

SANOAT KORXONALARIDA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA RESURSLARDAN SAMARALI FOYDALANISH YO'LLARI

Rixsiboyev Nozimbek Abdurasul o'g'li

PhD, Toshkent xalqaro universiteti

Huquq fakulteti dekani

E-mail: nozimbekriksiboyev@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21216095>

Annotatsiya. Mazkur tezisdanoat korxonalarida sun'iy intellekt texnologiyalari asosida moddiy, energetik va mehnat resurslaridan samarali foydalanishning nazariy asoslari, amaliy mexanizmlari hamda iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari tizimli tahlil qilingan. Tadqiqotda mashinaviy o'qitish, chuqur o'qitish, mustahkamlovchi o'qitish, kompyuter ko'rish, raqamli egizak, buyumlar interneti, katta ma'lumotlar tahlili va Edge AI texnologiyalarining ishlab chiqarish jarayonlariga integratsiyalashuvi energiya sarfini kamaytirish, tannarxni pasaytirish, uskunalarning prognozli texnik xizmatini tashkil etish, logistika zanjirlarini optimallashtirish, xomashyo yo'qotilishini qisqartirish va mahsulot sifatini oshirish nuqtai nazaridan yoritilgan. Xalqaro tashkilotlar hisobotlari hamda 2022–2026-yillarda Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan ilmiy manbalar asosida qiyosiy tahlil o'tkazilib, Germaniya, Yaponiya, Janubiy Koreya, Xitoy, AQSH va O'zbekiston tajribasi solishtirilgan. ROI, OEE, TFP, resurs samaradorligi indeksi va energiya samaradorligi indeksi kabi iqtisodiy ko'rsatkichlar yordamida sun'iy intellekt joriy etishning miqdoriy samarasi baholangan. O'zbekistonning yirik sanoat korxonalari misolida sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish istiqbollari asoslangan hamda o'nta mualliflik ilmiy taklifi ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, resurs samaradorligi, prognozli texnik xizmat, raqamli egizak, buyumlar interneti, energiya samaradorligi, aqlli zavod, mashinaviy o'qitish, iqtisodiy samaradorlik.

KIRISH

Jahon iqtisodiyotining to'rtinchi sanoat inqilobi bosqichiga o'tishi ishlab chiqarish tizimlarining texnologik arxitekturasini tubdan o'zgartirmoqda. Agar XX asrning ikkinchi yarmida sanoat korxonalarining raqobatbardoshligi asosan mexanizatsiya va avtomatlashtirish darajasi bilan belgilangan bo'lsa, hozirgi bosqichda hal qiluvchi omil sifatida ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv va sun'iy intellekt texnologiyalari maydonga chiqdi. Sanoat korxonalarida resurslar – energiya, xomashyo, uskunalar, mehnat va vaqt – cheklangan bo'lib, ulardan foydalanish samaradorligi korxonaning tannarx tarkibi, foyda normasi va bozor mavqeini bevosita belgilaydi. Sun'iy intellekt tizimlari sensorlar va buyumlar interneti (IoT) qurilmalari orqali to'planadigan katta hajmdagi texnologik ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilish, yashirin qonuniyatlarni aniqlash va boshqaruv qarorlarini avtomatlashtirish imkonini beradi. Bu esa an'anaviy usullar bilan erishib bo'lmaydigan darajadagi aniqlik va tezlikda resurslarni taqsimlash, jarayon parametrlarini optimallashtirish hamda yo'qotishlarning oldini olish imkoniyatini yaratadi. McKinsey Global Institute hisob-kitoblariga ko'ra, generativ va analitik sun'iy intellekt texnologiyalari jahon iqtisodiyotiga yiliga trillionlab dollar hajmida qo'shimcha qiymat yaratish salohiyatiga ega bo'lib, ushbu salohiyatning salmoqli qismi aynan ishlab chiqarish va ta'minot zanjiri funksiyalariga to'g'ri keladi.

O'zbekiston uchun mazkur masala alohida ahamiyat kasb etadi. Mamlakat iqtisodiyotining energiya sig'imi rivojlangan davlatlar ko'rsatkichidan sezilarli darajada yuqori

bo'lib, sanoat tarmoqlarida resurs tejamkorligini oshirish davlat iqtisodiy siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida belgilangan. «Raqamli O'zbekiston – 2030» strategiyasi hamda sun'iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish bo'yicha qabul qilingan dasturiy hujjatlar sanoatni raqamli transformatsiya qilish uchun institutsional asos yaratdi. Shu bilan birga, milliy sanoat korxonalarida SI yechimlarini joriy etishning ilmiy asoslangan metodikasi, iqtisodiy samaradorlikni baholash mezonlari va tarmoq xususiyatlarini hisobga oluvchi yondashuvlar hali yetarlicha ishlab chiqilmagan. Mazkur tadqiqotning maqsadi – sanoat korxonalarida sun'iy intellekt asosida resurslardan samarali foydalanishning ustuvor yo'nalishlarini aniqlash, ularning iqtisodiy samaradorligini miqdoriy baholash hamda O'zbekiston sanoati uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot metodologiyasi tizimli tahlil, qiyosiy taqqoslash, statistik guruhlash, iqtisodiy-matematik modellashtirish va ekspert baholash usullariga tayanadi.

MUAMMONING DOLZARBLIGI

Muammoning dolzarbligi sanoat korxonalarida resurslardan samarali foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish zarurati bilan belgilanadi. Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, sanoat global energiya iste'molining qariyb 37 foizini tashkil etadi. Shu sababli energiya samaradorligini oshirish hamda ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, sun'iy intellekt asosidagi prognozli texnik xizmat (predictive maintenance) uskunalarning rejadani tashqari to'xtab qolishini va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Ta'minot zanjirlarini optimallashtirish, logistika jarayonlarini boshqarish hamda mehnat unumdorligini oshirishda ham sun'iy intellektning imkoniyatlari tobora kengayib bormoqda.

O'zbekiston sanoatida energiya va xomashyo sarfini kamaytirish, mahsulot tannarxini pasaytirish hamda xalqaro raqobatbardoshlikni oshirish zarurati sun'iy intellekt texnologiyalarini ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etishni dolzarb vazifaga aylantirmoqda. Shu bois sanoat korxonalarida sun'iy intellekt asosida resurslardan samarali foydalanish yo'llarini ilmiy asoslash nazariy va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega.

ASOSIY QISM

Energiya sanoat korxonasi tannarxining eng harakatchan moddalaridan biri bo'lib, metallurgiya, kimyo va qurilish materiallari tarmoqlarida uning ulushi 20–40 foizga yetadi. Sun'iy intellektga asoslangan energiya menejmenti tizimlari (AI-EMS) uch darajada ishlaydi: monitoring darajasida IoT hisoblagichlar orqali iste'mol profillari real vaqt rejimida qayd etiladi; tahlil darajasida mashinaviy o'qitish modellari yuklama, harorat, xomashyo sifati va texnologik rejim parametrlari o'rtasidagi ko'p omilli bog'liqliklarni aniqlaydi; optimallashtirish darajasida esa mustahkamlovchi o'qitish algoritmlari texnologik cheklovlarni buzmagani holda eng kam energiya sarfini ta'minlovchi rejimlarni tanlaydi.

Amaliyot bunday yondashuvning yuqori samarasini tasdiqlaydi: Google ma'lumot markazlarida DeepMind algoritmlari sovuq tizimlari energiya sarfini qariyb 40 foizga qisqartirgan, sement va po'lat ishlab chiqarishda esa jarayonlarni SI asosida sozlash pech va yig'ma agregatlarning solishtirma energiya sarfini 5–15 foizga kamaytirgan. Iqtisodiy nuqtai nazardan bu – kapital qo'yilmalarsiz yoki minimal qo'yilmalar bilan olinadigan «sof» tejamkorlik bo'lib, investitsiyaning qoplanish muddati ko'pincha 12–24 oydan oshmaydi. Bundan tashqari, SI elektr energiyasining tarif zonalariga qarab yuklamani qayta taqsimlash

(load shifting) imkonini beradi, bu esa energiya xarajatlarini fizik iste'mol o'zgarmagan holda ham pasaytiradi.

An'anaviy texnik xizmat modellari – reaktiv (nosozlikdan keyin) va rejali-profilaktik (kalendar bo'yicha) – ikkala holatda ham resurs yo'qotishlariga olib keladi: birinchisida rejadan tashqari to'xtashlar, ikkinchisida esa hali resursini tugatmagan qismlarning almashtirilishi kuzatiladi. Prognozli texnik xizmat vibratsiya, harorat, akustik emissiya, moy tarkibi va tok kuchi kabi parametrlarni doimiy tahlil qilib, nosozlikning erta belgilarini undan haftalar oldin aniqlaydi. Chuqur o'qitish modellari, xususan, rekurrent va konvolyutsion neyron tarmoqlar, uskuna «sog'lig'i» ning qolgan foydali muddatini (RUL – Remaining Useful Life) yuqori aniqlikda bashorat qiladi. Iqtisodiy samara uch yo'nalishda namoyon bo'ladi: to'xtab qolish vaqtining 30–50 foizga qisqarishi ishlab chiqarish hajmini oshiradi; texnik xizmat xarajatlarining

10–40 foizga kamayishi bevosita tannarxni pasaytiradi; uskunalar xizmat muddatining 20–40 foizga uzayishi esa kapital xarajatlar siklini cho'zadi. Deloitte hisob-kitoblariga ko'ra, prognozli texnik xizmat sanoatda SI ilovalarining eng yuqori va eng tez qoplanadigan investitsiya qaytimini ta'minlovchi yo'nalishlaridan biridir.

Logistikada SI talabni bashorat qilish, marshrutlarni optimallashtirish, ombor operatsiyalarini avtomatlashtirish va zaxiralarni boshqarish vazifalarini hal etadi. Mashinaviy o'qitishga asoslangan talab prognozlari an'anaviy statistik usullarga nisbatan xatolikni 20–50 foizga kamaytiradi, bu esa xavfsizlik zaxiralarni qisqartirish va aylanma mablag'larni bo'shatish imkonini beradi. Transport marshrutlarini dinamik optimallashtirish yoqilg'i sarfi va yetkazib berish muddatlarini bir vaqtda qisqartiradi. Kombinator optimallashtirish va mustahkamlovchi o'qitishning uyg'unligi ko'p omilli logistik masalalarni – yuklash rejalari, kesish xaritalari, smenalar jadvali – inson rejalashtiruvchisidan ko'ra samaraliroq yechadi. Natijada logistika xarajatlarining sotuv hajmidagi ulushi o'rtacha 5–15 foizga pasayadi.

Sifat nazorati sohasida kompyuter ko'rish (Computer Vision) texnologiyasi inqilobiy o'zgarish yasadi. Yuqori aniqlikdagi kameralar va konvolyutsion neyron tarmoqlar asosidagi vizual inspeksiya tizimlari mahsulot yuzasidagi mikro-nuqsonlarni inson ko'zi ilg'amaydigan darajada, soniyaning ulushlarida aniqlaydi. Bunday tizimlar nazoratning 100 foizli qamrovini ta'minlaydi (tanlanma nazorat o'rniga), aniqlik darajasi 95–99 foizga yetadi, brakning ichki va tashqi xarajatlari – kafolat ta'mirlari, qaytarishlar, obro' yo'qotishlari – keskin kamayadi. PwC baholashlariga ko'ra, sifatning yashirin xarajatlari korxona aylanmasining 10–15 foizigacha yetishi mumkin bo'lgan sharoitda vizual inspeksiyaning avtomatlashtirish eng samarali investitsiya yo'nalishlaridan biriga aylanadi.

1-jadval.

Sun'iy intellekt joriy etilishidan oldingi va keyingi iqtisodiy ko'rsatkichlarning qiyosiy tahlili¹

¹ Manba: McKinsey Global Institute (2024), Deloitte (2024) va WEF Global Lighthouse Network (2025) ma'lumotlari asosida muallif tomonidan umumlashtirilgan

Ko'rsatkich	SI joriy etilgunga qadar	SI joriy etilgandan so'ng	O'zgarish
Solishtirma energiya sarfi (shartli birlik/mahsulot birligi)	100 (bazaviy)	85-92	-8...-15 %
Ishlab chiqarish tannarxi (konversion xarajatlar)	100 (bazaviy)	80-90	-10...-20 %
Rejadan tashqari nosozliklar soni (yiliga)	100 (bazaviy)	50-70	-30...-50 %
Ishlab chiqarish hajmi (mavjud quvvatlarda)	100 (bazaviy)	108-120	+8...+20 %
Mehnat unumdorligi (ishchi boshiga qo'shilgan qiymat)	100 (bazaviy)	115-130	+15...+30 %
Xomashyo yo'qotilishi (texnologik chiqindi va brak)	100 (bazaviy)	70-85	-15...-30 %

1-jadval ma'lumotlari SI joriy etishning multiplikativ samarasini ko'rsatadi: alohida yo'nalishlardagi nisbatan mo'tadil yaxshilanishlar yig'indisi korxona darajasida tannarx va foyda ko'rsatkichlarining sezilarli o'zgarishiga olib keladi. Shuni ta'kidlash joizki, keltirilgan diapazonlar tarmoq xususiyatiga, boshlang'ich raqamlashtirish darajasiga va joriy etish sifatiga bog'liq ravishda farqlanadi.

Mashinaviy o'qitish (Machine Learning) sanoat SI ilovalarining metodologik o'zagini tashkil etadi: regressiya va klassifikatsiya modellari sifat parametrlarini bashorat qiladi, klasterlash usullari texnologik rejimlarning yashirin guruhlarini aniqlaydi, anomalialarni aniqlash algoritmlari esa jarayonning me'yordan chetlanishini erta bosqichda qayd etadi. Chuqur o'qitish (Deep Learning) murakkab, noxiziqli va yuqori o'lchamli ma'lumotlar – tasvirlar, vaqt qatorlari, spektrlar – bilan ishlashda ustunlik beradi va kompyuter ko'rish hamda prognozli diagnostika tizimlarining asosini tashkil etadi.

Mustahkamlovchi o'qitish (Reinforcement Learning) dinamik boshqaruv masalalarida – pechlar haroratini sozlash, energiya yuklamalarini taqsimlash, robotlashtirilgan liniyalarni boshqarish – an'anaviy PID-regulyatorlardan yuqori natija ko'rsatadi, chunki u tizim reaksiyasidan doimiy o'rganib, strategiyasini takomillashtirib boradi. Katta ma'lumotlar tahlili (Big Data Analytics) turli manbalardan – MES, ERP, SCADA, laboratoriya tizimlari – kelayotgan geterogen ma'lumotlarni yagona analitik konturga birlashtiradi va boshqaruv qarorlarining axborot asosini kengaytiradi.

Edge AI – hisoblashlarni bulutdan bevosita uskuna yoniga ko'chirish – uchta muhim afzallikni beradi: qaror qabul qilish kechikishining millisekundlargacha qisqarishi (yuqori tezlikdagi liniyalarda hal qiluvchi omil), tarmoq trafigi va bulut xarajatlarining kamayishi hamda texnologik ma'lumotlar konfidensialligining ta'minlanishi. Iqtisodiy jihatdan Edge AI vizual inspeksiya va uskuna diagnostikasi kabi ilovalarning ekspluatatsion xarajatlarini pasaytirib, ularni o'rta korxonalar uchun ham qulay qiladi.

2-jadval. Sanoatda qo'llaniladigan asosiy SI texnologiyalarining afzalliklari va kamchiliklari²

Texnologiya	Asosiy afzalliklari	Kamchiliklari va cheklovlari
Machine Learning	Bashorat aniqligi; jarayonlarni tez optimallashtirish; nisbatan past joriy etish xarajati	Sifatli tarixiy ma'lumotlarga bog'liqlik; modelning eskirishi (drift)
Deep Learning	Murakkab ma'lumotlar (tasvir, signal) bilan ishlash; yuqori aniqlik	Katta hisoblash resurslari; «qora quti» muammosi; ko'p belgilangan ma'lumot talabi
Reinforcement Learning	Dinamik jarayonlarni real vaqtda boshqarish; o'z-o'zini takomillashtirish	O'qitishning murakkabligi; xavfsiz sinov muhiti (simulyator) zarurati
Computer Vision	100 % sifat nazorati; inson omilining chiqarilishi; yuqori tezlik	Yoritish va kamera infratuzilmasiga talab; nuqson namunalarni yig'ish zarurati
Digital Twin	Xavfsiz virtual sinovlar; rejimlarni oldindan optimallashtirish	Yuqori boshlang'ich xarajat; modelni dolzarb holda saqlash murakkabligi
IoT	Real vaqtdagi to'liq monitoring; ma'lumotlar bazasini shakllantirish	Kiberxavfsizlik risklari; eski uskunalarga integratsiya qiyinligi
Big Data Analytics	Yashirin qonuniyatlarni aniqlash; strategik qarorlarni asoslash	Ma'lumotlar sifati muammosi; malakali tahlilchilar taqchilligi
Edge AI	Minimal kechikish; trafik va bulut xarajatlarining kamayishi; konfidensiallik	Qurilma hisoblash quvvatining cheklanganligi; parkni yangilash xarajati

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish resurslardan samarali foydalanish hamda ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligini oshirishning muhim omili ekanligini ko'rsatdi. Sun'iy intellekt asosida ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish energiya va xomashyo sarfini kamaytirish, uskunalarining nosozliklarini oldindan aniqlash, logistika va ta'minot zanjirlarini optimallashtirish hamda mehnat unumdorligini oshirish imkonini beradi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, sun'iy intellektni ishlab chiqarish jarayonlariga integratsiya qilish natijasida korxonalarda energiya iste'moli va ishlab chiqarish tannarxi kamayadi, mahsulot sifati yaxshilanadi hamda resurslardan foydalanish samaradorligi ortadi. Ayniqsa, IoT, Big Data va mashinaviy o'qitish texnologiyalarining o'zaro integratsiyasi real vaqt rejimida qaror qabul qilishni takomillashtirib, korxonalarning raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek,

² Manba: muallif tomonidan ilmiy adabiyotlar tahlili asosida tuzilgan.

O'zbekiston sanoat korxonalarida sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish uchun salmoqli imkoniyatlar mavjudligi aniqlandi. Biroq ushbu jarayonni jadallashtirish uchun raqamli infratuzilmani rivojlantirish, malakali mutaxassislarni tayyorlash, ma'lumotlar bazalarini takomillashtirish hamda korxonalarni innovatsion texnologiyalarni joriy etishga rag'batlantirish zarur.

Xulosa qilib aytganda, sun'iy intellekt sanoat korxonalarida resurslardan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishning eng istiqbolli vositalaridan biri hisoblanadi. Mazkur texnologiyalarni keng joriy etish mamlakat sanoatining barqaror rivojlanishi, xalqaro bozorlardagi raqobatbardoshligini kuchaytirish hamda milliy iqtisodiyotning innovatsion taraqqiyotini ta'minlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Russell, S., & Norvig, P. (2022). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed., global ed.). Pearson.
2. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W. W. Norton & Company.
3. Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. Harvard Business Review, 93(10), 96–114.
4. Schwab, K. (2017). The fourth industrial revolution. Crown Business.
5. Davenport, T. H., & Mittal, N. (2023). All-in on AI: How smart companies win big with artificial intelligence. Harvard Business Review Press.
6. Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2022). Power and prediction: The disruptive economics of artificial intelligence. Harvard Business Review Press.
7. McKinsey Global Institute. (2024). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier (updated ed.). McKinsey & Company.
8. World Economic Forum. (2025). Global Lighthouse Network: Adopting AI at speed and scale. WEF.
9. OECD. (2024). The impact of artificial intelligence on productivity, distribution and growth (OECD Artificial Intelligence Papers No. 15). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>
10. UNIDO. (2024). Industrial Development Report 2024: Turning challenges into sustainable solutions. United Nations Industrial Development Organization.
11. World Bank. (2024). Digital progress and trends report 2023. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-2049-6>
12. International Energy Agency. (2025). Energy and AI (World Energy Outlook special report). IEA.
13. Deloitte. (2024). Predictive maintenance and the smart factory: Making maintenance smarter. Deloitte Insights.
14. PwC. (2025). AI predictions: Industrial manufacturing perspective. PricewaterhouseCoopers.
15. Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. (2025). Generative AI at work. The Quarterly Journal of Economics, 140(2), 889–942. <https://doi.org/10.1093/qje/qjae044>