https://lex.uz/docs/7158604>
 4. Temir yo'l sohasida amalga oshirilayotgan ishlar va rejalar taqdimoti // O'zbekiston Respublikasi Prezidentining rasmiy veb-sayti. 13.11.2025. URL: <https://president.uz/en/lists/view/8658>
 5. Bresnahan T.F., Trajtenberg M. General purpose technologies: "Engines of growth"? // Journal of Econometrics. 1995. Vol. 65, No. 1. P. 83-108.
 6. Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Boston: Harvard Business Review Press, 2018. 272 p.
 7. Czarnitzki D., Fernández G.P., Rammer C. Artificial intelligence and firm-level productivity // Journal of Economic Behavior & Organization. 2023. Vol. 211. P. 188-205.
 8. Mikalef P., Gupta M. Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance // Information & Management. 2021. Vol. 58, No. 3. Article 103434.
 9. Lichtenthaler U. An intelligence-based view of firm performance: Profiting from artificial intelligence // Journal of Innovation Management. 2019. Vol. 7, No. 1. P. 7-20.
 10. Mishra S., Ewing M.T., Cooper H.B. Artificial intelligence focus and firm performance // Journal of the Academy of Marketing Science. 2022. Vol. 50. P. 1176-1197.
 11. Dahlke J., Beck M., Kinne J., Lenz D., Dehghan R., Wörter M., Ebersberger B. Epidemic effects in the diffusion of emerging digital



- technologies: evidence from artificial intelligence adoption // Research Policy. 2024. Vol. 53, No. 2. Article 104917.
12. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies // American Economic Journal: Macroeconomics. 2021. Vol. 13, No. 1. P. 333-372.
 13. Acemoglu D. The simple macroeconomics of AI // Economic Policy. 2025. Vol. 40, No. 121. P. 13-58.
 14. Bertani F., Raberto M., Teglio A. The productivity and unemployment effects of the digital transformation: an empirical and modelling assessment // Review of Evolutionary Political Economy. 2020. Vol. 1. P. 329-355.
 15. Nakajima S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988. 129 p.
 16. Carvalho T.P., Soares F.A.A.M.N., Vita R., Francisco R.P., Basto J.P., Alcalá S.G.S. A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance // Computers & Industrial Engineering. 2019. Vol. 137. Article 106024.
 17. Zonta T., da Costa C.A., Righi R.R., de Lima M.J., da Trindade E.S., Li G.P. Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review // Computers & Industrial Engineering. 2020. Vol. 150. Article 106889.
 18. UIC, McKinsey & Company. The journey toward AI-enabled railway companies. Paris: International Union of Railways, 2024. URL: https://css0.uic.org/com/IMG/pdf/uic_layout_web_05032024.pdf
 19. Brynjolfsson E., Li D., Raymond L. Generative AI at work // The Quarterly Journal of Economics. 2025. Vol. 140, No. 2. P. 889-942.
 20. Noy S., Zhang W. Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence // Science. 2023. Vol. 381, No. 6654. P. 187-192.



21. Deloitte Analytics Institute. Predictive Maintenance: Position Paper. München: Deloitte (nashr yili ko'rsatilmagan). URL: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone2/de/de/docs/about/2024/Deloitte_Predictive-Maintenance_PositionPaper.pdf
22. Deutsche Bahn. Artificial intelligence at DB. Berlin: Deutsche Bahn AG (nashr yili ko'rsatilmagan). URL: https://www.deutschebahn.com/en/artificial_intelligence-6935068
23. Chen S. China puts trust in AI to maintain largest high-speed rail network on Earth // South China Morning Post. 2024. URL: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3255039/china-puts-trust-ai-maintain-largest-high-speed-rail-network-earth>
24. РЖД использует ИИ для повышения эффективности и переподготовки сотрудников // Habr. 2025. URL: <https://habr.com/ru/news/915198>
25. Wabtec to provide KTZ with a monitoring and diagnostics system based on artificial intelligence // «Qazaqstan temir joly» AJ rasmiy sayti. 2024. URL: <https://www.railways.kz/en/news/wabtec-provide-ktz-monitoring-and-diagnostics-system-based-artif/>
26. Raqamli temir yo'l: xizmatlar va logistikada yangi imkoniyatlar // O'zbekiston milliy axborot agentligi (O'zA). 2025. URL: https://uza.uz/ar/posts/raqamli-temir-yol-xizmatlar-va-logistikada-yangi-imkoniyatlar_886715
27. Uzrailways: финансовая отчётность за 9 месяцев 2025 года // Spot.uz. 18.12.2025. URL: <https://www.spot.uz/ru/2025/12/18/uzrailways/>