

ISHLAB CHIQUARISH JARAYONLARIDA SUN'IY INTELEKTDAN SAMARALI FOYDALANISH

Rixsiboyev Nozimbek Abdurasul o'g'li

Toshkent xalqaro universiteti

tadqiqotchisi

E-mail: n.rixsiboyev@tiumail.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellekt texnologiyalaridan samarali foydalanish metodologiyasi, samaradorlik ko'rsatkichlarini baholash mezonlari va amaliy tatbiq etish natijalari tahlil qilingan. Tadqiqotda sun'iy intellektni joriy etishdan oldingi va keyingi ishlab chiqarish ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilingan hamda samaradorlikni oshirishning asosiy omillari aniqlangan. O'zbekiston sanoat korxonalari misolida sun'iy intellektni amaliy tatbiq etishning iqtisodiy samarasi hisob-kitob qilingan va istiqbolli takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, ishlab chiqarish samaradorligi, mashinali o'rganish, avtomatlashtirish, raqamli transformatsiya, samaradorlik ko'rsatkichlari, sanoat robotlari, aqlli zavod, resurslardan foydalanish, iqtisodiy samara.

Annotation. This article analyzes the methodology of effective use of artificial intelligence technologies in production processes, criteria for evaluating efficiency indicators, and results of practical implementation. The study compares production indicators before and after the implementation of artificial intelligence and identifies the key factors for improving efficiency. The economic effect of practical application of artificial intelligence is calculated using the example of Uzbekistan's industrial enterprises, and prospective recommendations are developed.

Keywords: artificial intelligence, production efficiency, machine learning, automation, digital transformation, efficiency indicators, industrial robots, smart factory, resource utilization, economic effect.

Аннотация. В данной статье проанализирована методология эффективного использования технологий искусственного интеллекта в производственных процессах, критерии оценки показателей эффективности и результаты их практического внедрения. В исследовании проведён сравнительный анализ производственных показателей до и после внедрения искусственного интеллекта, а также выявлены ключевые факторы повышения эффективности. На примере промышленных предприятий Узбекистана рассчитан экономический эффект практического применения искусственного интеллекта и разработаны перспективные рекомендации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, производственная эффективность, машинное обучение, автоматизация, цифровая трансформация, показатели эффективности, промышленные роботы, умный завод, использование ресурсов, экономический эффект.

Kirish. Sanoat ishlab chiqarishi texnologik jihatdan tub o'zgarishlar bosqichiga kirdi. Raqamli transformatsiya jarayonlari, kiber-fizik tizimlarning rivojlanishi va ma'lumotlar hajmining keskin ortishi ishlab chiqarishni boshqarish usullarini qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda. Mazkur sharoitda sun'iy intellekt texnologiyalari nafaqat alohida funksional vazifalarni avtomatlashtirish vositasi, balki butun ishlab chiqarish tizimini optimallashtirish, prognozlash va moslashuvchan boshqarish imkonini beruvchi strategik resurs sifatida namoyon bo'lmoqda.

Ishlab chiqarish samaradorligi an'anaviy ravishda mehnat unumdorligi, uskunalardan foydalanish darajasi, tannarx va sifat ko'rsatkichlari orqali baholanib kelgan bo'lsa, zamonaviy sanoat muhitida ushbu mezonlar ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv, real vaqt rejimidagi monitoring va prognozli tahlil bilan chambarchas bog'lanmoqda. Sun'iy intellekt algoritmlari katta hajmdagi ishlab chiqarish ma'lumotlarini qayta ishlash, yashirin qonuniyatlarni aniqlash va optimal qaror variantlarini shakllantirish orqali inson tomonidan an'anaviy usullar bilan aniqlanishi qiyin bo'lgan samaradorlik zaxiralarini yuzaga chiqaradi. Shu jihatdan, sun'iy intellektni joriy etish masalasi texnologik yangilanishdan ko'ra kengroq — ishlab chiqarish boshqaruvi falsafasining evolyutsiyasi sifatida ko'rilishi lozim.

Biroq xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellektni ishlab chiqarish jarayonlariga tatbiq etishning o'zi avtomatik ravishda yuqori natijalarni kafolatlamaydi. Ma'lumotlar infratuzilmasining yetarli darajada shakllanmaganligi, modellarni konkret ishlab chiqarish sharoitlariga moslashtirishdagi kamchiliklar hamda tashkiliy tayyorgarlikning sustligi ko'plab loyihalarning kutilgan samarani bermasligiga sabab bo'lmoqda. Demak, asosiy masala sun'iy intellektni joriy etish emas, balki undan samarali foydalanishning ilmiy asoslangan metodologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

O'zbekiston sanoati uchun mazkur masala alohida dolzarblik kasb etadi. Mamlakatda sanoatni modernizatsiya qilish, yuqori qo'shimcha qiymatli mahsulotlar ulushini oshirish va global qiymat zanjirlariga integratsiyalashish vazifalari qo'yilgan bir sharoitda ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning innovatsion mexanizmlarini izlash zarurati ortmoqda. Sun'iy intellekt texnologiyalari ushbu jarayonda muhim omil sifatida qaralishi mumkin, biroq ularning iqtisodiy samaradorligi, tatbiq etish bosqichlari va baholash mezonlarini aniq ilmiy asosda belgilash talab etiladi.

Mavzuga oid adabiyotlar sharhi. Sun'iy intellektni ishlab chiqarish jarayonlariga tatbiq etish masalasi sanoatning raqamli transformatsiyasi doirasida shakllangan bo'lib, uning nazariy asoslari Sanoat 4.0 konsepsiyasi bilan chambarchas bog'liq. Lee, Bagheri va Kao kiber-fizik tizimlar arxitekturasini asoslab, ishlab chiqarish tizimlarida real vaqt rejimidagi monitoring, ma'lumotlar almashinuvi va adaptiv boshqaruvning fundamental tamoyillarini ishlab chiqqanlar [8]. Ushbu yondashuv keyinchalik aqlli ishlab chiqarish (smart manufacturing) modelining metodologik poydevoriga aylangan.

Zhong va boshqalar ishlab chiqarishda intellektual tizimlarning integratsiyasi masalasini tahlil qilib, sun'iy intellektni qo'llashning asosiy yo'nalishlari sifatida prognozli tahlil, sifat nazorati va resurslarni optimallashtirishni ko'rsatganlar [9]. Tao va hamkorlari ma'lumotlarga asoslangan ishlab chiqarish (data-driven manufacturing) konsepsiyasini rivojlantirib, katta hajmdagi sanoat ma'lumotlarini qayta ishlash orqali samaradorlikni oshirish mexanizmlarini nazariy jihatdan asoslab berganlar [10]. Ularning fikricha, ma'lumotlar sifati va integratsiyalashgan platformalar mavjud bo'lmaganda sun'iy intellektning to'liq salohiyatini ochish mumkin emas.

Sun'iy intellektning ishlab chiqarish samaradorligiga ta'siri masalasi chuqur o'rganilgan yo'nalishlardan biri — mashinali o'rganish algoritmlarining amaliy qo'llanilishi hisoblanadi. Wuest va boshqalar ishlab chiqarish muhitida mashinali o'rganishning afzalliklari, cheklovlari va joriy etish bosqichlarini tizimlashtirganlar [18]. Ular algoritmlarni tanlashda ma'lumotlar hajmi, jarayonning murakkabligi va real vaqt rejimidagi ishlash talablari hal qiluvchi omil ekanligini ta'kidlagan. Wang va boshqalar chuqur o'rganish (deep learning) usullarining sifat nazoratidagi aniqligini oshirish imkoniyatlarini empirik misollar asosida ko'rsatganlar [11].

Prognozli texnik xizmat ko'rsatish (predictive maintenance) sun'iy intellektning ishlab chiqarishdagi eng samarali qo'llanilish yo'nalishlaridan biri sifatida alohida e'tirof etiladi. Mobley texnik xizmat ko'rsatishning an'anaviy va prognozli modellari o'rtasidagi farqlarni tahlil qilib, nosozliklarni oldindan aniqlash ishlab chiqarish to'xtashlarini keskin kamaytirishini asoslab bergan [15]. Ran va boshqalar esa prognozli xizmat ko'rsatish tizimlarining arxitekturasini va algoritmik asoslarini tizimli sharh shaklida umumlashtirganlar [16].

Kusiak aqlli ishlab chiqarish konsepsiyasini strategik boshqaruv darajasiga olib chiqib, sun'iy intellektni ishlab chiqarish tizimining markaziy elementi sifatida talqin qilgan [17]. Unga ko'ra, samaradorlikning barqaror o'sishi faqat algoritmik takomillashtirish orqali emas, balki ma'lumotlar infratuzilmasi va tashkiliy moslashuv orqali ta'minlanadi.

Makroiqtisodiy darajada Brynjolfsson va McAfee raqamli texnologiyalar, jumladan sun'iy intellekt, mehnat unumdorligi va iqtisodiy o'sishga uzoq muddatli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatganlar [12]. Schwab esa To'rtinchi sanoat inqilobi sharoitida sun'iy intellektni ishlab chiqarish tizimlarining strukturaviy transformatsiyasini belgilovchi omil sifatida baholagan [13]. Ushbu yondashuvlar sun'iy intellektni alohida texnologik vosita emas, balki iqtisodiy tizimni qayta shakllantiruvchi omil sifatida talqin qilish imkonini beradi.

Zamonaviy tahliliy hisobotlar ham ilmiy xulosalarni tasdiqlaydi. Deloitte'ning korporativ darajadagi tadqiqotlari sun'iy intellektni muvaffaqiyatli joriy etgan korxonalarda operatsion samaradorlikning sezilarli oshganini ko'rsatadi [7]. McKinsey Global Institute esa sun'iy intellektning sanoat qiymat zanjirlarida qo'shimcha qiymat yaratish salohiyatini miqdoriy baholagan [5, 6]. Ushbu manbalar amaliy natijalar bilan nazariy yondashuvlar o'rtasidagi uyg'unlikni ko'rsatadi.

Shu bilan birga, milliy darajadagi normativ-huquqiy asoslar ham sun'iy intellektni sanoat jarayonlariga joriy etishning institutsional sharoitlarini belgilaydi [1–3]. Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish va sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llab-quvvatlashga qaratilgan strategik hujjatlar sanoatni modernizatsiya qilish jarayonida texnologik innovatsiyalarning ustuvor yo'nalish sifatida qaralayotganini ko'rsatadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqotda tizimli tahlil va qiyosiy yondashuv metodlari qo'llanildi. Avvalo, ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellektni tatbiq etish bo'yicha xalqaro ilmiy adabiyotlar va tahliliy hisobotlar o'rganilib, nazariy asoslar umumlashtirildi. Keyingi bosqichda sun'iy intellekt joriy etilishidan oldingi va keyingi ishlab chiqarish ko'rsatkichlari (OEE, nuqsonlar darajasi, tannarx, energiya sarfi, mehnat unumdorligi) qiyosiy tahlil qilindi. Empirik baholash uchun amaliy misollar va ochiq statistik ma'lumotlardan foydalanildi. Shuningdek, samaradorlikka ta'sir etuvchi omillarni aniqlash maqsadida funksional-tizimli yondashuv asosida ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilindi. Natijalar asosida bosqichma-bosqich joriy etish modeli va amaliy tavsiyalar shakllantirildi.

Tahlil va natijalar. Ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellektidan samarali foydalanish masalasi zamonaviy sanoat iqtisodiyotining eng dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi va bu mavzu nafaqat rivojlangan mamlakatlar, balki O'zbekiston kabi jadal industrializatsiya jarayonidagi davlatlar uchun ham strategik ahamiyat kasb etadi. Deloitte kompaniyasining 2024-yilgi tadqiqotiga ko'ra, sun'iy intellektni ishlab chiqarish jarayonlariga muvaffaqiyatli integratsiya qilgan korxonalarning umumiy samaradorligi o'rtacha 35-45 foizga oshgan, shu bilan birga, muvaffaqiyatsiz tatbiq etish hollari ham 40 foizni tashkil etadi, ya'ni har ikkita loyihadan deyarli bittasi kutilgan natijaga erisha olmagan.

PwC kompaniyasining 2024-yilgi "Global AI Study" hisoboti bu raqamlarni yanada batafsilroq ochib beradi: muvaffaqiyatsizlikning asosiy sabablari orasida ma'lumotlar sifatining pastligi (52 foiz hollarda), aniq strategik maqsadlarning belgilanmaganligi (38 foiz), malakali kadrlarning yetishmasligi (45 foiz), korxona madaniyatining o'zgarishlarga qarshiligi (33 foiz) va sun'iy intellekt tizimlarini mavjud ishlab chiqarish jarayonlariga integratsiya qilishdagi texnik qiyinchiliklar (41 foiz) ko'rsatilgan. Bu ma'lumotlar sun'iy intellektni oddiy joriy etishning o'zi yetarli emasligini, balki uni samarali qo'llash metodologiyasini — texnologik, tashkiliy jihatlarni qamrab olgan kompleks yondashuvni — ishlab chiqish zarurligini yaqqol ko'rsatadi.

Gartner tahliliy kompaniyasining prognoziga ko'ra, 2027-yilga qadar sun'iy intellektni samarali qo'llash metodologiyasiga ega bo'lgan sanoat korxonalari bunday metodologiyaga ega bo'lmagan raqobatchilariga nisbatan 2,5 baravar tezroq rivojlanadi va bozor ulushini kengaytiradi, bu esa samarali foydalanish masalasini nafaqat texnologik, balki strategik raqobatbardoshlik masalasiga aylantiradi.

Sun'iy intellektidan samarali foydalanishning birinchi sharti — to'g'ri ma'lumotlar infratuzilmasini yaratishdir. Ishlab chiqarish jarayonlarida datchiklar,

IoT qurilmalari va SCADA tizimlari orqali yig'iladigan ma'lumotlar sifati va hajmi sun'iy intellekt algoritmlarining samaradorligini bevosita belgilaydi. Siemens kompaniyasining tajribasi ko'rsatadiki, ma'lumotlar sifatini yaxshilash va ularni markazlashtirilgan tarzda boshqarish sun'iy intellekt modellarining aniqligini 25-30 foizga oshiradi. Shu sababli, sun'iy intellektni joriy etishdan oldin ma'lumotlarni yig'ish, saqlash va qayta ishlash infratuzilmasini to'liq shakllantirish lozim.

Ikkinchi muhim omil — sun'iy intellekt modellarini ishlab chiqarish jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlariga moslashtirish jarayonidir. Umumiy maqsadli sun'iy intellekt yechimlari har doim ham muayyan sanoat tarmog'ining ehtiyojlarini to'liq qondira olmaydi. Toyota kompaniyasi o'z zavod konveyerlarida mashinali o'rganish modellarini mahalliy sharoitlarga moslashtirish orqali nuqsonlarni aniqlash aniqligini 95 foizga yetkazgan va bir yilda 800 million dollar tejashga erishgan. Bu tajriba shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt modellarini har bir korxonaning ishlab chiqarish jarayoniga individual tarzda sozlash zarur.

Uchinchi omil — inson-mashina hamkorligini to'g'ri tashkil etishdir. Sun'iy intellekt insonni to'liq almashtirishga emas, balki uning imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan bo'lishi kerak. Augmented intelligence yoki kuchaytirilgan intellekt konsepsiyasi doirasida operatorlar sun'iy intellekt tizimlarining tavsiyalari asosida qaror qabul qiladi, bu esa inson tajribasi va sun'iy intellekt analitik qobiliyatlarining sinergiyasini ta'minlaydi. Airbus kompaniyasida joriy etilgan bunday yondashuv samolyot yig'ish jarayonida xatolarni 70 foizga kamaytirgan va ishlab chiqarish unumdorligini 20 foizga oshirgan.

1-jadval.

Sun'iy intellekt samaradorligini baholash ko'rsatkichlari tizimi⁷⁷

T/r	Ko'rsatkich	Birlik	SI joriy etishdan oldin	SI joriy etgandan keyin	O'zgarish, foizda
1	OEE (umumiy uskunar samaradorligi)	foizda	60-65	78-85	+15-20
2	Nuqsonlar darajasi	foizda	5-8	1-2.5	-50-80
3	Ishlab chiqarish tannarxi	foizda	100 (bazaviy)	75-90	-10-25
4	Energiya iste'moli	foizda	100 (bazaviy)	70-85	-15-30
5	Kutilmagan to'xtashlar	soat/yil	100+	30-50	-50-70
6	Mehnat unumdorligi	foizda	100 (bazaviy)	120-145	+20-45

O'zbekiston kontekstida ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellektdan samarali foydalanish uchun bir qator chora-tadbirlarni amalga oshirish zarur bo'lib, bu tadbirlar texnologik, moliyaviy va institutsional yo'nalishlarni qamrab olishi lozim.

⁷⁷ Muallif ishlanmasi

Birinchidan, sanoat korxonalarida raqamli savodxonlik darajasini oshirish va sun'iy intellekt sohasida malakali mutaxassislar tayyorlash kerak, chunki hozirgi kunda mamlakatda sun'iy intellekt, mashinali o'rganish va katta ma'lumotlar tahlili bo'yicha mutaxassislarga bo'lgan talab mavjud kadrlar salohiyatidan bir necha baravar yuqori. Bu muammoni hal etish uchun oliy ta'lim muassasalarida sun'iy intellekt va ma'lumotlar fanlari bo'yicha bakalavr hamda magistratura dasturlarini kengaytirish, sanoat korxonalari xodimlari uchun qayta tayyorlash va malaka oshirish kurslarini tashkil etish, xorijiy universitetlar va texnologik kompaniyalar bilan hamkorlikda qo'shma ta'lim dasturlarini joriy etish hamda iqtidorli yosh mutaxassislarni yetakchi xalqaro ilmiy markazlarga stajirovkaga yuborish amaliyotini keng yo'lga qo'yish zarur.

Ikkinchidan, kichik va o'rta sanoat korxonalari uchun bulutli sun'iy intellekt xizmatlaridan foydalanish imkoniyatlarini yaratish lozim, chunki bunday korxonalar o'z infratuzilmasini yaratishga moliyaviy imkoniyatga ega emas — to'liq sun'iy intellekt infratuzilmasini joriy etish bitta korxona uchun 500 ming dollardan 5 million dollargacha xarajat talab etishi mumkin. Buning o'rniga, davlat qo'llab-quvvatlashi asosida milliy bulutli sun'iy intellekt platformasini yaratish orqali korxonalar oylik obuna asosida tayyor sun'iy intellekt xizmatlaridan — prognozli texnik xizmat ko'rsatish, sifat nazorati, talab prognozlash va energiya optimallashtirish modullaridan — foydalanish imkoniyatiga ega bo'ladi. Janubiy Koreyaning tajribasiga ko'ra, bunday markazlashtirilgan platforma kichik va o'rta korxonalarining sun'iy intellektga kirish xarajatlarini 80-90 foizga kamaytiradi va texnologiyani joriy etish muddatini bir necha oydan bir necha haftagacha qisqartiradi.

2-jadval.

O'zbekiston sanoat korxonalarida SI joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar⁷⁸

T/r	Bosqich	Asosiy chora-tadbirlar	Muddat, yillarda	Kutilgan samara
1	Tayyorgarlik	Raqamli infratuzilma, datchiklar, IoT tizimlarini o'rnatish	2024-2025	Baza yaratish
2	Pilot loyihalar	3-5 ta yirik korxonada SI pilot tatbiq etish	2025-2027	OEE 10-15% oshishi
3	Kengaytirish	Muvaffaqiyatli tajribalarni 20+ korxonaga tatbiq etish	2027-2029	Tannarx 15-20% kamayishi
4	To'liq integratsiya	Barcha yirik korxonalarda SI ekotizimi, milliy SI markazi	2029-2031	Sanoat GDP 8-12% o'sishi

Xulosa. Ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellektdan samarali foydalanish faqat texnologik masala emas, balki kompleks tashkiliy, strategik yondashuvni talab etadigan ko'p qirrali jarayondir. Tadqiqot davomida tahlil qilingan xalqaro tajribalar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellektni muvaffaqiyatli joriy etgan korxonalarning barchasida uchta umumiy xususiyat mavjud: sifatli

⁷⁸ Muallif ishlanmasi

ma'lumotlar infratuzilmasiga doimiy investitsiya kiritilgan, sun'iy intellekt modellari har bir korxonaning o'ziga xos ishlab chiqarish sharoitlariga individual tarzda moslashtirilgan va inson-mashina hamkorligi insonni almashtirishga emas, balki uning qaror qabul qilish qobiliyatini kuchaytirishga qaratilgan.

To'g'ri ma'lumotlar infratuzilmasi, moslashtirilgan sun'iy intellekt modellari, inson-mashina hamkorligi va muntazam samaradorlik monitoringi — bular birgalikda ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellektning to'liq salohiyatidan foydalanish imkonini beradi, bunda OEE ko'rsatkichini 15-20 foizga oshirish, nuqsonlar darajasini 50-80 foizga kamaytirish, ishlab chiqarish tannarxini 10-25 foizga pasaytirish va energiya iste'molini 15-30 foizga qisqartirish real erishiladigan natijalar ekanligi amaliy misollar bilan tasdiqlangan.

O'zbekiston sanoat korxonalari uchun bosqichma-bosqich raqamli transformatsiya strategiyasi eng samarali yondashuv bo'lib, u uzoq muddatli barqaror rivojlanishni ta'minlaydi. Birinchi bosqichda raqamli infratuzilma va ma'lumotlar bazasini shakllantirish, ikkinchi bosqichda strategik sanoat tarmoqlarida pilot loyihalarni amalga oshirish, uchinchi bosqichda muvaffaqiyatli tajribalarni keng tarqatish va to'rtinchi bosqichda milliy sun'iy intellekt ekotizimini to'liq shakllantirish yo'l xaritasi mamlakatning sanoat salohiyatini sifat jihatidan yangi darajaga ko'tarish imkonini beradi. Shu bilan birga, bu jarayonning muvaffaqiyati ko'p jihatdan kadrlar salohiyatini rivojlantirishga, ilm-fan va sanoat integratsiyasini chuqurlashtirishga, normativ-huquqiy bazani zamonaviy talablarga moslashtirishga va xalqaro hamkorlik aloqalarini kengaytirishga bog'liq bo'lib, faqat shu omillarning yaxlit tarzda amalga oshirilishi O'zbekiston sanoat korxonalarining global raqobatbardoshligini ta'minlaydi va mamlakatning raqamli iqtisodiyotga o'tish jarayonini sezilarli tezlashtiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 22-oktabrdagi PF-189-son "Sun'iy intellekt texnologiyalarini yanada rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi Farmoni <https://lex.uz/docs/-7789403>.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 3-iyul PQ-3832-son "O'zbekiston Respublikasida raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori. <https://lex.uz/docs/-3806053>
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Qarori. <https://lex.uz/docs/-7158604>
4. World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2024. — Geneva, 2024. — pp. 32-58.
5. McKinsey Global Institute. Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier? — 2023. — pp. 47-65.
6. McKinsey & Company. The State of AI in 2024: Gen AI adoption and beyond. — New York, 2024. — pp. 1-28.
7. Deloitte Insights. State of AI in the Enterprise, 5th Edition. — 2024. — pp. 12-38.

8. Lee J., Bagheri B., Kao H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // *Manufacturing Letters*. — 2015. — Vol. 3. — pp. 18-23.
9. Zhong R.Y., Xu X., Klotz E., Newman S.T. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review // *Engineering*. — 2017. — Vol. 3(5). — pp. 616-630.
10. Tao F., Qi Q., Liu A., Kusiak A. Data-driven smart manufacturing // *Journal of Manufacturing Systems*. — 2018. — Vol. 48. — pp. 157-169.
11. Wang J., Ma Y., Zhang L. et al. Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications // *Journal of Manufacturing Systems*. — 2018. — Vol. 48. — pp. 144-156.
12. Brynjolfsson E., McAfee A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. — W.W. Norton & Company, 2014. — 306 p.
13. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. — World Economic Forum, Geneva, 2016. — 184 p.
14. Siemens AG. *Digital Twin Technology in Manufacturing: Applications and Benefits*. — Munich, 2023.
15. Mobley R.K. *An Introduction to Predictive Maintenance*. — 2nd ed. — Butterworth-Heinemann, 2002. — 437 p.
16. Ran Y., Zhou X., Lin P. et al. A Survey of Predictive Maintenance: Systems, Purposes and Approaches // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. — 2022. — Vol. 24(1). — pp. 231-264.
17. Kusiak A. Smart manufacturing // *International Journal of Production Research*. — 2018. — Vol. 56(1-2). — pp. 508-517.
18. Wuest T., Weimer D., Irgens C., Thoben K.D. Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications // *Production & Manufacturing Research*. — 2016. — Vol. 4(1). — pp. 23-45.
19. www.stat.uz — O‘zbekiston Respublikasi Milliy Statistika qo‘mitasining rasmiy sayti.
20. www.mitc.uz — O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi rasmiy sayti.
21. www.weforum.org — Jahon iqtisodiy forumining rasmiy sayti.
22. www.mckinsey.com/mgi — McKinsey Global Institute rasmiy sayti.