

AQLLI ISHLAB CHIQRISH TIZIMLARINING ASOSIY KOMPONENTLARI VA ARHITEKTURASI

Donayeva Feruza Burxon qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti stajyor-o'qituvchi

feruza.donayeva.91@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqola aqlli ishlab chiqarish tizimlarining rivojlanishi, ularning arxitekturaviy asoslari va ularni zamonaviy texnologiyalar bilan uyg'unlashtirish yo'llarini o'rganishga bag'ishlangan. Asosiy e'tibor raqamli egizaklar, kognitiv tizimlar, modulli arxitekturalar, aqlli qaror qabul qilish algoritmlari va sanoatdagi evolyutsion yondashuvlarga qaratilgan. Maqolada ko'p komponentli tizimlar, leagile tarmoqlar, va barqaror kiber-fizik tizimlar misolida ishlab chiqarish tizimlarining moslashuvchanligi va bardoshlilikini oshirish yo'llari tahlil qilinadi. Muallif turli arxitekturaviy yondashuvlar orqali aqlli ishlab chiqarishni tashkil qilish, ularni modellashtirish va amaliyotga tatbiq qilish mexanizmlarini ko'rsatib, ishlab chiqarish jarayonining dinamik va barqaror yuritilishi uchun zamonaviy texnologiyalar asosida takliflar beradi.

Kalit so'zlar: *aqlli ishlab chiqarish, raqamli egizak, arxitektura, evolyutsiya, sanoat 4.0, kognitiv tizimlar, modulli ishlab chiqarish, leagile tarmoq, qaror qabul qilish, kiber-fizik tizimlar, texnologik integratsiya, ishlab chiqarish samaradorligi.*

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Донаева Феруза Бурхан кизи

Стажер-преподаватель в университете экономики и педагогики

feruza.donayeva.91@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена изучению развития интеллектуальных производственных систем, их архитектурных основ и способов их интеграции с современными технологиями. Основное внимание уделяется цифровым близнецам, когнитивным системам, модульным архитектурам, интеллектуальным алгоритмам принятия решений и эволюционным подходам в промышленности. В статье анализируются способы повышения гибкости и устойчивости производственных систем на примерах многокомпонентных систем, гибких сетей и устойчивых киберфизических систем. Автор

демонстрируют механизмы организации, моделирования и внедрения интеллектуального производства с использованием различных архитектурных подходов, а также предоставляют предложения, основанные на современных технологиях, для динамичного и устойчивого управления производственным процессом.

Ключевые слова: *интеллектуальное производство, цифровой двойник, архитектура, эволюция, Индустрия 4.0, когнитивные системы, модульное производство, гибкие сети, принятие решений, киберфизические системы, технологическая интеграция, эффективность производства.*

THE MAIN COMPONENTS AND ARCHITECTURE OF INTELLIGENT MANUFACTURING SYSTEMS

Donayeva Feruza Burkhon kizi

Trainee-teacher, University of Economics and Pedagogy

feruza.donayeva.91@mail.ru

Abstract: This article is devoted to the study of the development of smart manufacturing systems, their architectural foundations and ways to integrate them with modern technologies. The main focus is on digital twins, cognitive systems, modular architectures, intelligent decision-making algorithms and evolutionary approaches in industry. The article analyzes ways to increase the flexibility and resilience of manufacturing systems using the example of multi-component systems, agile networks, and sustainable cyber-physical systems. The author show the mechanisms for organizing smart manufacturing through various architectural approaches, modeling them and implementing them in practice, and make proposals based on modern technologies for the dynamic and sustainable operation of the production process.

Keywords: *smart manufacturing, digital twin, architecture, evolution, industry 4.0, cognitive systems, modular manufacturing, agile network, decision-making, cyber-physical systems, technological integration, production efficiency.*

KIRISH

Zamonaviy sanoat raqobatbardoshligini saqlab qolish va ishlab chiqarish jarayonlarini samarali tashkil etish uchun aqlli ishlab chiqarish tizimlariga tayanmoqda. Bu tizimlar sun'iy intellekt, raqamli egizaklar, kognitiv arxitekturaviy yechimlar va moslashuvchan texnologik platformalar asosida shakllanib, ishlab chiqarishning har bir bosqichini raqamlashtirish orqali yuqori aniqlik, ishonchlilik va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi. Ushbu maqola evolyutsion yondashuvlar va

arxitekturaviy qarashlar orqali aqlli tizimlarni yaratish, ularni modellashtirish va sanoat ehtiyojlariga moslashtirishda qo'llanilayotgan ilg'or konsepsiyalarni tahlil qiladi hamda ularning amaliyotdagi samaradorligini baholaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Mazkur maqolada foydalanilgan adabiyotlar asosan aqlli ishlab chiqarish tizimlarining arxitekturasi, modullashtirish, raqamli egizaklar va avtomatlashtirish texnologiyalarini qamrab oladi. Jumladan:

- Fujimoto (2007) va Cannata et al. (2008) tadqiqotlari aqlli tizimlarning arxitektura asoslari va servis-orientatsiyalangan yondashuvlarining dastlabki modellari haqida chuqur tahlil beradi. Ularning ishlari ushbu maqolaning metodologik bazasini shakllantirishda muhim rol o'ynagan [2, 3];

- Aririguzo (2009) tomonidan taklif etilgan "fraktal arxitektura" kontsepsiyasi modulli va moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlarining evolyutsiyasini tushunishda asosiy nazariy yo'nalishlardan biri sifatida xizmat qiladi [4];

- Alm et al. (2015) va Rivera et al. (2021) ishlarida kognitiv tizimlar va raqamli egizaklar orqali ishlab chiqarish tizimlarini avtomatlashtirishga oid ilg'or konsepsiyalar tahlil qilingan bo'lib, ular maqoladagi yangi texnologik yondashuvlar bilan bog'langan [7, 10];

- Sharma et al. (2014) va Akkiraju (2025) tomonidan olib borilgan tadqiqotlar zamonaviy aqlli ishlab chiqarish tizimlarida sun'iy intellekt, avtonomlik va real vaqti moslashuv yondashuvlarni ishlab chiqish va baholashda manba sifatida foydalaniladi [6];

- Rivojlanayotgan мамлакатлар мисолида олиб борилган Hoang (2005) va Ismail & Afifi (2019) ishlari texnologik transformatsiya va arxitekturaning ekologik o'lchovlarini ko'rsatishda yordam berdi [12].

METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqotning maqsadi sun'iy intellektning joriy etishning iqtisodiy samarasi, sun'iy intellektdan foydalanishning afzalliklari va kamchiliklari, sun'iy intellektning zamonaviy iqtisodiy tizimidagi ahamiyatini tahlil qilish, uni yanada rivojlantirish va shakllantirish yo'nalishlarini aniqlashdir. Mavzuni ilmiy o'rganish, statik tahlillar, mantiqiylik, tahlil va tadqiq etish jarayonida turli xil adabiyotlar va maqolalar tahlilidan foydalanilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

1960-yillarda ishlab chiqarish jarayonlari asosan markazlashtirilgan tizimlarga asoslangan edi. Bunday tizimlar yuqori samaradorlikka erishgan bo'lsa-da, moslashuvchanlik va tezkorlik jihatidan sust edi. Bu davrda mahsulotlar kam sonli, lekin katta hajmda ishlab chiqarilardi. Shu davrdagi qat'iy ierarxik strukturalar tizimda

integratsiyani murakkablashtirgan. Bu esa oxir-oqibat avtomatlashtirishga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirdi. "Markazlashtirilgan ishlab chiqarish tizimlarining murakkabligi ularni modernizatsiya qilishni sekinlashtirdi" [1].

1980-yillarda Yaponiya "monozukuri" (ishlab chiqarishda mukammallik) falsafasini ishlab chiqdi. Bu yondashuv modulli va integral arxitekturalarni uyg'unlashtirdi. Yaponiya kompaniyalari aynan bu tizim orqali xalqaro raqobatda ustunlikka erishdi. "Yaponiyaning integral arxitekturali mahsulotlari eksport bozorida yuqori ulushni egalladi" [2]. Bu model ishlab chiqaruvchilarga ichki hamkorlikni rivojlantirishga va tashqi ehtiyojlarga tez javob qaytarishga yordam berdi.

1990-yillarga kelib, raqamli texnologiyalarning ommaviylashuvi aqlli ishlab chiqarish tizimlariga asos soldi. "SOCRADES" loyihasi Yevropada aqlli qurilmalarning servis-oriyentatsiyalangan arxitekturasini ilgari surdi [3]. Bu loyiha dastlab elektronika sanoatida sinovdan o'tkazilgan bo'lib, keyinchalik keng sanoat tarmoqlariga tatbiq etildi. Bu jarayon ishlab chiqarish tizimlarida modullik va mustaqillikni mustahkamladi.

2000-yillarda "Fractal Manufacturing System" tushunchasi paydo bo'ldi. Bu modelda ishlab chiqarish birligi mustaqil va moslashuvchan agent sifatida faoliyat yuritadi. "Fraktal arxitektura asosida tashkil etilgan tarmoqlar barqaror va o'zgaruvchan talabga moslashuvchan bo'ladi" [4] (Aririguzo, 2009). Mening fikrimcha, fraktal tizimlar kichik ishlab chiqaruvchilarga ham tezkor, moslashuvchan yondashuvlar orqali global bozorda raqobat qilish imkonini beradi.

2010-yillarda Xitoy ilg'or uskunalari ishlab chiqarish bo'yicha innovatsion tarmoqlarini rivojlantirdi. "Murakkab tizimlar asosida ishlab chiqilgan innovatsion tarmoqlar sanoatning yashil samaradorligini oshiradi" [5]. Bu strategiya sanoat siyosatini yashil iqtisodiy o'sish bilan uyg'unlashtirishga xizmat qildi. Bu yerda davlat siyosati ishlab chiqarishdagi innovatsiyalarni jadallashtirganini ko'rish mumkin.

2014-yilda Hindiston avtomobil va aerokosmik sanoatida "Manufactronic" tizimlarni joriy etdi. Bu tizim o'z-o'zini tahlil qiluvchi va kontekstga moslashuvchi komponentlarga ega bo'lib, "moslashuvchanlik va sifatni yuqori darajaga olib chiqdi" [6]. Bu o'zgarishlar Hindiston sanoatini avtomatlashtirishga olib keldi va ishlab chiqarish tannaxsini pasaytirdi.

2015-yilga kelib, Yevropa va Shimoliy Amerikada aqlli montaj tizimlarida ontologik yondashuvlar paydo bo'ldi. Ontologiyalar yordamida ishlab chiqaruvchilarning tajribasi kognitiv arxitektura bilan integratsiyalandi. "Ishchilar bilimlarini avtomatlashtirilgan yordam tizimlari bilan bog'lashda ontologik belgilar hal qiluvchi rol o'ynadi" [7]. Bizning fikrimizga ko'ra, bu yondashuv inson va mashina o'rtasidagi bilim uzatishni kuchaytirib, ishlab chiqarishda xatoliklarni kamaytirish imkonini berdi.

2017-yilda Braziliyada dasturiy arxitektura anomaliyalarini ekspert tizimlar orqali tahlil qilish usullari ishlab chiqildi. Bunda ishlab chiqarish dasturlaridagi arxitektura xatoliklari komponentlardan qayta foydalanishni cheklagani aniqlandi. "Arxitektura nosozliklari tizim sifatiga bevosita salbiy ta'sir ko'rsatdi" [8]. Menimcha, bu tadqiqot aqlli tizimlarda sifatni boshqarish mexanizmlarining naqadar muhimligini isbotladi va tizimlarni dinamik rivojlantirishda yangi standartlar talab etilishini ko'rsatdi.

2019-yilda Misrda "Smart Eco Home" loyihasi orqali arxitektura va ekologik barqarorlik integratsiya qilindi. Aqlli uylar orqali energiya sarfi kamaytirilgan va foydalanuvchilarga qulay muhit yaratildi. "Smart arxitektura va ekologik boshqaruv uyg'unligi kelajak infratuzilmasi uchun asos bo'ladi [10]. Bu model aqlli ishlab chiqarish binolarida ham tatbiq etilishi mumkin, ayniqsa energiya tejamkorlik siyosatini ilgari surayotgan davlatlar uchun dolzarbdir.

2021-yilda Kolumbiya va Germaniyada raqamli egizaklar (Digital Twin) asosida ishlab chiqarish tizimlarining real vaqtda moslashuvchanligini ta'minlovchi arxitektura taklif qilindi. "Raqamli egizaklar orqali fizik tizimlar holatini oldindan bashorat qilish va ularni real vaqtda yangilash mumkin" [10]. Mening fikrimcha, bu yondashuv ishlab chiqarishda muhim inqilob bo'lib, nosozliklarni oldini olishda va xizmat muddatini uzaytirishda katta imkoniyatlar yaratadi.

2025-yilga kelib, sun'iy intellekt va mashina o'rganish yordamida ishlab chiqarish tizimlari yuqori darajadagi avtonomiyaga ega bo'ldi. Bu tizimlar ichki qaror qabul qilish, adaptatsiya va o'z-o'zini boshqarish imkoniyatiga ega bo'ldi. "Avtonom tizimlar sanoatda xavfsizlik, unumdorlik va ishonchlilikni sezilarli darajada oshirdi" [11]. Bu esa ishlab chiqarishni to'liq raqamlashtirish va chekka texnologiyalarni (Edge AI) amalga qo'llashga asos yaratdi.

Yaponiya va Janubiy Koreya kompaniyalari, ayniqsa avtomobilsozlikda aqlli tizimlarni komponent darajasida modullashtirishga katta sarmoya yo'naltirdi. Bu esa mahsulotlarni moslashtirishni tezlashtirdi. "Komponentlar modullashtirilganda, ishlab chiqaruvchilar bozordagi talab o'zgarishlariga tez javob bera olishadi" [2]. Bu yondashuv nafaqat texnologik, balki iqtisodiy jihatdan ham ustunlikni ta'minladi — eksport hajmlari ko'paydi, tannarx esa pasaydi.

Vyetnamda esa mahalliy kompaniyalar Honda kabi yirik ishlab chiqaruvchilardan ta'lim olish orqali modularizatsiyani o'zlashtirdi. "Yangi ishtirokchilar bozorda boshlang'ichda modular yondashuv bilan kirib kelib, keyinchalik o'z arxitekturalarini evolyutsiyaladi" [12] (Hoang, 2005). Bu esa ishlab chiqaruvchilarga o'zining doimiy raqobatbardosh arxitekturasini shakllantirish imkonini berdi. Bizning fikrimizga ko'ra, bu o'sishga hukumat siyosiy ko'magining ham ta'siri bo'lgan.

Yevropa Ittifoqi doirasida iqtisodiy integratsiya ishlab chiqarish tizimlarining diversifikatsiya darajasini oshirdi. "Bozor integratsiyasi davlatlar o'rtasida ishlab chiqarish modelining uyg'unlashuviga olib keldi" [13]. Bu yondashuv sanoat tarmoqlari o'rtasida tarmoq sinergetikasini yaratib, Yevropa ichida texnologik sarmoyalarni osonlashtirdi.

Amerikada komponentga asoslangan aqlli boshqaruv tizimlari rivojlantirildi. Bu tizimlarda XML va agentlik texnologiyalari orqali moslashuvchanlik oshirildi. "Agent-texnologiyali tizimlar reconfigurable arxitektura uchun mos keladi" [14]. Bu esa ishlab chiqarish moslamalarini tez sozlash imkonini berib, mahsulot hayot aylanishini qisqartirdi.

1-jadval

Aqlli ishlab chiqarish tizimlarining komponentlari va funksiyalari [13]

Komponent	Asosiy funksiya	Texnologiya misoli	Misol sanoat sohalari
Sensorlar	Ma'lumot yig'ish	IoT, RFID	Mashinasozlik, Elektronika
Aktorlar	Harakatga keltirish	Servo, pnevmatik	Avtomobil, Kimyo
AI algoritmlari	Qaror qabul qilish	ML, DL	Tibbiyot, Logistika
Bulutli hisoblash	Ma'lumotni saqlash va analiz	AWS, Azure	Xizmatlar, Chakana savdo
Edge computing	Joyida ishlov berish	NVIDIA Jetson	Energetika, Neft-gaz
Digital Twin	Real vaqtli simulyatsiya	Siemens Twin, GE Predix	Aeroindustriya, Avtomatika
Robotlashtirish	Avtomatlashtirish	KUKA, ABB	Metall, Oziq-ovqat

Bundan tashqari, bulutli hisoblash texnologiyalari (masalan, AWS yoki Azure) ma'lumotni katta hajmda saqlash va tahlil qilish imkonini beradi, bu xizmat ko'rsatish va chakana savdo sohaslarida qo'llaniladi. Edge computing esa, masalan, NVIDIA Jetson qurilmasi orqali, ma'lumotni to'g'ridan-to'g'ri manbada, ya'ni markaziy serverga yubormasdan, tezkor tarzda qayta ishlashni ta'minlaydi. Bu texnologiya ayniqsa energetika va neft-gaz sohaslarida foydali.

Shuningdek, Digital Twin texnologiyasi orqali real vaqtli simulyatsiyalar amalga oshiriladi, bu esa Siemens Twin yoki GE Predix yordamida avtomatika va aeroindustriyada tizimlarning raqamli nusxasini yaratib, ularni sinovdan o'tkazish imkonini beradi.

Nihoyat, robotlashtirish texnologiyalari (KUKA, ABB kabi) ishlab chiqarishni to'liq avtomatlashtirish imkonini yaratadi, bu esa metall sanoati va oziq-ovqat sohaslarida keng qo'llaniladi.

Mamlakatlar kesimida aqlli ishlab chiqarishga investitsiya [14]

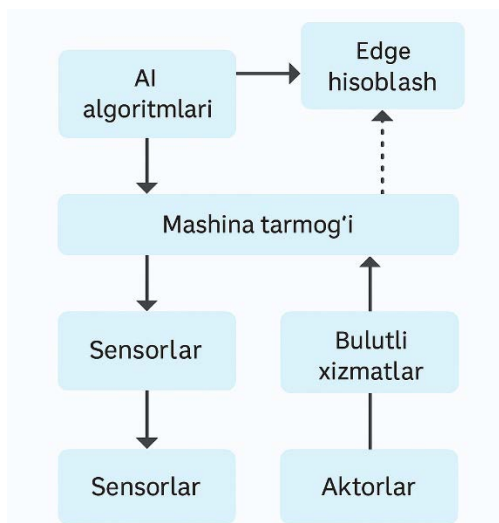
Mamlakat	Boshlanish yili	Investitsiya (\$ mlrd)	Ustuvor soha	Natijaviy samaradorlik (%)
Yaponiya	1985	45	Avtomobilsozlik	28
Janubiy Koreya	1995	32	Elektronika	25
Xitoy	2010	78	Umumiy sanoat	33
AQSh	2000	66	Aerokosmik	30
Germaniya	1998	53	Mashinasozlik	27
Hindiston	2012	21	Aeronavtika	19
Vyetnam	2005	9	Mototsikl sanoati	14
Braziliya	2016	13	Kichik ishlab chiqarish	16
Misr	2018	7	Qurilish-arxitektura	11

Ushbu 2-jadval mamlakatlar miqyosida aqlli ishlab chiqarish tizimlariga yo'naltirilgan investitsiyalar va ularning ustuvor sohalari hamda natijaviy samaradorligini aks ettiradi. Ko'rinib turibdiki, Xitoy 2010-yildan boshlab ushbu sohada eng katta investitsiyani — 78 milliard dollarni — amalga oshirgan bo'lib, bu umumiy sanoat bo'ylab 33% natijaviy samaradorlikka erishgan. AQSh va Yaponiya esa mos ravishda 66 va 45 milliard dollarlik investitsiyalar bilan aerokosmik va avtomobilsozlik sohalorida 30% va 28% samaradorlikka erishgan. Bu yuqori texnologik sohalarda avtomatlashtirish va sun'iy intellektdan foydalangan holda raqobatbardoshlikni oshirishga qaratilgan strategiyalarni ko'rsatadi.

Yevropa vakili sifatida Germaniya 1998-yildan beri mashinasozlik sohasiga 53 milliard dollar sarmoya kiritib, 27% samaradorlikka erishgan. Boshqa tomondan, rivojlanayotgan davlatlar — Hindiston, Vyetnam, Braziliya va Misr — nisbatan pastroq investitsiya miqdori (7–21 milliard dollar) va past samaradorlik (11–19%) bilan ajralib turadi. Bu esa ushbu davlatlarda hali texnologik infratuzilma va mutaxassislar tayyorlash darajasi bo'yicha cheklovlar borligini ko'rsatadi. Shunga qaramay, ular ham o'zlarining ustuvor sohalorida — masalan, qurilish, kichik ishlab chiqarish yoki mototsikl sanoatida — texnologik taraqqiyotga qadam qo'yganliklarini bildiradi.

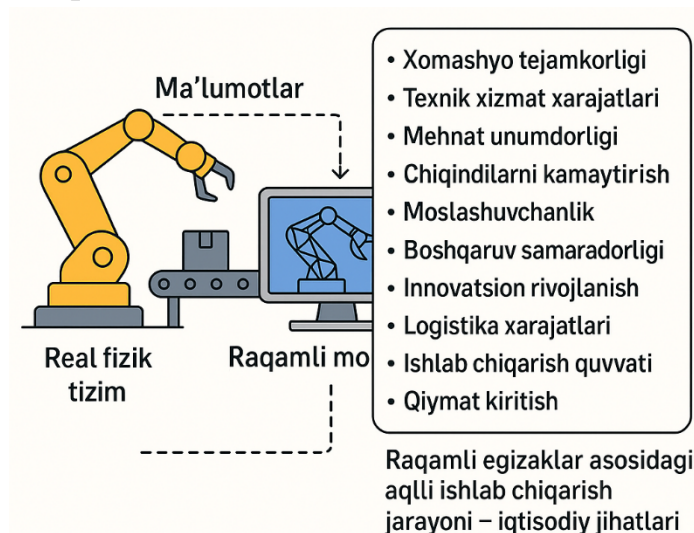
Ushbu 1-rasmda aqlli ishlab chiqarish tizimining qanday ishlashini bosqichma-bosqich tushuntirib beradi. Bunda AI algoritmlari markaziy rolni o'ynab, yig'ilgan ma'lumotlarni tahlil qilib, qarorlar chiqaradi. Bu algoritmlar ma'lumotni Edge hisoblash tizimiga yuborib, uni joyida qayta ishlashga imkon yaratadi. Edge hisoblash esa markaziy tizimga ortiqcha yuk tushmasdan, tezkor javoblar berish uchun

ishlatiladi. Har ikki tizim Mashina tarmog‘i orqali o‘zaro bog‘langan bo‘lib, bu tarmoq barcha komponentlar o‘rtasidagi axborot oqimini boshqaradi.



1-rasm. Aqlli ishlab chiqarish arxitekturasini [13]

Sensorlar real dunyodan ma'lumot yig'adi va bu ma'lumotni mashina tarmog‘i orqali yuqoriga uzatadi. Bulutli xizmatlar esa katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash va tahlil qilishga xizmat qiladi. Tahlil qilingan yoki qayta ishlangan ma'lumot Aktorlarga uzatiladi, ular esa amaliy harakatlarni bajaradi (masalan, mashinani ishga tushirish, haroratni o‘zgartirish va h.k.). Ushbu diagramma aqlli ishlab chiqarish tizimida ma'lumotlar qanday oqib o‘tishini, ularni kim tahlil qilishi va qanday javob harakatlari amalga oshirilishini aniqlik bilan ko‘rsatadi.



2-rasm. Raqamli egizaklar asosida aqlli ishlab chiqarish jarayonining iqtisodiy jihatlari [14]

Ushbu 2-rasm raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasining iqtisodiy samaradorligini ifodalaydi: unda real fizik tizim (masalan, sanoat roboti) va uning raqamli modelining o‘zaro uzviy axborot almashinuvi tasvirlangan. Fizik qurilma ishlayotganda uzluksiz ravishda ma'lumot uzatib turadi va bu raqamli muhitda aniq

simulyatsiya qilib boriladi. Natijada korxonalar xomashyo sarfini kamaytirish, texnik xizmat xarajatlarini optimallashtirish, chiqindilarni nazorat qilish, ishlab chiqarish moslashuvchanligini oshirish, logistika va boshqaruv xarajatlarini qisqartirish, hamda qiymat zanjiriga innovatsion yondashuvlar kiritish orqali umumiy iqtisodiy foydani sezilarli darajada ko'paytiradi. Boshqacha aytganda, raqamli egizak — bu sanoatning “raqamli ko'zgu”si bo'lib, real vaqtli ma'lumotlar asosida iqtisodiy qarorlarni aniqlik va aniqlovchanlik bilan shakllantiradi.

XULOSA

Bugungi kunda global miqyosda aqlli ishlab chiqarish tizimlari sanoat 4.0 doirasida yuqori darajadagi avtomatlashtirishga erishgan. Har bir mamlakat o'zining ijtimoiy-iqtisodiy sharoitiga mos yondashuvni qo'llagan. Mening xulosam shuki, bu tizimlarning rivojlanishiga eng katta turtki — texnologik innovatsiya, davlat siyosati va xalqaro integratsiya bo'lib, to'siqlar esa ko'proq iqtisodiy tengsizlik va kadrlar yetishmovchiligiga borib taqaladi.

Aqlli ishlab chiqarish tizimlari zamonaviy sanoatda raqobatbardoshlik va samaradorlikni oshirishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu tizimlarning har bir komponenti aniq funksiyaga ega bo'lib, sanoat jarayonlarini avtomatlashtirish, optimallashtirish va real vaqtli qaror qabul qilish imkonini beradi. Masalan, sensorlar IoT va RFID texnologiyalari yordamida muhitdan yoki ishlab chiqarish liniyasidan ma'lumotlarni yig'adi. Aktorlar esa bu ma'lumotlarga javoban harakatga keladigan qurilmalar bo'lib, servo yoki pnevmatik tizimlar orqali fizik amallarni bajaradi. AI algoritmlari, xususan, mashinaviy va chuqur o'rganish usullari orqali yig'ilgan ma'lumot asosida tez va samarali qarorlar qabul qiladi, bu esa tibbiyot va logistika sohalarida katta ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Andrade, L., & Fiadeiro, J. (2001). Coordination: the evolutionary dimension. *Proceedings Technology of Object-Oriented Languages and Systems. TOOLS 38, IEEE*, pp. 136–147. <https://doi.org/10.1109/TOOLS.2001.911762>
2. Fujimoto, T. (2007). Architecture-Based Comparative Advantage — A Design Information View of Manufacturing. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 4, Evolutionary Economics Society of Japan, pp. 55–112. <https://doi.org/10.14441/EIER.4.55>
3. Cannata, A., Gerosa, M., & Taisch, M. (2008). SOCRADES: A framework for developing intelligent systems in manufacturing. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 1904–1908. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738203>
4. Aririguzo, J. (2009). Fractal architecture for 'leagile' networked enterprises. Unpublished manuscript.

5. Wang, J., & Cao, X. (2021). Evolution Mechanism of Advanced Equipment Manufacturing Innovation Network Structure from the Perspective of Complex System. *Complexity*, Hindawi, 2021, Article ID 6610767, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/6610767>
6. Sharma, P., Bhargava, M., & Arvind, M. (2014). Designing, Implementation, Evolution and Execution of an Intelligent Manufacturing System. *International Journal of Mechanical Engineering (IJMECH)*, 3, pp. 159–167. <https://doi.org/10.14810/IJMECH.2014.3314>
7. Alm, R., Aehnel, M., & Urban, B. (2015). Processing manufacturing knowledge with ontology-based annotations and cognitive architectures. *Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business*, ACM. <https://doi.org/10.1145/2809563.2809576>
8. Nascimento, R., Fonseca, C., & De Medeiros Neto, F. (2017). Using Expert Systems for Investigating The Impact of Architectural Anomalies on Software Reuse. *IEEE Latin America Transactions*, 15, IEEE, pp. 374–379. <https://doi.org/10.1109/tla.2017.7854635>
9. Ismail, A., & Afifi, M. (2019). Smart Eco Home: Towards Sustainable Community Within Relevant Strategic Integrated Intelligence of Architecture. *Engineering Research Journal*, Faculty of Engineering, Helwan University. <https://doi.org/10.21608/erj.2019.122501>
10. Rivera, L., Jiménez, M., Tamura, G., Villegas, N., & Müller, H. (2021). Designing Run-time Evolution for Dependable and Resilient Cyber-Physical Systems Using Digital Twins. *Journal of Integrated Design and Process Science*, 25, IOS Press, pp. 48–79. <https://doi.org/10.3233/jid-210014>
11. Akkiraju, A. (2025). The Evolution and Impact of Autonomous Systems: A Technical Analysis. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. <https://doi.org/10.32628/cseit251112287>
12. Hoang, P. (2005). The Competition and Evolution of Business Architecture: The Case of Vietnam's Motorcycle Industry. Unpublished report.
13. Martincus, C., & Wu, J. (2005). Economic Integration in a Multicore World. Unpublished paper.
14. Chen, F., Huang, P., & Sarin, S. (2007). Component-based Intelligent Control Architecture for Reconfigurable Manufacturing Systems. Unpublished conference paper.