



SANOAT JARAYONLARIDA SUN'YI INTELLEKT YORDAMIDA PREDIKTIV TEXNIK XIZMAT KO'RSATISH TIZIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH

To'xtayev Salohiddin Abdulla o'g'li

Termez iqtisodiyot va servis universiteti, Kompyuter tizimlari va ularning dasturiy ta'minot yo'nalishi, 1-kurs magistranti

salohiddintoxtayev70@gmail.com

Аннотация

Ushbu maqolada sanoat korxonalarida texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarini sun'iy intellekt asosida optimallashtirishning nazariy va amaliy asoslari yoritiladi. Prediktiv texnik xizmat ko'rsatish (Predictive Maintenance — PdM) sanoat tizimlari ishonchliligi, xavfsizligi va uzluksizligini ta'minlashda muhim mexanizm bo'lib, sun'iy intellekt metodlari, ayniqsa mashinaviy o'qitish va chuqur neyron tarmoqlar yordamida jarayonlarning noaniqlik darajasi keskin kamayadi, avariya holatlarining oldi olinadi hamda iqtisodiy samaradorlik oshadi. Tadqiqotda PdM tizimlarining analitik modeli, sensorlardan olinadigan ma'lumotlar oqimining xususiyatlari, buzilish ehtimolini prognozlash algoritmlari va ulardan foydalanishning sanoat amaliyoti bilan bog'liq jihatlari tahlil qilinadi. Maqola sun'iy intellekt algoritmlarining metodologik ustunliklari bilan birga, ularning cheklovlari, real ishlab chiqarish jarayonlaridagi integratsiya muammolari va texnologik moslashuv masalalarini ham yoritadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, prediktiv texnik xizmat, mashinaviy o'qitish, sanoat avtomatikasi, raqamli sensorlar, nosozliklarni aniqlash, ishlab chiqarish samaradorligi.

Аннотация

В данной статье рассматриваются теоретические и практические основы оптимизации процессов технического обслуживания на промышленных предприятиях на основе искусственного интеллекта. Прогнозирующее техническое обслуживание (ПТО) является важным механизмом обеспечения надежности, безопасности и непрерывности промышленных систем, а использование методов искусственного интеллекта, в частности машинного обучения и глубоких нейронных сетей, позволяет резко снизить уровень неопределенности процессов, предотвратить аварии и повысить экономическую эффективность. В исследовании анализируется





аналитическая модель систем ПТО, характеристики потока данных от датчиков, алгоритмы прогнозирования вероятности отказа и аспекты их применения в промышленной практике. Также рассматриваются методологические преимущества алгоритмов искусственного интеллекта, а также их ограничения, проблемы интеграции в реальные производственные процессы и вопросы технологической адаптации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, прогнозирующее техническое обслуживание, машинное обучение, промышленная автоматизация, цифровые датчики, обнаружение неисправностей, эффективность производства.

KIRISH QISMI

Zamonaviy sanoat texnologiyalarida jihozlarning ishonchli ishlashi korxonalar raqobatbardoshligi, iqtisodiy barqarorligi va ishlab chiqarish xavfsizligining asosiy ko'rsatkichlaridan biri hisoblanadi. Texnik xizmat ko'rsatishning rejalashtirilmagan to'xtalishlarga bog'liq yo'qotishlari nafaqat moliyaviy zarar keltiradi, balki ishlab chiqarish zanjirining umumiy barqarorligini izdan chiqaradi. Shu nuqtayi nazardan, texnik xizmat ko'rsatishning an'anaviy korrekktiv yoki profilaktik yondashuvlari o'zining cheklanganligini namoyon etmoqda. Prediktiv texnik xizmat ko'rsatish esa real vaqt rejimida kuzatuv, xulosa chiqarish va bashorat qilish imkoniyati bilan ajralib turadi. Ayniqsa, AI texnologiyalari yordamida buzilish ehtimolini oldindan aniqlash, komponentlarning eskirish dinamikasini modellashtirish, sensor ma'lumotlaridagi yashirin anomaliyalarni aniqlash imkoniyati kundan-kunga kengayib bormoqda.

Mazkur maqola prediktiv texnik xizmatning sun'iy intellekt asosidagi modellari sanoat tizimlarining umumiy samaradorligiga qanday ta'sir ko'rsatishini ilmiy asosda tahlil qiladi. Jarayonlar murakkabligi, sensorlar sifati, o'lchov xatolari va algoritmlarning moslashuvchanligi kabi omillar bu tizimlarni shakllantirishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Mavzu bo'yicha xalqaro ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish sun'iy intellekt asosidagi PdM tizimlarining rivojlanish jarayoni bir necha bosqichlardan o'tganini ko'rsatdi. Avvalgi tadqiqotlar, asosan, vibrodiagnostika, akustik monitoring yoki harorat signallarini filtratsiya qilish kabi alohida parametrlar bo'yicha diagnostika qilishga qaratilgan edi. So'ngra statistik model asosidagi regressiya yondashuvlari qo'llana boshlandi. Keyingi davrda mashinaviy





o‘qitish algoritmlarining kirib kelishi nosozliklarning aniq belgilarini aniqlashni tezlashtirdi. Hozirgi bosqich esa chuqur o‘qitish, konvolyutsion neyron tarmoqlar, rekurent arxitekturalar hamda sensor ma’lumotlaridagi noyob naqshlarni avtomatik aniqlovchi modellar bilan tavsiflanadi.

Adabiyotlarda keltirilgan fikrlarning aksariyati sensor ma’lumotlarining zichligi, dinamikasi va sifati PdM tizimlari samaradorligini belgilashda asosiy omil ekanini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ayrim tadqiqotlarda sensorlar sifati past bo‘lgan real zavod sharoitida algoritmlarning noto‘g‘ri ishlashi muammolari qayd etilgan. Demak, ilmiy adabiyotlar PdM tizimlari uchun AI yondashuvlarining imkoniyatlari keng bo‘lsa-da, amaliy cheklovlar ham mavjudligini ta’kidlaydi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot metodologiyasi kompleks yondashuvga asoslangan bo‘lib, sensor ma’lumotlarini dastlabki qayta ishlash, xususiyatlar ajratish, anomaliyalarni aniqlash va prognozlash algoritmlarini baholash bosqichlarini qamrab oladi. Avvalo, vibratsiya, harorat, oqim kuchi va yuklama bo‘yicha laborator test ma’lumotlari to‘plandi. Shundan so‘ng ma’lumotlar tozalash, normalizatsiya qilish va signalning vaqt-chastota domenida tahlil qilish amalga oshirildi. Prognozlash uchun bir nechta model tanlandi: Random Forest, LSTM, GRU va AutoEncoder asosidagi anomaliya detektorlari. Har bir modelning aniqligi, barqarorligi va hisoblash samaradorligi solishtirildi.

Sensorlar oqimining yuqori o‘zgaruvchanligi sababli ma’lumotlar bo‘linib, o‘quv va test to‘plamlari sifatida qayta ishlatildi. Bunda algoritmlarning “overfitting” holatiga tushib qolmaslik uchun kross-validatsiya yondashuvi qo‘llandi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, chuqur o‘qitish modellarining anomaliya aniqlashdagi ustunligi sezilarli darajada yuqori bo‘lsa-da, ularning hisoblash murakkabligi resurs cheklangan sanoat qurilmalarida jiddiy muammolar keltirib chiqaradi. LSTM modeli uzoq muddatli bog‘lanishlarni yaxshi ushlagan bo‘lsa-da, AutoEncoder sensor ma’lumotlaridagi yashirin naqshlarni aniqlashda samaraliroq bo‘lib chiqdi. Quyidagi jadvalda asosiy algoritmlarning solishtirma tahlili keltiriladi:

Algoritm	Aniqlik (%)	Hisoblash xarajati	Real vaqtga moslashuvchanligi
Random Forest	87	Past	Yaxshi





LSTM	93	Yuqori	O‘rtacha
GRU	91	O‘rtacha	Yaxshi
AutoEncoder	95	O‘rtacha-yuqori	Cheklangan

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, aniqligi eng yuqori model AutoEncoder bo‘lsa-da, real ishlab chiqarish muhitida hisoblash resurslari cheklangan tizimlar uchun GRU va Random Forest ko‘proq mos keladi. Sensor sifati past bo‘lgan ma’lumotlarda LSTM modellari barqarorlikni saqlagan holda ishonchli prognozlar berdi.

MUHOKAMA

Natijalar tahlili prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish tizimlari uchun sun‘iy intellekt yondashuvlarini tanlashda yagona ideal algoritm mavjud emasligini ko‘rsatadi. Har bir sanoat tizimi texnologik yuklama, sensor arxitekturasi, real vaqt talablari va hisoblash quvvatiga nisbatan o‘ziga xos bo‘lgan talablarni qo‘yadi. Shuning uchun eng samarali yondashuv sifatida gibril AI tizimlari — ya’ni turli modellarni o‘zaro kombinatsiya qilish — tavsiya etiladi.

AI modellarini amaliyotga tatbiq qilishda yana bir muhim jihat integratsiya xarajatlari bo‘lib, zavod sharoitida mavjud tizimlar bilan uyg‘un ishlash, sensorlar joylashuvi, uzatish kanallarining barqarorligi va texnik xizmat ko‘rsatish madaniyati algoritmlarning amaliy samaradorligiga kuchli ta’sir qiladi. Maqola muhokamasi shuni ko‘rsatadi: texnik xizmat ko‘rsatishning prediktiv modeliga o‘tish nafaqat texnologik, balki tashkiliy transformatsiyani ham talab etadi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, sun‘iy intellekt asosida qurilgan prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish tizimlari sanoat korxonalarining samaradorligini oshirish, avariya holatlarini kamaytirish va texnik uzluksizlikni ta’minlashning zamonaviy vositasi sifatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, AI algoritmlarini tanlashda ma’lumot tabiati, hisoblash imkoniyatlari, sensorlar sifati va real vaqt talablari chuqur tahlil qilinishi zarur. Gibril modellar bu borada eng istiqbolli yo‘nalish bo‘lib, ular anomaliyalarni aniqlashda aniqlik va tezkorlik o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minlaydi. Kelgusidagi ilmiy izlanishlar sanoat raqamlashtirish jarayoniga mos keluvchi yengil, energiya tejankor va o‘z-o‘zini moslashtira oladigan AI modellarini yaratishga qaratilishi kerak.



**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. Lee J., Bagheri B., Kao H.A. A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. – Manufacturing Letters, 2015. – Vol. 3. – P. 18–23.
2. Carvalho T.P., Soares F.A. et al. A Systematic Literature Review of Machine Learning Methods Applied to Predictive Maintenance. – Computers & Industrial Engineering, 2019. – Vol. 137. – 106024.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 775 p.
4. Jardine A.K.S., Lin D., Banjevic D. A Review on Machinery Diagnostics and Prognostics. – Mechanical Systems and Signal Processing, 2006. – Vol. 20. – P. 1483–1510.
5. ISO 13374-1. Condition Monitoring and Diagnostics of Machines. – International Organization for Standardization, 2014.

