

SANOAT ISHLAB CHIQARISHIDA SUN'YIY INTELLEKT ASOSIDA JARAYONLARNI OPTIMALLASHTIRISH

Rixsiboyev Nozimbek Abdurasul o'g'li

Tashkent International University

mustaqil izlanuvchisi

E-mail: nozimbekrikhsiboyev@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada sanoat ishlab chiqarishida sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari asosida jarayonlarni optimallashtirish masalalari tadqiq qilingan. Tadqiqotda nazariy tahlil, xalqaro amaliyotlarni qiyosiy o'rganish hamda mashinali o'rganish, chuqur o'rganish, kuchaytiruvchi o'rganish va genetik algoritmlar kabi SI optimizatsiya usullarining samaradorligini baholash metodlari qo'llanilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, SI asosidagi optimizatsiya tizimlari ishlab chiqarish parametrlarini real vaqt rejimida sozlash, resurslardan samarali foydalanish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini barqarorlashtirish imkonini beradi. Xalqaro tajriba misolida BMW, BASF, Intel va Bosch kabi yetakchi sanoat korxonalarining SI optimizatsiya amaliyotlari tahlil qilinib, ularning erishgan natijalari ochib berilgan. Sanoat jarayonlarini optimallashtirishda SI ni joriy etishning asosiy bosqichlari, texnik talablari va kutilayotgan iqtisodiy samara asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: Sun'iy intellekt, jarayonlarni optimallashtirish, ishlab chiqarish, mashinali o'rganish, kuchaytiruvchi o'rganish, genetik algoritmlar, raqamli egizaklar, real vaqt optimizatsiyasi, parametrlarni sozlash, energiya samaradorligi, Sanoat 4.0, aqlli ishlab chiqarish, jarayon nazorati, adaptiv boshqaruv.

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы оптимизации производственных процессов на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ) в промышленном производстве. В исследовании используется теоретический анализ, сравнительное изучение международной практики и методы оценки эффективности методов оптимизации на основе ИИ, таких как машинное обучение, глубокое обучение, обучение с подкреплением и генетические алгоритмы. Результаты показывают, что системы оптимизации на основе ИИ позволяют корректировать параметры производства в реальном времени, эффективно использовать ресурсы, снижать энергопотребление и стабилизировать качество продукции. На примере международного опыта анализируются методы оптимизации на основе ИИ ведущих промышленных предприятий, таких как BMW, BASF, Intel и Bosch, и раскрываются их результаты. Обосновываются основные этапы внедрения ИИ в оптимизацию промышленных процессов, технические требования и ожидаемые экономические выгоды.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, оптимизация процессов, производство, машинное обучение, обучение с подкреплением, генетические алгоритмы, цифровые двойники, оптимизация в реальном времени, настройка

параметров, энергоэффективность, Индустрия 4.0, интеллектуальное производство, управление процессами, адаптивное управление.

Abstract

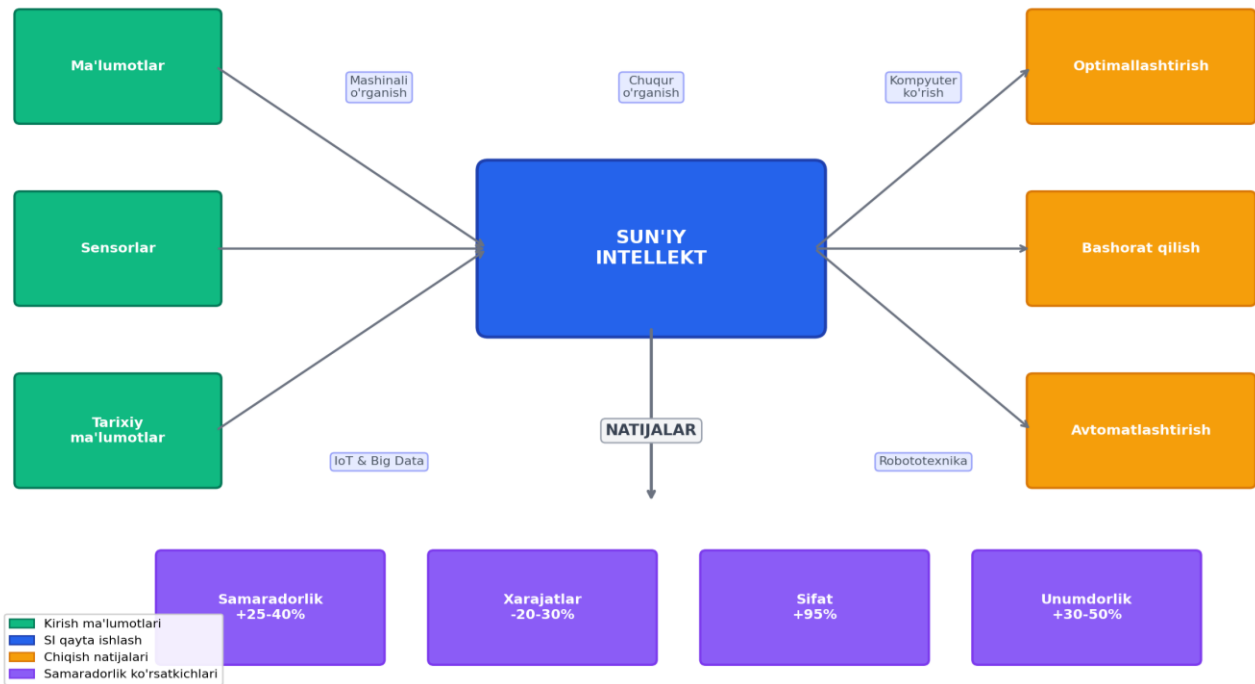
This article examines the optimization of production processes using artificial intelligence (AI) technologies in industrial manufacturing. The study utilizes theoretical analysis, a comparative study of international practices, and methods for evaluating the effectiveness of AI-based optimization methods, such as machine learning, deep learning, reinforcement learning, and genetic algorithms. The results demonstrate that AI-based optimization systems can adjust production parameters in real time, efficiently utilize resources, reduce energy consumption, and stabilize product quality. Using international experience as examples, the article analyzes AI-based optimization methods from leading industrial companies, such as BMW, BASF, Intel, and Bosch, and presents their results. The key stages of implementing AI in industrial process optimization, along with technical requirements and expected economic benefits, are substantiated.

Keywords: Artificial intelligence, process optimization, manufacturing, machine learning, reinforcement learning, genetic algorithms, digital twins, real-time optimization, parameter tuning, energy efficiency, Industry 4.0, smart manufacturing, process control, adaptive control.

KIRISH

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishida jarayonlarni optimallashtirish korxonalarining raqobatbardoshligi va rentabelligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. An'anaviy optimizatsiya usullari ko'pincha murakkab, ko'p o'zgaruvchili ishlab chiqarish jarayonlarini to'liq qamrab ololmaydi va real vaqt rejimida moslashish imkoniyatiga ega emas. Sun'iy intellekt texnologiyalari bu muammolarni hal qilishning samarali vositasiga aylandi. SI algoritmlari katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilib, murakkab bog'liqliklarni aniqlash va optimal parametrlarni topish imkonini beradi.

O'zbekistonda sanoatni modernizatsiya qilish va raqamli texnologiyalarni joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishi sifatida belgilangan. Bu sharoitda mahalliy korxonalarda SI asosidagi optimizatsiya tizimlarini qo'llash orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish alohida ahamiyat kasb etmoqda. Shu bois, ushbu maqolada sanoat ishlab chiqarishida SI asosida jarayonlarni optimallashtirish bo'yicha zamonaviy yondashuvlar, xalqaro tajribalar va amaliy strategiyalar tahlil qilinadi. Jumladan, mashinali o'rganish asosidagi parametrik optimizatsiya, kuchaytiruvchi o'rganish yordamida adaptive boshqaruv, genetik algoritmlar va evolyutsion hisoblash, raqamli egizaklar asosidagi simulyatsiya va real vaqt optimizatsiyasi kabi SI ning asosiy qo'llanilish yo'nalishlari hamda BMW, BASF, Intel va Bosch kabi yetakchi kompaniyalarning tajribalari ko'rib chiqiladi.



1-rasm. Sun'iy intellekt asosida ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish sxemasi¹

ADABIYOTLAR SHARHI

SI asosida ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish sohasida ko'plab olimlar tomonidan chuqur tadqiqotlar olib borilgan. Kusiak o'z tadqiqotlarida aqlli ishlab chiqarish konsepsiyasini ilmiy asoslab, SI ning ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishdagi rolini ta'kidlagan². Uning fikricha, SI texnologiyalari an'anaviy optimizatsiya usullaridan tubdan farq qilib, murakkab, nochiqli va ko'p o'zgaruvchili jarayonlarni ham samarali optimallashtirish imkonini beradi. Shuningdek, u SI ning real vaqt rejimida moslashish qobiliyatini alohida ta'kidlagan.

Tao, Qi, Liu va Kusiak esa ma'lumotlarga asoslangan aqlli ishlab chiqarish konsepsiyasini taqdim etib, katta ma'lumotlar (Big Data) va SI ning integratsiyasi orqali jarayonlarni optimallashtirish imkoniyatlarini ko'rsatganlar³. Ularning tadqiqotlariga ko'ra, ishlab chiqarish jarayonlaridan yig'ilgan ma'lumotlar SI algoritmlari tomonidan tahlil qilinib, optimal parametrlar va strategiyalar aniqlanadi. Ular "ma'lumotlar-bilim-qaror" sikli tamoyilini taklif qilib, uzluksiz optimizatsiya jarayonini ta'riflaganlar.

Wuest, Weimer, Irgens va Thoben tomonidan olib borilgan tadqiqotda mashinali o'rganish algoritmlarining ishlab chiqarishdagi qo'llanilishi atroflicha tahlil qilingan⁴. Ularga ko'ra, nazorat ostida o'rganish (supervised learning), nazoratsiz o'rganish (unsupervised learning) va kuchaytiruvchi o'rganish (reinforcement learning)

¹ Muallif ishlanmasi

²Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. International Journal of Production Research, 56(1-2), 508-517.

³Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. Journal of Manufacturing Systems, 48, 157-169.

⁴Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., & Thoben, K. D. (2016). Machine learning in manufacturing. Production & Manufacturing Research, 4(1), 23-45.

algoritmalarining har biri ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish uchun o'ziga xos afzalliklarga ega. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, mashinali o'rganish modellari an'anaviy statistik usullarga nisbatan murakkab jarayonlarda 30-40% yuqori aniqlikka erishadi.

Qi va Tao raqamli egizaklar (Digital Twins) va katta ma'lumotlar integratsiyasini chuqur o'rganganlar¹. Ularning ilmiy qarashlariga ko'ra, raqamli egizaklar ishlab chiqarish jarayonlarining virtual nusxasini yaratib, turli ssenariylarni xavfsiz muhitda sinab ko'rish va optimal strategiyalarni aniqlash imkonini beradi. Bu yondashuv real ishlab chiqarishda tajriba o'tkazish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi va optimizatsiya jarayonini tezlashtiradi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot metodologiyasi nazariy va amaliy yondashuvlarning uyg'unligiga asoslangan. Avvalo, SI asosida jarayonlarni optimallashtirish bo'yicha ilmiy adabiyotlar va xalqaro tajribalar tahlil qilindi. Qiyosiy tahlil usuli orqali BMW, BASF, Intel va Bosch kabi yetakchi kompaniyalarning ilg'or amaliyotlari o'rganildi. Bundan tashqari, asosiy optimizatsiya samaradorligi ko'rsatkichlari — Cycle Time Reduction (tsikl vaqtini qisqartirish), Energy Consumption (energiya sarfi), Yield Rate (mahsulot chiqishi), Scrap Rate (chiqindilar darajasi) va Process Capability Index (jarayon qobiliyati indeksi) — indikator sifatida qo'llanib, SI optimizatsiya tizimlarining samaradorligi baholandi. Tadqiqotda turli SI algoritmalarini taqqoslash, keys-stadi tahlili va iqtisodiy samaradorlikni baholash usullaridan foydalanilgan. Shuningdek, mashinali o'rganish, kuchaytiruvchi o'rganish va genetik algoritmalarining qo'llanilish xususiyatlari amaliy misollar orqali asoslangan.

TAHLIL VA NATIJALAR

Tadqiqot davomida, SI asosida jarayonlarni optimallashtirish bo'yicha asosiy yondashuvlar va ularning samaradorlik ko'rsatkichlariga ta'siri (Cycle Time, Energy Consumption, Yield Rate, Scrap Rate, Cp/Cpk) tahlil qilindi. Zamonaviy sharoitda sanoat korxonalarini SI texnologiyalarini quyidagi asosiy yo'nalishlarda qo'llash orqali jarayonlarni optimallashtirmoqda.

1. *Mashinali o'rganish asosidagi parametrik optimizatsiya.* Mashinali o'rganish algoritmalarini ishlab chiqarish jarayonlarining optimal parametrlarini aniqlash uchun keng qo'llaniladi. Regressiya modellari, tasodifiy o'rmon (Random Forest), gradiyent bustingi (Gradient Boosting) va neyron tarmoqlar kabi algoritmalar tarixiy ma'lumotlarni tahlil qilib, kirish parametrlari va chiqish sifati o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni aniqlaydi. Bu yondashuv optimal harorat, bosim, tezlik, vaqt va boshqa jarayon parametrlarini topish imkonini beradi. Amaliy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, mashinali o'rganish asosidagi parametrik optimizatsiya mahsulot sifatini 15-25% ga oshirishi, chiqindilarni 20-30% ga kamaytirishga erishishi mumkin. Parametrik optimizatsiyada asosiy qiyinchilik — bu ko'p o'zgaruvchili jarayonlarda global

¹Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0. IEEE Access, 6, 3585-3593.

optimumni topish, bunda SI algoritmlari an'anaviy usullarga nisbatan sezilarli ustunlik ko'rsatadi.

2. *Kuchaytiruvchi o'rganish yordamida adaptiv boshqaruv.* Kuchaytiruvchi o'rganish (Reinforcement Learning — RL) algoritmlari ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida boshqarish va optimallashtirishda yuqori samaradorlik ko'rsatadi. RL agentlari muhit bilan o'zaro ta'sir qilib, sinov va xato orqali optimal strategiyalarni o'rganadi. Bu yondashuv ayniqsa dinamik, o'zgaruvchan sharoitlarda jarayonlarni boshqarishda samarali hisoblanadi. Deep Q-Network (DQN), Proximal Policy Optimization (PPO) va Soft Actor-Critic (SAC) kabi zamonaviy RL algoritmlari murakkab sanoat jarayonlarini boshqarishda qo'llanilmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, RL asosidagi boshqaruv tizimlari an'anaviy PID regulyatorlariga nisbatan 20-35% yuqori samaradorlikka erishishi va o'zgaruvchan sharoitlarga tezroq moslashishi mumkin.

3. *Genetik algoritmlar va evolyutsion hisoblash.* Genetik algoritmlar (GA) va boshqa evolyutsion hisoblash usullari murakkab optimizatsiya muammolarini hal qilish uchun keng qo'llaniladi. Bu algoritmlar tabiiy tanlov va evolyutsiya tamoyillariga asoslanib, ko'p o'zgaruvchili, ko'p maqsadli va cheklovlarga ega muammolarda global optimumni topish imkonini beradi. Ishlab chiqarish jadvallarini optimallashtirish, resurslarni taqsimlash va ta'minot zanjirini boshqarish kabi vazifalar uchun GA algoritmlari samarali yechimlar taqdim etadi. Shuningdek, Particle Swarm Optimization (PSO), Ant Colony Optimization (ACO) va Simulated Annealing (SA) kabi boshqa metaevristik algoritmlar ham ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish uchun qo'llaniladi. Amaliy tajribalar shuni ko'rsatadiki, GA asosidagi optimallashtirish ishlab chiqarish jadvallarini 15-25% samaraliroq tuzish va resurs sarfini 10-20% ga kamaytirishga erishishi mumkin.

4. *Raqamli egizaklar asosidagi simulyatsiya va optimallashtirish.* Raqamli egizaklar (Digital Twins) texnologiyasi ishlab chiqarish jarayonlarining virtual nusxasini yaratib, turli ssenariylarni xavfsiz muhitda sinab ko'rish imkonini beradi. SI algoritmlari raqamli egizaklar bilan integratsiyalashib, optimal parametrlarni aniqlash, yangi strategiyalarni sinash va potensial muammolarni oldindan bashorat qilish imkonini yaratadi. Bu yondashuv ayniqsa qimmat uskunalar yoki xavfli jarayonlarda tajriba o'tkazish imkoniyati cheklangan hollarda juda foydali. Raqamli egizaklar real vaqt rejimida fizik tizim bilan sinxronlashib, uzluksiz optimizatsiya jarayonini ta'minlaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, raqamli egizaklar asosidagi optimizatsiya tajriba o'tkazish xarajatlarini 50-70% ga kamaytirishi, yangi mahsulotlarni bozorga chiqarish vaqtini 20-30% ga qisqartirishga erishishi mumkin.

5. *Real vaqt optimizatsiyasi va adaptive boshqaruv tizimlari.* SI asosidagi real vaqt optimizatsiyasi (Real-Time Optimization — RTO) tizimlari ishlab chiqarish jarayonlarini doimiy ravishda monitoring qilib, sharoitlar o'zgarishiga qarab parametrlarni avtomatik sozlaydi. Bu tizimlar sensorlardan keluvchi ma'lumotlarni millisekundlar ichida qayta ishlab, optimal sozlamalarni aniqlaydi va boshqaruv signallarini uzatadi. Edge computing texnologiyalari bilan integratsiyalashgan RTO tizimlar kechikishni minimallashtirib, yuqori tezlikdagi jarayonlarni ham samarali

boshqarish imkonini beradi. Adaptive Model Predictive Control (MPC) va SI asosidagi murakkab boshqaruv tizimlari ko‘p o‘zgaruvchili jarayonlarni bir vaqtda optimallashtirishga qodir. Amaliy tajribalar shuni ko‘rsatadiki, real vaqt optimizatsiyasi energiya sarfini 10-15% ga kamaytirishi, mahsulot sifatining barqarorligini 25-35% ga oshirishga erishishi mumkin.

6. *Ko‘p maqsadli optimizatsiya va Pareto analizi.* Ishlab chiqarish jarayonlarida ko‘pincha bir-biriga zid bo‘lgan bir nechta maqsadlarni bir vaqtda optimallashtirish talab etiladi: masalan, sifatni oshirish va xarajatlarni kamaytirish, tezlikni oshirish va energiya sarfini kamaytirish. SI asosidagi ko‘p maqsadli optimizatsiya (Multi-Objective Optimization — MOO) algoritmlari Pareto optimal yechimlar to‘plamini topish imkonini beradi. NSGA-II, MOEA/D va boshqa evolyutsion algoritmlar ishlab chiqarish jarayonlari uchun turli maqsadlar o‘rtasida optimal muvozanatni ta‘minlovchi yechimlarni taqdim etadi. Bu yondashuv qaror qabul qiluvchilarga turli ssenariylarni ko‘rib chiqish va korxonaga strategiyasiga mos keladigan optimal yechimni tanlash imkonini beradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, MOO yondashuvlari an‘anaviy yagona maqsadli optimizatsiyaga nisbatan 20-30% yaxshiroq umumiy natijalar berishi mumkin.

Xalqaro tajribani o‘rganish natijasida yetakchi sanoat kompaniyalarining SI asosida jarayonlarni optimallashtirish strategiyalari va erishgan natijalari taqqoslandi. Quyidagi jadvalda dunyo yetakchi kompaniyalarining SI optimizatsiya amaliyotlari va samaradorlik ko‘rsatkichlari keltirilgan.

1-jadval.

Yetakchi kompaniyalarning SI asosida jarayonlarni optimallashtirish amaliyotlari¹

№	Kompaniya	SI optimizatsiya yo‘nalishlari va erishilgan natijalar
1.	BMW (Germaniya)	- SI asosidagi bo‘yash jarayonini optimallashtirish, bo‘yoq sarfini 20% ga kamaytirish; - Presslash operatsiyalarini real vaqtda optimallashtirish, nuqsonlarni 30% ga kamaytirish; - Yig‘ish liniyalarida kuchaytiruvchi o‘rganish algoritmlari, sikl vaqtini 15% ga qisqartirish.
2.	BASF (Germaniya)	- Kimyoviy jarayonlarni SI yordamida optimallashtirish, mahsulot chiqishini 8% ga oshirish; - Energiya sarfini real vaqtda optimallashtirish, xarajatlarni 15% ga kamaytirish; - Raqamli egizaklar yordamida yangi reaksiyalarni simulyatsiya qilish va optimallashtirish.
3.	Intel (AQSh)	- Yarim o‘tkazgich ishlab chiqarish jarayonlarini SI yordamida optimallashtirish; - Minglab parametrlarni bir vaqtda optimallashtirish, defektlarni 25% ga kamaytirish; - Virtual metrolog (SI asosidagi sifat bashorati) yordamida tekshirish xarajatlarini 40% ga kamaytirish.

¹Muallif tomonidan tayyorlandi

№	Kompaniya	SI optimizatsiya yo'nalishlari va erishilgan natijalar
4.	Bosch (Germaniya)	- Sanoat 4.0 platformasi orqali zavodlarni ulash va markazlashgan optimizatsiya; - SI asosidagi sifat nazorati va jarayon optimizatsiyasi, OEE ni 85% dan 92% ga oshirish; - Genetik algoritmlar yordamida ishlab chiqarish jadvallarini optimallashtirish.

Jadvaldan ko'rinib turganidek, BMW avtomobil ishlab chiqarishning turli bosqichlarida SI optimizatsiyasini muvaffaqiyatli qo'llagan. BASF kimyo sanoatida jarayonlarni optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirishda yetakchi hisoblanadi. Intel yarim o'tkazgich ishlab chiqarishning murakkab jarayonlarida SI dan keng foydalanib, yuqori aniqlik va samaradorlikka erishgan. Bosch esa Sanoat 4.0 konsepsiyasini to'liq amalga oshirib, zavodlar tarmoqlarini markazlashgan optimizatsiya tizimi orqali boshqarmoqda.

Bizning fikrimizcha, SI asosida jarayonlarni samarali optimallashtirish uchun quyidagi asosiy bosqich va mezonlarga rioya qilish kerak:

- *Ma'lumotlar infratuzilmasini yaratish* - bu SI optimizatsiya tizimlarining samarali ishlashi uchun asosiy shart hisoblanadi. SI algoritmlari faqat sifatli, to'liq va o'z vaqtida yig'ilgan ma'lumotlar asosida aniq natijalar berishi mumkin. Samarali optimizatsiyaning birinchi sharti — sensorlar tarmog'ini o'rnatish, ma'lumotlarni yig'ish va saqlash tizimlarini yaratish, hamda ma'lumotlarni tozalash va standartlashtirish jarayonlarini joriy etishdir. Mutaxassislar ma'lumotlar infratuzilmasini to'g'ri yaratish orqali SI modellarining aniqligini oshirish, optimizatsiya natijalarini yaxshilash va real vaqt rejimida boshqaruvga o'tish imkoniyatlarini ta'kidlaydilar.

- *Bosqichma-bosqich joriy etish va pilot loyihalar*. SI optimizatsiya tizimlarini joriy etishda bosqichma-bosqich yondashish xavflarni kamaytirish va muvaffaqiyat ehtimolini oshirish imkonini beradi. Korxonalar avval kichik, aniq belgilangan jarayonlardan boshlashlari va tajriba to'plashlari kerak. Pilot loyihalar muvaffaqiyatli amalga oshirilgandan so'ng, SI optimizatsiyasini boshqa jarayonlarga kengaytirish mumkin. Bu yondashuv xodimlar va rahbariyatning SI ga ishonchini oshirish, texnik muammolarni erta aniqlash va hal qilish imkonini beradi. Shuningdek, har bir bosqichda olingan natijalarni tahlil qilish va keyingi bosqichlarni shunga qarab rejalashtirish muhimdir.

- *Mutaxassislarni tayyorlash va interdistsiplinar jamoalar*. SI optimizatsiya tizimlarini muvaffaqiyatli joriy etish va boshqarish uchun yuqori malakali mutaxassislar talab etiladi. Bu mutaxassislar nafaqat SI texnologiyalarini, balki sanoat jarayonlarini ham chuqur tushinishlari kerak. Samarali SI optimizatsiyasi ma'lumotlar olimlar (Data Scientists), jarayon muhandislari (Process Engineers) va IT mutaxassislarining birgalikdagi ishini talab qiladi. Korxonalar xodimlarni SI texnologiyalari bo'yicha o'qitish, tashqi ekspertlar bilan hamkorlik qilish va doimiy malaka oshirish dasturlarini amalga oshirishlari kerak. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki,

SI loyihalarining 70% dan ortiq muvaffaqiyatsizliklari texnik muammolar emas, balki tashkiliy va kadrlar bilan bog‘liq omillarga bog‘liq.

Process Capability Index (Cp/Cpk) — jarayon qobiliyati indeksi, bu ishlab chiqarish jarayonining belgilangan toleranslar doirasida barqaror natijalar berish qobiliyatini ko‘rsatadi. Agar Cp/Cpk ko‘rsatkichlari yuqori va barqaror bo‘lsa, demak SI optimizatsiya tizimlari jarayonlarni samarali boshqarayotganini bildiradi. Aksincha, bu ko‘rsatkichlar past yoki o‘zgaruvchan bo‘lsa, optimizatsiya tizimlarini qayta ko‘rib chiqish yoki qo‘shimcha sozlashlar kiritish zarurligini ko‘rsatishi mumkin. Yield Rate (mahsulot chiqishi) — bu yaroqli mahsulotlarning umumiy ishlab chiqarilgan mahsulotlarga nisbati. SI optimizatsiyasi muvaffaqiyatli bo‘lsa, Yield Rate ko‘rsatkichi oshishi kerak. Xalqaro statistik ma’lumotlarga ko‘ra, SI asosidagi jarayon optimizatsiyasini joriy etgan korxonalarda Yield Rate o‘rtacha 5-15% ga oshgan.

XULOSA VA TAKLIFLAR

SI texnologiyalari ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish uchun kuchli vosita hisoblanadi. Yuqorida ko‘rib chiqilgan yo‘nalishlar — mashinali o‘rganish asosidagi parametrik optimizatsiya, kuchaytiruvchi o‘rganish yordamida adaptiv boshqaruv, genetik algoritmlar, raqamli egizaklar va real vaqt optimizatsiyasi — korxonalariga o‘z ishlab chiqarish jarayonlarini tubdan yaxshilash imkonini beradi. Yetakchi xalqaro kompaniyalar tajribasi ko‘rsatmoqdaki, SI ni to‘g‘ri qo‘llash jarayon parametrlarini 20-30% optimallashtirish, sifatni 15-25% ga oshirish va xarajatlarni 10-20% ga kamaytirish imkonini beradi.

SI optimizatsiya tizimlarini joriy etishda ma’lumotlar infratuzilmasini yaratish, bosqichma-bosqich yondashish va malakali mutaxassislarni jalb qilish muvaffaqiyatning asosiy omillari hisoblanadi. Zamonaviy sharoitda raqobatdoshlikni ta’minlash uchun korxonalar SI texnologiyalarini strategik vosita sifatida ko‘rib chiqishlari va uzoq muddatli investitsiya rejalarini ishlab chiqishlari kerak.

Shu bois, korxonalar rahbariyati va texnik mutaxassislari uchun bugungi kun talabi — SI asosidagi optimizatsiya texnologiyalarining imkoniyatlarini chuqur o‘rganish, xalqaro tajribaning eng yaxshi usullarini tatbiq etish va o‘z korxonalari uchun optimal SI optimizatsiya strategiyasini ishlab chiqishdir. SI orqali jarayonlarni optimallashtirishga muvaffaq bo‘lgan korxonalar nafaqat mahalliy, balki xalqaro bozorda ham raqobatbardosh bo‘lib qoladilar va barqaror rivojlanishni ta’minlaydilar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517.
2. Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157-169.
3. Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., & Thoben, K. D. (2016). Machine learning in manufacturing. *Production & Manufacturing Research*, 4(1), 23-45.
4. Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0. *IEEE Access*, 6, 3585-3593.

5. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press.
6. Deb, K. (2014). Multi-objective optimization. Search Methodologies, Springer, 403-449.
7. Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. Procedia CIRP, 17, 9-13.
8. McKinsey & Company. (2023). AI in manufacturing: Optimization and beyond. McKinsey Analytics.
9. Deloitte. (2024). Smart Factory Implementation: A Practical Guide. Deloitte Insights.
10. World Economic Forum. (2023). The Future of Manufacturing Report. WEF Publications.
11. Tursunov, M. R. (2023). Sanoat jarayonlarini optimallashtirish usullari. — Toshkent: Fan.
12. Rahimov, A. S. (2022). Sun'iy intellekt va ishlab chiqarish. — Toshkent: Iqtisodiyot.



Marketing

ilmiy, amaliy va ommabop jurnali

Muharrir: Xakimov Ziyodulla Axmadovich
Ingliz tili muharriri: Tursunov Boburjon Ortiqmirzayevich
Rus tili muharriri: Kaxramonov Xurshidjon Shuxrat o'g'li
Musahhah: Karimova Shirin Zoxid qizi
Sahifalovchi va dizaynerlar: Sadikov Shoxrux Shuxratovich
Abidjonov Nodirbek Odijon o'g'li

2025-yil, iyun, 6-son

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar mas'ul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelavermasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

Mazkur jurnalda maqolalar chop etish uchun quyidagi havolalarga murojaat qilish mumkin. Ilmiy maqola, ommabop maqola, reklama, hikoya va boshqa ilmiy-ijodiy materiallar yuborishingiz mumkin.

Materiallar va reklamalar pullik asosda chop etiladi.

Elektron pochta: info@marketingjournal.uz
Bot: [@marketinjournalbot](https://t.me/@marketinjournalbot)
Tel.: +998977838464, +998939266610

Jurnalning rasmiy sayti: <https://marketingjournal.uz>

Marketing jurnali O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi **Oliy attestatsiya komissiyasi rayosatining 2024-yil 04-oktabrdagi 332/5 sonli qarori** bilan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali 2024-yil 15-martdan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan **C-5669517** reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan. **Litsenziya raqami: №240874**



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnalining xalqaro darajasi: **9710. ГОСТ 7.56-2002** " Seriyali nashrlarning xalqaro standart raqamlanishi" davlatlataro standartlari talablari. **Berilgan ISSN tartib raqami: 3060-4621**