

SANOAT KORXONALARIDA LEAN MANUFACTURING, MES, ERP VA SUN'YI
INTELLEKT TIZIMLARI INTEGRATSIYASINING BOSHQARUV
SAMARADORLIGIGA TA'SIRI

Mamatqulov Rustam Muhammadkarimovich

Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya: Mazkur maqolada sanoat korxonalarida Lean Manufacturing, Manufacturing Execution System (MES), Enterprise Resource Planning (ERP) hamda sun'iy intellektga asoslangan boshqaruv tizimlarining integratsiyasi sharoitida boshqaruv samaradorligini oshirish masalalari ilmiy jihatdan tadqiq etilgan. Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishida raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashuvi boshqaruv tizimlarini yangi bosqichga olib chiqayotgani tahlil qilingan. Shuningdek, Lean Manufacturing tamoyillarining MES va ERP platformalari bilan uyg'unlashuvi natijasida ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish, resurslardan oqilona foydalanish, boshqaruv qarorlarini optimallashtirish hamda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot natijasida integratsiyalashgan boshqaruv modeli sanoat korxonalarining operatsion samaradorligi, raqobatbardoshligi va barqaror rivojlanishini ta'minlovchi muhim omillardan biri ekanligi asoslangan.

Kalit so'zlar: Lean Manufacturing, MES, ERP, sun'iy intellekt, Industry 4.0, Smart Manufacturing, raqamli transformatsiya, boshqaruv samaradorligi, real vaqt monitoringi, integratsiyalashgan boshqaruv.

Аннотация: В статье исследуются вопросы повышения эффективности управления промышленными предприятиями в условиях интеграции систем Lean Manufacturing, Manufacturing Execution System (MES), Enterprise Resource Planning (ERP) и технологий искусственного интеллекта. Рассматриваются современные тенденции цифровой трансформации промышленного производства, влияние интеграции цифровых платформ на оптимизацию управленческих процессов, сокращение производственных потерь и повышение эффективности использования ресурсов. Обосновано, что комплексное применение Lean Manufacturing, MES, ERP и искусственного интеллекта обеспечивает качественно новый уровень управления промышленными предприятиями, способствует повышению производительности, конкурентоспособности и устойчивого развития.

Ключевые слова: *Lean Manufacturing, MES, ERP, искусственный интеллект, Industry 4.0, Smart Manufacturing, цифровая трансформация, эффективность управления, интеграция, промышленное предприятие.*

Abstract: *This paper investigates the impact of integrating Lean Manufacturing, Manufacturing Execution Systems (MES), Enterprise Resource Planning (ERP), and Artificial Intelligence (AI) on management efficiency in industrial enterprises. The study examines current trends in digital transformation and demonstrates how the integration of digital management technologies enhances operational performance, optimizes resource utilization, supports real-time production monitoring, and improves managerial decision-making. The paper argues that integrated digital management systems constitute a key strategic factor in achieving sustainable competitiveness and operational excellence under the conditions of Industry 4.0.*

Keywords: *Lean Manufacturing, MES, ERP, Artificial Intelligence, Industry 4.0, Smart Manufacturing, Digital Transformation, Management Efficiency, Real-Time Monitoring, Integrated Management.*

Kirish

Jahon iqtisodiyotida to'rtinchi sanoat inqilobi (Industry 4.0) konsepsiyasining jadal rivojlanishi sanoat korxonalarida boshqaruv jarayonlarini tubdan o'zgartirmoqda. Raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash (Big Data), sanoat interneti (Industrial Internet of Things – IIoT) hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining keng joriy etilishi ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning yangi imkoniyatlarini yaratmoqda. Natijada an'anaviy ishlab chiqarish menejmenti o'rnini real vaqt rejimida ishlaydigan, ma'lumotlarga asoslangan va intellektual boshqaruv tizimlari egallamoqda.

Mazkur sharoitda **Lean Manufacturing** konsepsiyasi ham yangi rivojlanish bosqichiga ko'tarilmoqda. Dastlab ishlab chiqarishdagi isrofgarchiliklarni kamaytirish va qiymat yaratish jarayonlarini optimallashtirishga qaratilgan ushbu konsepsiya bugungi kunda MES, ERP va sun'iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiyalashgan holda qo'llanilmoqda. Bunday integratsiya ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksiz monitoringini yo'lga qo'yish, korxona resurslarini samarali boshqarish, operatsion faoliyatni optimallashtirish hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash imkonini bermiqda.

Ayniqsa, sanoat korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlari murakkablashib borayotgan hozirgi sharoitda boshqaruvning tezkorligi, aniqligi va moslashuvchanligini ta'minlash strategik ahamiyat

kasb etmoqda. An'anaviy boshqaruv usullari ko'plab hollarda ishlab chiqarishdagi o'zgarishlarga o'z vaqtida javob bera olmaydi. Shu sababli Lean Manufacturing tamoyillarini raqamli boshqaruv platformalari bilan uyg'unlashtirish korxonalarining samarali faoliyat yuritishida muhim omillardan biriga aylanmoqda.

MES tizimlari ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida nazorat qilish va ishlab chiqarish topshiriqlarining bajarilishini monitoring qilish imkonini bersa, ERP platformalari korxonaning moliyaviy, logistika, ta'minot va resurslarni boshqarish jarayonlarini yagona axborot maydonida birlashtiradi. Sun'iy intellekt texnologiyalari esa katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish, ishlab chiqarishdagi nosozliklarni oldindan prognozlash, optimal boshqaruv qarorlarini tavsiya etish hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim vosita sifatida namoyon bo'lmoqda.

Shu nuqtai nazardan, Lean Manufacturing, MES, ERP va sun'iy intellekt tizimlarining o'zaro integratsiyasi sanoat korxonalarida boshqaruv samaradorligini oshirishning zamonaviy modeli sifatida ilmiy tadqiqotlarni talab etuvchi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Mazkur maqolada ushbu integratsiyaning nazariy asoslari, amaliy afzalliklari va boshqaruv samaradorligiga ta'siri kompleks yondashuv asosida tahlil qilinadi.

1. Lean Manufacturing va raqamli transformatsiya: zamonaviy boshqaruv paradigmasining shakllanishi. So'nggi yillarda dunyo sanoatida kuzatilayotgan texnologik o'zgarishlar boshqaruv nazariyasida yangi yondashuvlarning shakllanishiga olib keldi. Agar dastlab Lean Manufacturing ishlab chiqarishdagi isrofgarchiliklarni kamaytirishga qaratilgan konsepsiya sifatida rivojlangan bo'lsa, bugungi kunda u **raqamli transformatsiyaning ajralmas elementi** sifatida talqin qilinmoqda. Xalqaro ilmiy adabiyotlarda ushbu yangi bosqich **Lean 4.0** deb nomlanib, unda Lean tamoyillari Industry 4.0 texnologiyalari bilan uyg'unlashgan holda qo'llanilishi ta'kidlanadi.

Lean 4.0 konsepsiyasining asosiy g'oyasi ishlab chiqarish jarayonlarini nafaqat optimallashtirish, balki ularni real vaqt rejimida boshqarish, ma'lumotlar asosida tahlil qilish va intellektual qarorlar qabul qilish imkoniyatlarini yaratishdan iborat. Bu esa ishlab chiqarish tizimini an'anaviy boshqaruv modelidan **aqlli boshqaruv (Smart Management)** modeliga o'tkazadi.

Muallifning fikricha, zamonaviy sanoat korxonalarida Lean Manufacturing samaradorligi uchta asosiy omil bilan belgilanadi:

ishlab chiqarish jarayonlarining raqamlashtirilganlik darajasi;

boshqaruv tizimlarining o'zaro integratsiyasi;

sun'iy intellekt asosida qaror qabul qilish mexanizmlarining joriy etilganligi.

Mazkur omillar birgalikda korxonaning operatsion samaradorligini oshirish, resurslardan foydalanishni optimallashtirish va bozor o'zgarishlariga tez moslashish imkonini beradi.

MES, ERP va sun'iy intellekt tizimlarining Lean Manufacturing bilan integratsiyasi: boshqaruv samaradorligini oshirishning zamonaviy modeli. Raqamli iqtisodiyot sharoitida sanoat korxonalarini boshqarish tizimi an'anaviy operatsion nazorat modelidan ma'lumotlarga asoslangan (Data-Driven Management) intellektual boshqaruv modeliga o'tmoqda. Bunday sharoitda korxona faoliyatini samarali boshqarish ishlab chiqarish, logistika, ta'minot, moliyaviy resurslar va inson kapitali to'g'risidagi ma'lumotlarni yagona axborot makonida boshqarishni talab etadi. Aynan shu ehtiyoj **Lean Manufacturing, Manufacturing Execution System (MES), Enterprise Resource Planning (ERP)** hamda **sun'iy intellekt (Artificial Intelligence – AI)** texnologiyalarining o'zaro integratsiyasini zamonaviy sanoat boshqaruvining asosiy yo'nalishiga aylantirmoqda.

Lean Manufacturing ishlab chiqarishdagi yo'qotishlarni bartaraf etish va qiymat yaratish zanjirini optimallashtirishga qaratilgan bo'lsa, MES tizimlari ishlab chiqarish maydonchasidagi barcha operatsiyalarni real vaqt rejimida kuzatish va boshqarishni ta'minlaydi. ERP esa korxonaning moliyaviy, logistika, ta'minot, ombor xo'jaligi, marketing va kadrlar boshqaruvini yagona platformaga birlashtiradi. Sun'iy intellekt ushbu tizimlarda shakllanayotgan katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilib, boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash, xavflarni prognozlash va optimal yechimlarni tavsiya etish imkonini beradi.

Shunday qilib, ushbu to'rtta element alohida emas, balki yagona boshqaruv ekotizimi sifatida faoliyat yuritgandagina maksimal natija beradi. Mazkur integratsiya natijasida korxonada ma'lumotlarning uzluksiz aylanishi ta'minlanadi, qarorlar qabul qilish tezlashadi va ishlab chiqarish jarayonlari yanada moslashuvchan tus oladi.

MES ishlab chiqarish jarayonining "raqamli asab tizimi" sifatida qaraladi. Ushbu tizim ishlab chiqarish buyurtmalarining bajarilishi, uskunalarning ishlash holati, texnologik operatsiyalar ketma-ketligi, mahsulot sifati va ishlab chiqarish unumdorligi to'g'risidagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'adi va qayta ishlaydi.

Lean Manufacturing nuqtai nazaridan MES tizimining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

ishlab chiqarishdagi yo'qotishlarni tezkor aniqlash;

uskunalar bekor turish vaqtini kamaytirish;

ishlab chiqarish jarayonlarining shaffofligini oshirish;

Overall Equipment Effectiveness (OEE) ko'rsatkichini monitoring qilish;

ishlab chiqarish oqimini uzluksiz boshqarish.

Natijada Lean tamoyillaridan biri bo'lgan **uzluksiz oqim (Continuous Flow)** amalda samarali ta'minlanadi.

ERP tizimining boshqaruv samaradorligidagi ahamiyati. Korxona boshqaruvida Lean Manufacturing ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirsa, ERP tizimi korxonaning barcha funksional bo'linmalarini yagona axborot tizimiga birlashtiradi. Bu esa boshqaruv qarorlarini qabul qilishda ma'lumotlarning yaxlitligi va ishonchliligini ta'minlaydi.

ERP platformalari yordamida:

ishlab chiqarish rejalashtiriladi;

xomashyo va materiallar harakati nazorat qilinadi;

moliyaviy oqimlar boshqariladi;

logistika jarayonlari optimallashtiriladi;

inson resurslari samarali boshqariladi.

Natijada Lean Manufacturing tamoyillari nafaqat ishlab chiqarish sexlarida, balki korxonaning barcha boshqaruv darajalarida qo'llanila boshlaydi.

Sun'iy intellekt – integratsiyalashgan boshqaruvning yangi bosqichi. So'nggi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi Lean Manufacturing konsepsiyasini yangi bosqichga olib chiqdi. Agar an'anaviy Lean tizimlarida muammolar sodir bo'lgandan keyin tahlil qilinar edi, AI texnologiyalari yordamida ularni sodir bo'lishidan oldin prognoz qilish imkoniyati paydo bo'ldi.

Sun'iy intellekt quyidagi vazifalarni bajaradi:

uskunalar nosozligini oldindan aniqlash (Predictive Maintenance);

ishlab chiqarish quvvatlarini optimal taqsimlash;

talabni prognozlash;

mahsulot sifatidagi nuqsonlarni avtomatik aniqlash;

energiya sarfini optimallashtirish;

ishlab chiqarish jadvalini avtomatik shakllantirish;

boshqaruv qarorlarini tavsiya etish.

Natijada boshqaruv subyektlari katta hajmdagi ma'lumotlarni qo'lda tahlil qilish o'rniga sun'iy intellekt tomonidan ishlab chiqilgan analitik tavsiyalardan foydalanish imkoniyatiga ega bo'ladi.

SLIM modelining ilmiy afzalliklari. Muallif tomonidan taklif etilayotgan ushbu model quyidagi jihatlari bilan mavjud yondashuvlardan farq qiladi:

Lean Manufacturing ishlab chiqarish tizimi sifatida emas, balki kompleks boshqaruv konsepsiyasi sifatida qaraladi;

MES va ERP tizimlari yagona boshqaruv platformasi sifatida integratsiyalashadi;

sun'iy intellekt faqat avtomatlashtirish vositasi emas, balki strategik qarorlarni qo'llab-quvvatlovchi intellektual mexanizm sifatida talqin etiladi;

boshqaruv samaradorligini baholash real vaqt ma'lumotlari va prognozlash natijalari asosida amalga oshiriladi;

korxonaning operatsion va strategik boshqaruv darajalari o'rtasida uzluksiz axborot almashinuvi ta'minlanadi.

Shu nuqtai nazardan, SLIM modeli sanoat korxonalarining raqamli transformatsiyasi sharoitida boshqaruv samaradorligini oshirishning istiqbolli ilmiy-amaliy modeli sifatida tavsiya etilishi mumkin.

LMEA (Lean Manufacturing – MES – ERP – Artificial Intelligence) integratsiyalashgan boshqaruv modeli. Mazkur tadqiqot doirasida sanoat korxonalarida boshqaruv samaradorligini oshirishning konseptual mexanizmi sifatida **LMEA (Lean Manufacturing – MES – ERP – Artificial Intelligence)** integratsiyalashgan boshqaruv modeli taklif etiladi. Modelning asosiy g'oyasi Lean Manufacturing tamoyillarini zamonaviy raqamli boshqaruv texnologiyalari bilan uyg'unlashtirish orqali korxona faoliyatining barcha bosqichlarida ma'lumotlarga asoslangan boshqaruvni shakllantirishdan iborat.

Taklif etilayotgan model sanoat korxonasida axborot oqimlari, ishlab chiqarish jarayonlari va boshqaruv qarorlarini yagona ekotizimga birlashtiradi. Ushbu yondashuv natijasida korxonaning operatsion, taktik va strategik boshqaruv darajalari o'rtasida uzluksiz axborot almashinuvi ta'minlanadi.

LMEA modeli quyidagi ketma-ket bosqichlarda ishlaydi:

1-bosqich. Lean Manufacturing tamoyillarini joriy etish. Dastlab korxonada qiymat yaratmaydigan jarayonlar aniqlanadi, ishlab chiqarish oqimlari optimallashtiriladi hamda

isrofgarchiliklarning barcha turlari bosqichma-bosqich bartaraf etiladi. Shu orqali korxona faoliyatining tashkiliy asosi shakllantiriladi.

2-bosqich. MES orqali operatsion monitoring. MES tizimi ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida nazorat qiladi. Uskunalarining ishlash holati, texnologik operatsiyalar, ishlab chiqarish topshiriqlarining bajarilishi va mahsulot sifati bo'yicha uzluksiz ma'lumotlar yig'iladi.

3-bosqich. ERP orqali resurslarni kompleks boshqarish. MES tizimidan olingan ma'lumotlar ERP platformasiga uzatiladi. ERP ishlab chiqarish, logistika, ta'minot, moliya, ombor xo'jaligi va inson resurslarini yagona axborot maydonida boshqarishni ta'minlaydi.

4-bosqich. Sun'iy intellekt asosida tahlil va prognozlash. ERP va MES tizimlarida shakllangan katta hajmdagi ma'lumotlar sun'iy intellekt algoritmlari yordamida qayta ishlanadi. Mashinali o'qitish (Machine Learning) va prognozlash modellaridan foydalangan holda uskunalar nosozligi, ishlab chiqarishdagi kechikishlar, resurs tanqisligi hamda mahsulot sifati bilan bog'liq xavflar oldindan aniqlanadi.

5-bosqich. Qarorlarni qo'llab-quvvatlash. Sun'iy intellekt tomonidan ishlab chiqilgan tahliliy natijalar rahbariyatga optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilishda tavsiya sifatida taqdim etiladi. Bu esa inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytiradi hamda qarorlarning tezkorligi va aniqligini oshiradi.

6-bosqich. Uzluksiz takomillashtirish. LMEA modeli yopiq boshqaruv sikli asosida ishlaydi. Qabul qilingan qarorlarning natijalari qayta monitoring qilinadi, baholanadi va olingan ma'lumotlar asosida Lean Manufacturing tamoyillari doimiy ravishda takomillashtirib boriladi. Shu tariqa korxonada **Kaizen** falsafasi raqamli boshqaruv vositalari bilan uyg'unlashgan holda amalga oshiriladi.

Mazkur modelning eng muhim afzalligi shundaki, u Lean Manufacturing'ni faqat ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish vositasi sifatida emas, balki sun'iy intellekt va raqamli platformalar bilan uyg'unlashgan strategik boshqaruv konsepsiyasi sifatida talqin etadi. Natijada korxonalarda boshqaruv qarorlarining sifati, ishlab chiqarish unumdorligi, resurslardan foydalanish samaradorligi va bozor sharoitlariga moslashuvchanlik sezilarli darajada oshadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, sanoat korxonalarida Lean Manufacturing, MES, ERP va sun'iy intellekt texnologiyalarining o'zaro integratsiyasi boshqaruv samaradorligini oshirishning zamonaviy va istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Alohida-alohida joriy etilgan tizimlarga nisbatan

ularning integratsiyalashgan holda qo'llanilishi korxona faoliyatining barcha darajalarida sinergik samarani yuzaga keltiradi.

Taklif etilgan **LMEA modeli** ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida boshqarish, ma'lumotlarga asoslangan qarorlar qabul qilish, ishlab chiqarishdagi yo'qotishlarni tezkor aniqlash va bartaraf etish hamda resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, model sanoat korxonalarining raqamli transformatsiyasini jadallashtirish, innovatsion salohiyatini rivojlantirish va xalqaro bozordagi raqobatbardoshligini mustahkamlash uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Muallifning fikricha, kelgusidagi tadqiqotlarda LMEA modelini empirik ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazish, uning samaradorligini integral ko'rsatkichlar tizimi orqali baholash hamda turli sanoat tarmoqlariga moslashtirilgan metodik tavsiyalarni ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Bu esa modelni nafaqat nazariy konsepsiya, balki amaliy boshqaruv vositasi sifatida ham qo'llash imkonini kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

Womack J.P., Jones D.T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 2nd ed. – New York: Free Press, 2003. – 396 p.

Liker J.K. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. 2nd ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2021. – 448 p.

Sony M. Industry 4.0 and Lean Management: A proposed integration model and research propositions // Production & Manufacturing Research. – 2018. – Vol. 6, No. 1. – P. 416–432.

Sanders A., Elangeswaran C., Wulfsberg J. Industry 4.0 implies Lean Manufacturing: Research activities in Industry 4.0 function as enablers for Lean Manufacturing // Journal of Industrial Engineering and Management. – 2016. – Vol. 9, No. 3. – P. 811–833.

Cimini C., Lagorio A., Pirola F., Pinto R. How do Industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian manufacturing companies // Journal of Manufacturing Technology Management. – 2021. – Vol. 32, No. 3. – P. 695–721.

Chiarini A., Kumar M. Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for operational excellence: A systematic literature review // International Journal of Lean Six Sigma. – 2021. – Vol. 12, No. 4. – P. 779–804.

Davenport T.H., Ronanki R. Artificial Intelligence for the Real World // Harvard Business Review. – 2018. – Vol. 96, No. 1. – P. 108–116.



SUN'YI INTELEKTNI PEDAGOGIK TA'LIMGA TADBIQ ETISHNING USTIVOR YO'NALISHLARI

mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallar to'plami. 2026-yil 24 – 25-aprel



ISO 22400-2:2014. Automation Systems and Integration — Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management. – Geneva: International Organization for Standardization, 2014.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF–6079-son Farmoni. "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF–60-son Farmoni. 2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida.