

**ISHLAB CHIQUARISH JARAYONLARIDA SUN'YI INTELLEKT ASOSIDAGI  
INTELLEKTUAL DIAGNOSTIKA TIZIMLARINI JORIY ETISHNING  
TEXNIK VA IQTISODIY SAMARADORLIGI****Yusupbekov Azizbek Nodibekovich**Toshkent davlat texnika universiteti kafedra mudiri,  
texnika fanlari doktori, professor**Xolmamadov Mehrojiddin**

Toshkent davlat texnika universiteti magistranti

**Annotatsiya.** Mazkur ilmiy maqolada ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligi kompleks tarzda tahlil qilingan. Tadqiqotda ishlab chiqarish uskunalarning texnik holatini real vaqt rejimida monitoring qilish, nosozliklarni erta aniqlash hamda bashoratli texnik xizmat ko'rsatishni tashkil etishda sun'iy intellekt texnologiyalarining ahamiyati asoslab berilgan. Shuningdek, intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish orqali ishlab chiqarish jarayonlarida uzilishlar sonini kamaytirish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida raqamli transformatsiyani jadallashtirish va "aqlli ishlab chiqarish" konsepsiyasini amalga oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlar:** sun'iy intellekt, intellektual diagnostika, ishlab chiqarish jarayonlari, texnik samaradorlik, iqtisodiy samaradorlik, bashoratli texnik xizmat, raqamli transformatsiya, Industry 4.0.

**KIRISH**

So'nggi yillarda ishlab chiqarish jarayonlarida raqamli transformatsiya va Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining joriy etilishi tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ishlab chiqarish tizimlarida nosozliklar va avariya holatlar ishlab chiqarish jarayonlarini to'xtatish, moliyaviy yo'qotishlar va resurslardan samarali foydalanmaslik kabi salbiy oqibatlarga olib keladi. Shu bois, ishlab chiqarish uskunalarning texnik holatini real vaqt rejimida monitoring qilish va nosozliklarni erta aniqlash imkonini beruvchi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish sanoat korxonalarini uchun strategik ahamiyatga ega hisoblanadi [1].

Sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish algoritmlari yordamida ishlab chiqarish jarayonlarini doimiy kuzatish, nosozliklarni bashorat qilish va texnik xizmat ko'rsatishni optimallashtirish mumkin. Bu esa nafaqat ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta'minlaydi, balki texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi. Mobleyning fikricha, bashoratli texnik xizmat ko'rsatish tizimlari ishlab chiqarish uskunalaridagi nosozliklarni erta aniqlash orqali avariya to'xtashlarni kamaytirishga va ishlab chiqarish jarayonlarini samarali boshqarishga xizmat qiladi [1].

Shu bilan birga, iqtisodiy samaradorlik jihatidan intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, energiya resurslaridan samarali foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkoniyatlarini beradi. Tadqiqot natijalari ko'rsatadiki, ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellekt asosidagi tizimlarni joriy etish nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham muhim foyda keltiradi. Shu sababli, korxonalar uchun raqamli transformatsiya va aqlli ishlab chiqarish tizimlariga investitsiya kiritish dolzarb ilmiy va amaliy masala sifatida qaraladi.

### **ADABIYOTLAR TAHLILI**

Ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligi masalasi so'nggi yillarda ko'plab olimlar tomonidan o'rganilgan. R. K. Mobley bashoratli texnik xizmat ko'rsatish (predictive maintenance) konsepsiyasida ishlab chiqarish uskunalaridagi nosozliklarni erta aniqlash orqali texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarini uzluksiz ta'minlash imkoniyatlarini yoritadi. Muallifning qarashlariga ko'ra, intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi [2].

Jardine va hamkorlari o'z tadqiqotlarida ishlab chiqarish uskunalarida sensor ma'lumotlarini tahlil qilish orqali nosozliklarni oldindan aniqlashning amaliy va texnik imkoniyatlarini batafsil bayon qilgan. Ularning fikriga ko'ra, holatga asoslangan texnik xizmat ko'rsatish (condition-based maintenance) nafaqat texnik, balki iqtisodiy samaradorlikni ham oshiradi [3].

Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida J. Lee va hamkasblari ishlab chiqarish jarayonlarida kiber-jismoniy tizimlar (Cyber-Physical Systems) va sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish orqali intellektual diagnostika tizimlarini yaratish imkoniyatlarini ko'rsatgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, bu yondashuv ishlab chiqarish

jarayonlarining samaradorligini oshirish va avariya to'xtashlarni kamaytirishga xizmat qiladi [4].

Zhang, Yang va Wang o'z asarlarida data-driven yondashuvlar orqali intellektual diagnostika tizimlarini loyihalash va iqtisodiy samaradorligini tahlil qilish bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borgan. Ularning fikriga ko'ra, sun'iy intellekt algoritmlari, xususan, chuqur o'rganish modellaridan foydalanish texnik va iqtisodiy samaradorlikni oshirishda eng samarali vosita hisoblanadi [5].

Shuningdek, Soha va Hamid sun'iy intellekt asosida ishlab chiqarish jarayonlarida nosozliklarni oldindan aniqlashning amaliy jihatlari o'rganib, bu tizimlarni ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga qaratilgan yechim sifatida baholagan [6].

Yuqoridagi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etish nafaqat texnik, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, real sanoat sharoitlariga moslashtirilgan kompleks tizimlar yaratish va ularning samaradorligini kengaytirish dolzarb ilmiy va amaliy vazifa sifatida qolmoqda.

## **TADQIQOT METODOLOGIYASI**

Mazkur tadqiqotda ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligini baholash uchun kompleks metodologiya qo'llanildi. Tadqiqot jarayonida ishlab chiqarish uskunalaridan real vaqt rejimida yig'ilgan sensor ma'lumotlari tahlil qilinib, nosozliklarni aniqlash va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish imkoniyatlari o'rganildi. Ma'lumotlar dastlab tozalash, normallashtirish va xususiyatlarni tanlash bosqichlaridan o'tkazildi. Keyin mashinaviy o'rganish algoritmlari va sun'iy intellekt modellari yordamida texnik va iqtisodiy samaradorlik tahlillari amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqarish jarayonlariga mos intellektual diagnostika tizimini joriy etish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

## **TAHLIL VA NATIJALAR**

Tadqiqot doirasida ishlab chiqarish jarayonlariga sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligini baholash uchun tajribaviy tadqiqotlar o'tkazildi. Tadqiqotning texnik qismida ishlab chiqarish uskunalaridan real vaqt rejimida yig'ilgan sensor ma'lumotlari — harorat, vibratsiya, bosim va elektr toki ko'rsatkichlari — tahlil qilindi. Ushbu parametrlar

ishlab chiqarish uskunasi normal va nosoz holatlarini aniqlash uchun asosiy xususiyatlar sifatida tanlandi. Mobleyning qarashlariga ko‘ra, nosozliklarni erta aniqlash tizimlari texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta‘minlashga imkon beradi [7].

Tahlil jarayonida ma‘lumotlar tozalandi, normallashtirildi va xususiyatlarni tanlash bosqichidan o‘tkazildi. Keyin Random Forest, Tayanch vektor mashinalari (SVM) va chuqur neyron tarmoqlari asosidagi modellardan foydalanib nosozliklarni aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini optimallashtirish masalalari yechildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, neyron tarmoqlari asosidagi model murakkab va nolinear bog‘liqliklarga ega bo‘lgan ma‘lumotlarda eng yuqori aniqlikni namoyon etdi. Shuningdek, SVM va Random Forest algoritmlari kichik va o‘rta hajmdagi ma‘lumotlar bilan ishlashda barqaror natijalar ko‘rsatdi, ammo katta hajmdagi ma‘lumotlarda neyron tarmoqlari ustunlik qildi [8].

Tadqiqot natijalarini vizual tarzda quyidagi jadvalda ko‘rish mumkin:

1-jadval

***Ishlab chiqarish uskunalarida nosozliklarni aniqlash algoritmlarining samaradorlik ko‘rsatkichlari***

<b>Algoritm nomi</b>	<b>Aniqlik (Accuracy), %</b>	<b>Sezgirlik (Recall), %</b>	<b>Aniqlash ishonchliligi (Precision), %</b>	<b>Texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish, %</b>
Random Forest	88,7	86,5	87,2	15,4
SVM	85,9	83,8	84,7	12,1
Neyron tarmoqlari	92,5	91,2	91,8	18,7

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, neyron tarmoqlari asosidagi intellektual diagnostika tizimi nafaqat nosozliklarni aniqlashda eng yuqori aniqlikni ta‘minlaydi, balki texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini eng ko‘p kamaytirishga xizmat qiladi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta‘minlash va avariya to‘xtashlarni kamaytirishda muhim iqtisodiy samaradorlikni beradi [9].

Shuningdek, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sun‘iy intellekt tizimlarini joriy etish orqali ishlab chiqarish jarayonlarida nosozliklardan kelib chiqadigan yo‘qotishlar sezilarli darajada kamayadi. Jadval ko‘rsatkichlariga asoslanib, neyron tarmoqlari asosidagi tizim yil davomida taxminan 18–20% iqtisodiy samaradorlikni oshirishi mumkinligi baholandi. Random Forest va SVM esa o‘rtacha 12–15%

samaradorlikni ta'minlaydi [10]. Shu bilan birga, texnik va iqtisodiy samaradorlikni yanada oshirish uchun tizimni real ishlab chiqarish sharoitlariga moslashtirish va sensor ma'lumotlar bazasini kengaytirish tavsiya etiladi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, ishlab chiqarish jarayonlariga sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan samarali bo'lib, sanoat korxonalarining barqaror va raqamlashtirilgan rivojlanishini ta'minlashga xizmat qiladi.

## **XULOSA**

Mazkur tadqiqot doirasida ishlab chiqarish jarayonlarida sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligi kompleks tarzda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, real vaqt rejimida sensorlar orqali yig'ilgan ma'lumotlarni tahlil qilish va mashinaviy o'rganish algoritmlari yordamida nosozliklarni aniqlash an'anaviy diagnostika usullariga nisbatan sezilarli darajada tezroq va ishonchli natijalarni beradi. Ayniqsa, chuqur neyron tarmoqlari murakkab va nolinear bog'liqliklarga ega bo'lgan ishlab chiqarish ma'lumotlarini samarali qayta ishlash imkoniyatini ta'minlab, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta'minlashda eng yuqori natijalarni ko'rsatdi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, sun'iy intellekt asosidagi intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham samarali bo'lib, ishlab chiqarish jarayonlarida avariya to'xtashlar sonini kamaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi. Shu bilan birga, tizimning samaradorligini yanada oshirish uchun ishlab chiqarish sharoitlariga moslashtirilgan sensor tizimlari, katta hajmdagi ma'lumotlar bazasi va doimiy o'rganish algoritmlarini integratsiyalash zarur.

Kelgusida ushbu intellektual diagnostika tizimlarini turli sanoat tarmoqlariga joriy etish, ishlab chiqarish sharoitida real vaqtli sinovlar o'tkazish va iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlarini kengaytirish orqali tizimning amaliy samaradorligini oshirish mumkin. Shu tariqa, tadqiqot nafaqat ilmiy jihatdan asoslangan, balki amaliy tatbiq etilishi bilan sanoat korxonalarining raqamlashtirilgan, barqaror va samarali rivojlanishiga xizmat qiladigan ilmiy-amaliy hissa sifatida baholanishi mumkin.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Mobley R. K. *An Introduction to Predictive Maintenance*. — 2nd edition. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. — 440 p.
2. Jardine A. K. S., Lin D., Banjevic D. Machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2006, Vol. 20, Issue 7, pp. 1483–1510.
3. Lee J., Bagheri B., Kao H. A. Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 2015, No. 3, pp. 18–23.
4. Zhang W., Yang D., Wang H. Data-driven methods for predictive maintenance of industrial equipment: A survey. *IEEE Systems Journal*, 2019, Vol. 13, No. 3, pp. 2213–2227.
5. Soha A., Hamid R. Deep learning-based fault diagnosis in industrial systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2020, Vol. 31, No. 4, pp. 905–917.
6. Lee J., Bagheri B., Kao H. A. Recent advances and trends in Industry 4.0 technologies for manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 2017, Vol. 46, pp. 1–12.
7. Wang T., Wang J., He Y. Intelligent fault diagnosis of industrial equipment using machine learning: A review. *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, Vol. 172, pp. 21–37.
8. Kusiak A. Smart manufacturing must embrace big data. *Nature*, 2017, Vol. 544, pp. 23–25.
9. Lee J., Wu F., Zhao W., Ghaffari M., Liao L., Siegel D. Prognostics and health management design for rotary machinery systems—Reviews, methodology and applications. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2014, Vol. 42, pp. 314–334.
10. Lu Y., Morris K. C., Frechette S. M. Current standards landscape for smart manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 2016, Vol. 41, pp. 157–175.