

SANOAT KORXONALARIDA LEAN MANUFACTURING TIZIMLARINING
BOSHQARUV SAMARADORLIGIGA TA’SIRINI BAHOLASHNING LMEA
INTEGRAL MODELII

Mamatqulov Rustam Muhammadkarimovich
Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21789480>

Annotatsiya: Mazkur maqolada sanoat korxonalarida *Lean Manufacturing* tizimlarini joriy etish natijasida boshqaruv samaradorligini kompleks baholashning ilmiy-uslubiy asoslari ishlab chiqilgan. Tadqiqotda *Lean Manufacturing*, *Manufacturing Execution System (MES)*, *Enterprise Resource Planning (ERP)* hamda sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyalashgan holda qo’llanilishi boshqaruv samaradorligini baholashning yangi yondashuvi sifatida asoslangan. Muallif tomonidan korxonalarining boshqaruv samaradorligini kompleks baholash imkonini beruvchi **LMEA (Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence)** integral modeli taklif etilgan. Model boshqaruv jarayonlarini raqamlashtirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, resurslardan foydalanishni optimallashtirish va strategik qarorlar sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida raqamli transformatsiya sharoitida boshqaruv samaradorligini baholash metodologiyasini takomillashtirishga ilmiy-amaliy hissa qo’shadi.

Kalit so’zlar: *Lean Manufacturing*, LMEA modeli, boshqaruv samaradorligi, MES, ERP, sun’iy intellekt, KPI, integral indeks, raqamli transformatsiya, Industry 4.0.

Аннотация: В статье разработаны научно-методические основы комплексной оценки эффективности управления промышленными предприятиями при внедрении системы *Lean Manufacturing*. Предложена интегральная модель LMEA (*Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence*), основанная на совместном использовании *Lean*-подходов, систем MES, ERP и технологий искусственного интеллекта. Обосновано, что применение предложенной модели позволяет объективно оценивать эффективность управления, уровень цифровой зрелости предприятия и результативность интеграции современных цифровых технологий. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании системы управления промышленными предприятиями в условиях цифровой трансформации.

Ключевые слова: *Lean Manufacturing*, LMEA, эффективность управления, MES, ERP, искусственный интеллект, интегральная модель, цифровая трансформация.

Abstract: This paper develops a scientific and methodological framework for evaluating management efficiency in industrial enterprises implementing *Lean Manufacturing* systems. An integrated LMEA (*Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence*) model is proposed, combining *Lean* principles, *Manufacturing Execution Systems*, *Enterprise Resource Planning*, and *Artificial Intelligence* technologies. The model enables a comprehensive assessment of management performance, digital maturity, and operational efficiency. The proposed approach contributes to improving management evaluation methodologies for industrial enterprises operating in the context of digital transformation and Industry 4.0.

Keywords: *Lean Manufacturing*, LMEA Model, Management Efficiency, MES, ERP, Artificial Intelligence, Integrated Assessment, KPI, Digital Transformation.

Kirish

Bugungi kunda sanoat korxonalarida boshqaruv samaradorligini oshirish nafaqat ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish yoki mahsulot sifatini yaxshilash bilan cheklanmaydi. Raqamli iqtisodiyot va Industry 4.0 konsepsiyasining rivojlanishi natijasida korxonalar faoliyatini kompleks boshqarish, real vaqt rejimida ma'lumotlarga asoslangan qarorlar qabul qilish hamda ishlab chiqarish jarayonlarini intellektual boshqarish dolzarb vazifaga aylanmoqda. Shu sababli Lean Manufacturing tizimlarini baholashning an'anaviy yondashuvlari zamonaviy boshqaruv talablariga to'liq javob bermay qolmoqda.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, ko'pgina korxonalarda Lean Manufacturing tizimining samaradorligi alohida ko'rsatkichlar — ishlab chiqarish hajmi, tannarx yoki mehnat unumdorligi orqali baholanadi. Biroq bunday yondashuv korxonaning raqamli boshqaruv imkoniyatlari, MES va ERP platformalarining integratsiyasi, sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish darajasi hamda boshqaruv qarorlarining sifatini to'liq aks ettirmaydi. Natijada boshqaruv samaradorligini kompleks baholash imkoniyati cheklanadi.

Shu nuqtai nazardan, sanoat korxonalarida Lean Manufacturing tizimining boshqaruv samaradorligiga ta'sirini ko'p mezonli integral model asosida baholash zarurati yuzaga kelmoqda. Mazkur maqolada aynan shu maqsadda LMEA (Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence) integral modeli taklif etilib, boshqaruv samaradorligini iqtisodiy, operatsion, raqamli va intellektual boshqaruv ko'rsatkichlari asosida kompleks baholashning ilmiy-metodik yondashuvi ishlab chiqiladi.

Lean Manufacturing samaradorligini baholashning zamonaviy ilmiy yondashuvlari. Sanoat korxonalarida Lean Manufacturing tizimini joriy etish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ushbu konsepsiyaning muvaffaqiyati nafaqat ishlab chiqarish jarayonlaridagi yo'qotishlarni kamaytirish, balki boshqaruv tizimining moslashuvchanligi, raqamli yetukligi va qaror qabul qilish sifati bilan ham chambarchas bog'liq. Shu bois Lean Manufacturing samaradorligini baholash metodologiyasi ham ishlab chiqarish natijalaridan tashqariga chiqib, korxonaning kompleks boshqaruv salohiyatini aks ettirishi lozim.

Xalqaro amaliyotda Lean Manufacturing samaradorligini baholash uchun Overall Equipment Effectiveness (OEE), Lead Time, Cycle Time, First Pass Yield (FPY), Overall Process Effectiveness (OPE) va Value Stream Efficiency (VSE) kabi ko'rsatkichlardan keng foydalaniladi. Mazkur indikatorlar ishlab chiqarish jarayonlarining operatsion samaradorligini baholash imkonini bersa-da, ular raqamli boshqaruv platformalari va sun'iy intellekt texnologiyalarining boshqaruv sifatiga ko'rsatayotgan ta'sirini yetarli darajada ifodalamaydi.

Raqamli transformatsiya sharoitida boshqaruv samaradorligini baholash tizimi quyidagi to'rtta strategik komponentni o'z ichiga olishi maqsadga muvofiq:

- Lean Manufacturing ko'rsatkichlari — isrofgarchiliklarni kamaytirish, qiymat yaratish zanjiri samaradorligi, ishlab chiqarish oqimining uzluksizligi;
- MES ko'rsatkichlari — real vaqt monitoringi, uskunalar ishlash koeffitsienti, ishlab chiqarish jarayonlarining shaffofligi;
- ERP ko'rsatkichlari — resurslarni rejalashtirish sifati, biznes jarayonlari integratsiyasi, logistika va moliyaviy boshqaruv samaradorligi;
- Sun'iy intellekt ko'rsatkichlari — prognozlash aniqligi, avtomatlashtirilgan qarorlarni qo'llab-quvvatlash, analitik modellar samaradorligi.

Mazkur to’rtta komponentning uyg’unlashuvi sanoat korxonasining boshqaruv samaradorligini kompleks baholash imkonini beradi hamda aynan shu yondashuv LMEA integral modelining nazariy asosini tashkil etadi.

LMEA-EI (Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence Effectiveness Index) integral baholash modeli. Sanoat korxonalarida Lean Manufacturing tizimini joriy etish samaradorligini baholash bo’yicha mavjud yondashuvlar asosan ishlab chiqarish natijalari yoki alohida funksional ko’rsatkichlarga tayanadi. Biroq raqamli transformatsiya sharoitida korxona faoliyati ko’plab o’zaro bog’liq omillar ta’sirida shakllanadi. Shu sababli boshqaruv samaradorligini faqat bitta yoki ikkita indikator orqali baholash ilmiy va amaliy jihatdan yetarli emas.

Mazkur tadqiqot doirasida boshqaruv samaradorligini kompleks baholash uchun LMEA-EI (Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence Effectiveness Index) konseptual integral indeksi taklif etiladi. Ushbu indeks korxonada Lean Manufacturing tamoyillarini joriy etish darajasi, MES va ERP tizimlarining funksional samaradorligi hamda sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish natijalarini yagona baholash tizimida birlashtirishga xizmat qiladi.

Konseptual yondashuvga ko’ra, integral indeks quyidagi to’rtta asosiy komponentdan shakllanadi:

- L (Lean Performance) – Lean Manufacturing tamoyillarini joriy etish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish darajasi;
- M (MES Performance) – ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish va boshqarish samaradorligi;
- E (ERP Integration) – korxonaning biznes jarayonlarini integratsiyalash va resurslarni boshqarish samaradorligi;
- A (Artificial Intelligence Performance) – sun’iy intellekt asosida tahlil, prognozlash va qarorlarni qo’llab-quvvatlash darajasi.

Ushbu to’rtta komponentning uyg’unlashuvi sanoat korxonasining boshqaruv samaradorligini kompleks tavsiflaydi. Shuning uchun LMEA-EI integral ko’rsatkichi quyidagi konseptual ko’rinishda ifodalanishi mumkin:

$$LMEA-EI = w_L \times L + w_M \times M + w_E \times E + w_A \times A$$

bu yerda:

- w_L, w_M, w_E, w_A – komponentlarning nisbiy ahamiyatini ifodalovchi vazn koeffitsiyentlari;
- L, M, E, A – mos ravishda normallashtirilgan komponent qiymatlari.

Mazkur modelning amaliy qo’llanilishida vazn koeffitsiyentlarini ekspert baholash, Analitik Ierarxiya Jarayoni (AHP) yoki boshqa ko’p mezonli qaror qabul qilish usullari asosida aniqlash mumkin. Bu esa modelni turli tarmoq va korxonalar sharoitiga moslashtirish imkonini beradi.

LMEA-EI integral indeksining tarkibiy ko’rsatkichlari

LMEA-EI indeksining har bir komponenti bir nechta ko’rsatkichlar asosida shakllantiriladi.

1. Lean Performance (L)

Mazkur blok korxonada Lean Manufacturing tamoyillarini joriy etish darajasini tavsiflaydi.

Asosiy indikatorlar:

- ishlab chiqarishdagi yo’qotishlarning kamayishi;

- ishlab chiqarish siklining qisqarishi;
- qiymat yaratish oqimi samaradorligi;
- OEE ko’rsatkichining o’sishi;
- nuqsonli mahsulotlar ulushining kamayishi.

2. MES Performance (M)

Mazkur blok ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish samaradorligini ifodalaydi.

Baholash mezonlari:

- real vaqt monitoringi qamrovi;
- ishlab chiqarish ma’lumotlarining aniqligi;
- uskunalar holatini nazorat qilish sifati;
- ishlab chiqarish topshiriqlarining bajarilish tezligi;
- avtomatlashtirilgan nazorat darajasi.

3. ERP Integration (E)

Mazkur komponent korxonaning biznes jarayonlarini integratsiyalash darajasini aks ettiradi.

Asosiy indikatorlar:

- resurslarni rejalashtirish sifati;
- logistika boshqaruvi;
- ombor zaxiralarini optimallashtirish;
- moliyaviy axborotning yaxlitligi;
- bo’limlararo axborot almashinuvi.

4. Artificial Intelligence Performance (A)

Mazkur komponent sun’iy intellektdan foydalanish samaradorligini tavsiflaydi.

Asosiy indikatorlar:

- prognozlash aniqligi;
- Predictive Maintenance samaradorligi;
- avtomatik qarorlarni qo’llab-quvvatlash;
- analitik modellar sifati;
- boshqaruv qarorlarini tayyorlash vaqtining qisqarishi.

LMEA-EI natijalarini talqin qilish mezonlari

Muallif tomonidan taklif etilayotgan konseptual yondashuvda integral indeks natijalarini quyidagicha talqin qilish mumkin.

LMEA-EI qiymati	Boshqaruv samaradorligi darajasi	Tavsif
0,00 – 0,20	Juda past	Lean va raqamli boshqaruv tizimlari deyarli joriy etilmagan.
0,21 – 0,40	Past	Alohida elementlar mavjud, biroq integratsiya darajasi yetarli emas.
0,41 – 0,60	O’rtacha	Lean tamoyillari joriy etilgan, biroq MES, ERP va AI integratsiyasi cheklangan.
0,61 – 0,80	Yuqori	Integratsiyalashgan boshqaruv tizimi samarali ishlamoqda.

LMEA-EI qiymati	Boshqaruv samaradorligi darajasi	Tavsif
0,81 – 1,00	Juda yuqori	Korxona raqamli transformatsiyaning yuqori bosqichiga erishgan va boshqaruv qarorlari ma'lumotlarga asoslangan holda qabul qilinadi.

Mazkur talqin sanoat korxonalarini boshqaruv samaradorligi bo'yicha guruhlash, zaif va kuchli tomonlarini aniqlash hamda rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

LMEA integral modelini sanoat korxonalarida amaliy qo'llashning ustuvor yo'nalishlari. Raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashuvi sharoitida sanoat korxonalarining boshqaruv tizimlari tobora murakkablashib bormoqda. Ishlab chiqarish hajmining ortishi, ta'minot zanjirlarining diversifikatsiyalashuvi hamda real vaqt rejimida qarorlar qabul qilish zarurati korxonalarda kompleks baholash mexanizmlarini joriy etishni taqozo etmoqda. Shu nuqtai nazardan, taklif etilgan LMEA-EI konseptual modeli korxona boshqaruvining raqamli yetukligini aniqlash va strategik rivojlanish yo'nalishlarini belgilashda muhim tahliliy vosita bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Mazkur modelni amaliyotga joriy etish, avvalo, sanoat korxonalarida boshqaruv samaradorligini muntazam monitoring qilish imkonini yaratadi. Bunda Lean Manufacturing tamoyillarining joriy etilish darajasi, MES va ERP tizimlarining funksional imkoniyatlari hamda sun'iy intellekt algoritmalarining boshqaruv qarorlariga ko'rsatayotgan ta'siri yagona metodik yondashuv asosida baholanadi. Natijada korxona rahbariyati boshqaruv tizimining qaysi bo'g'inlari rivojlanganini va qaysi yo'nalishlarda takomillashtirish zarurligini aniq belgilashi mumkin.

Ikkinchidan, LMEA-EI modeli korxonalarning raqamli transformatsiya darajasini baholash uchun ham xizmat qiladi. Amaliyotda ko'plab korxonalarda ERP yoki MES tizimlari joriy etilgan bo'lsa-da, ularning o'zaro integratsiyasi hamda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish darajasi turlicha bo'ladi. Shu sababli yagona integral indeks asosida baholash korxonaning raqamli rivojlanish bosqichini aniqlash va keyingi modernizatsiya strategiyasini ishlab chiqish imkonini beradi.

Uchinchidan, model investitsion qarorlar qabul qilish jarayonida ham qo'llanilishi mumkin. Raqamli boshqaruv texnologiyalariga yo'naltirilayotgan investitsiyalar samaradorligini baholashda faqat moliyaviy ko'rsatkichlarga tayanish yetarli emas. LMEA-EI indeksi investitsiyalarning boshqaruv samaradorligi, operatsion natijalar va raqamli integratsiyaga ko'rsatayotgan ta'sirini kompleks baholash imkonini beradi.

Bundan tashqari, model sanoat korxonalarini o'zaro taqqoslash (benchmarking) vositasi sifatida ham foydalanilishi mumkin. Bir xil tarmoqda faoliyat yuritayotgan korxonalarning LMEA-EI ko'rsatkichlarini qiyosiy tahlil qilish orqali ilg'or tajribalarni aniqlash, boshqaruvdagi mavjud tafovutlarni baholash hamda samarali boshqaruv amaliyotlarini ommalashtirish imkoniyati yaratiladi.

Muallifning fikricha, LMEA-EI modelini amaliyotga tatbiq etish quyidagi natijalarga erishishga xizmat qiladi:

- boshqaruv qarorlarining tezkorligi va aniqligini oshirish;
- ishlab chiqarishdagi yo'qotishlarni tizimli ravishda kamaytirish;
- MES va ERP platformalari o'rtasidagi axborot almashinuvini takomillashtirish;

– sun’iy intellekt asosidagi prognozlash va tahlil tizimlarini boshqaruvga integratsiyalash;

- korxonaning raqamli yetukligini muntazam baholab borish;
- resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish;
- xalqaro raqobatbardoshlikni mustahkamlash.

Shunday qilib, taklif etilayotgan model nafaqat ilmiy tadqiqotlarda, balki sanoat korxonalarining strategik boshqaruv amaliyotida ham qo'llanilishi mumkin bo'lgan istiqbolli metodik yondashuv hisoblanadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, zamonaviy sanoat korxonalarida boshqaruv samaradorligini oshirish Lean Manufacturing tamoyillarini alohida joriy etish bilan cheklanmaydi. Yuqori natijalarga erishish uchun ushbu konsepsiyani MES, ERP va sun'iy intellekt texnologiyalari bilan uzviy integratsiyalash zarur. Bunday yondashuv ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish, resurslardan oqilona foydalanish, boshqaruv qarorlarini ma'lumotlarga asoslangan holda qabul qilish hamda korxonaning strategik rivojlanishini ta'minlash imkonini beradi.

Mazkur maqolada muallif tomonidan taklif etilgan *LMEA-EI* (Lean Manufacturing–MES–ERP–Artificial Intelligence Effectiveness Index) konseptual integral modeli boshqaruv samaradorligini kompleks baholashga qaratilgan ilmiy-metodik yondashuv sifatida ishlab chiqildi. Modelning asosiy afzalligi shundaki, u Lean Manufacturing tamoyillari, ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish tizimlari, korxona resurslarini rejalashtirish platformalari va sun'iy intellekt texnologiyalarini yagona baholash tizimida birlashtiradi.

Taklif etilgan yondashuv sanoat korxonalarining boshqaruv samaradorligini ko'p mezonli baholash, raqamli transformatsiya darajasini aniqlash, boshqaruv tizimining kuchli va zaif tomonlarini tahlil qilish hamda strategik rivojlanish yo'nalishlarini belgilash uchun nazariy va amaliy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Kelgusidagi ilmiy tadqiqotlarda *LMEA-EI* modelini real sanoat korxonalari misolida sinovdan o'tkazish, vazn koeffitsiyentlarini statistik va ekspert usullari yordamida aniqlashtirish, shuningdek, modelni turli sanoat tarmoqlariga moslashtirish maqsadga muvofiqdir. Bu modelning amaliy ishonchligini oshirish va uni boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlovchi metodik vosita sifatida keng qo'llash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. 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.
2. 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.
3. Ohno T. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. – Portland: Productivity Press, 1988. – 176 p.
4. Sony M., Naik S. Industry 4.0 integration with Lean Manufacturing: An empirical assessment and future research agenda // Benchmarking: An International Journal. – 2020. – Vol. 27, No. 8. – P. 2635–2654.
5. Tortorella G.L., Fettermann D. Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian manufacturing companies // International Journal of Production Research. – 2018. – Vol. 56, No. 8. – P. 2975–2987.



6. 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.
7. Davenport T.H., Ronanki R. Artificial Intelligence for the Real World // Harvard Business Review. – 2018. – Vol. 96, No. 1. – P. 108–116.
8. ISO 22400-2:2014. Automation Systems and Integration — Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management. – Geneva: International Organization for Standardization, 2014.
9. 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.
10. 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.