DOI: 10.65322/j.srd.05192026.88

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA SANOAT QURILMALARINI PROGNOZLI TASHXISLASH TIZIMLARINING KONSTRUKTIV VA TEXNOLOGIK YECHIMLARINI TAHLIL QILISH

Uzoqov F.G'., *PhD, dotsent,*
Sun'iy intellekt va axborot xavfsizligi kafedrasi,
E-mail: farxodjonuzoqov@gmail.com,
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sanoat korxonalarida texnik uskunalar va mexanizmlarning holatini real vaqt rejimida monitoring qilish hamda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan nosozliklarni barvaqt aniqlash (prognozli tashxis) tizimlarining mavjud konstruktiv va texnologik yechimlari tahlil qilingan [1]. Dastlab an'anaviy rejali-profilaktik xizmat ko'rsatish usullari hamda ularning cheklovlari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, IoT datchiklari, ma'lumotlarni yig'ish (SCADA) qurilmalari va mashinali o'rgatish (Machine Learning) algoritmlariga asoslangan intellektual tashxis tizimlarining ishlash prinsipi va texnologik ko'rsatkichlari tahlil etilgan [2]. Mavjud tizimlarning asosan klassik ma'lumotlar protokollariga mo'ljallanganligi, ularning me'morchiligini yuqori darajada ma'lumot almashinuvchi (Edge Computing) sanoat tarmoqlari uchun takomillashtirish zarurligi asoslangan [3]. Tahlil natijasida gibrid neyron tarmoqlariga ega va minimal ushlanish bilan signal xatoliklarini aniqlashga imkon beruvchi apparat-dasturiy majmuani ishlab chiqish istiqbolli yo'nalish sifatida belgilangan.*

Abstract. *This article analyzes the existing structural and technological solutions for predictive diagnostics systems that allow real-time monitoring of industrial equipment and early detection of potential failures. Initially, traditional planned preventive maintenance methods and their limitations are examined [1]. In addition, the operating principles and technological parameters of intelligent diagnostic systems based on IoT sensors, data acquisition (SCADA) devices, and Machine Learning algorithms are analyzed [2]. It is substantiated that current systems are mainly designed for classic data protocols and that their architecture needs to be improved for high-speed Edge Computing industrial networks [3]. As a result of the analysis, the development of a hardware-software complex with hybrid neural networks and minimal latency for fault detection is identified as a promising direction.*

Аннотация. *В данной статье проанализированы существующие конструктивные и технологические решения систем предиктивной диагностики, позволяющих осуществлять мониторинг промышленного оборудования в режиме реального времени и раннее обнаружение возможных неисправностей [1]. Рассмотрены традиционные методы планово-предупредительного обслуживания и их ограничения. Также проанализированы принцип работы и технологические показатели интеллектуальных систем диагностики на основе IoT-датчиков, устройств сбора данных (SCADA) и алгоритмов машинного обучения [2]. Обоснована необходимость совершенствования архитектуры существующих систем для промышленных сетей периферийных вычислений (Edge Computing) [3]. В результате анализа в качестве перспективного направления определена разработка аппаратно-программного комплекса с гибридными нейронными сетями и минимальной задержкой обнаружения ошибок.*

Kalit so'zlar: *sanoat innovatsiyalari, prognozli tashxis, Buyumlar interneti (IoT), sun'iy intellekt, mashinali o'rgatish, Edge Computing, tebranish monitoringi, apparat-dasturiy majmua.*

Keywords: *industrial innovations, predictive diagnostics, Internet of Things (IoT), artificial intelligence, machine learning, Edge Computing, vibration monitoring, hardware-software system.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.88

Ключевые слова: *промышленные инновации, предиктивная диагностика, интернет вещей (IoT), искусственный интеллект, машинное обучение, Edge Computing, мониторинг вибрации, аппаратно-программный комплекс.*

Kirish bugungi kunda raqamli transformatsiya va innovatsion texnologiyalar jadal rivojlanayotgan davrda intelektual texnologiyalar nafaqat global miqyosda, balki O‘zbekistonning iqtisodiyoti, sanoati, ta’limi va davlat boshqaruvi sohalarida ham muhim o‘rin tutmoqda [1]. Ijtimoiy soha va iqtisodiyot tarmoqlarida sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy qilish uchun qulay shart-sharoitlar yaratish, mamlakatimizning sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanuvchi dunyoning yetakchi davlatlari qatoriga kirishiga erishish, shuningdek, “Raqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasida belgilangan maqsad va vazifalar ijrosini ta’minlash maqsadida, sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasi tasdiqlandi [1]. Unga ko’ra, sun’iy intellekt asosida yaratilgan dasturiy mahsulotlar va ko‘rsatiladigan xizmatlar hajmini 1,5 milliard AQSh dollariga yetkazish; yagona interaktiv davlat xizmatlari portalida sun’iy intellekt asosida ko‘rsatilayotgan xizmatlar ulushini 10 foizga yetkazish; sun’iy intellekt yo‘nalishida faoliyat yurituvchi ilmiy laboratoriyalar sonini 10 taga yetkazish hamda yuqori quvvatli hisoblash serverlarini ishga tushirish; hukumatning sun’iy intellektga tayyorlik indeksida (Government AI Readiness Index) O‘zbekiston Respublikasining birinchi 50 ta o‘rindagi davlatlar qatoriga kirishiga erishish; sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirishga qaratilgan normativ-huquqiy bazani shakllantirish, sohada standartlarni takomillashtirish va xalqaro hamkorlik aloqalarini mustahkamlash va umuman olganda, sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish bo‘yicha 2024-2026 yillarga mo’ljallangan aniq ustuvor maqsad va vazifalar belgilab olindi [2].

Zamonaviy sanoat va ishlab chiqarish sohasida yuqori unumdorlikka erishish va kutilmagan to‘xtalishlarning oldini olish eng dolzarb masalalardan biridir. Sanoat uskunalarining to‘satdan ishdan chiqishi nafaqat moliyaviy yo‘qotishlarga, balki texnologik jarayonlarning izdan chiqishiga ham olib keladi. An’anaviy usullarda uskunalarga rejaviy-profilaktik xizmat ko‘rsatish (TPK) amalga oshiriladi, biroq bu usul uskunaning haqiqiy texnik holatini to‘liq aks ettirmaydi va ortiqcha xarajatlarni keltirib chiqaradi [2]. Shu sababli, ishlab chiqarish texnikasida innovatsion texnologiyalarni, xususan Buyumlar interneti (IoT) datchiklari hamda Sun’iy intellekt (SI) algoritmlarini qo‘llagan holda prognozli tashxis (Predictive Maintenance) tizimlarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu yondashuv apparat qurilmalarining holatini real vaqt rejimida baholash va nosozlik paydo bo‘lishidan oldin uni bartaraf etish imkonini beradi.

Mavjud tashxis qurilmalari va tizimlarining rivojlanishi

Sanoat uskunalarining holatini monitoring qilish dastlab oddiy ko‘rsatkichli va analog o‘lchov vositalari orqali amalga oshirilgan. Keyinchalik tebranish, harorat va akustik signallarni qayd etuvchi ko‘chma diagnostic analizatorlar qo‘llanila boshlandi [2].

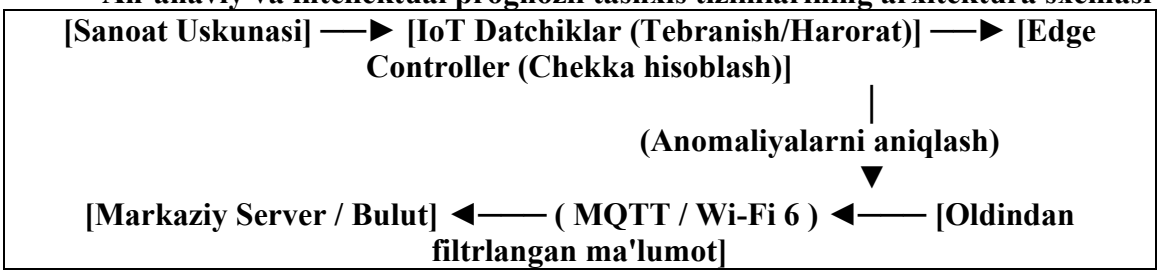
Klassik SCADA va TPK tizimlari: Ishlab chiqarish liniyalarida ma’lumotlarni yig‘ish va boshqarish imkonini bergan bo‘lsada, ularning aksariyati faqat belgilangan chegaraviy qiymat (threshold) oshgandagina signal beradi. Bu esa nosozlik sodir bo‘lgandan keyin choralar ko‘rilishiga sabab bo‘ladi.

Mikrokontrollerli raqamli monitoring: STM32 va ESP32 kabi platformalar bazasida yaratilgan sensorli tugunlar datchik signallarini raqamlashtirishni va ularni markaziy serverga uzatishni yengillashtirdi. Biroq markazlashgan serverlarga yuklamaning ortishi va tarmoq ushlanishlari (latency) sababli tezkor qaror qabul qilishda qiyinchiliklar yuzaga kelmoqda [3].

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.88

1-rasm

An’anaviy va intellektual prognozli tashxis tizimlarining arxitektura sxemasi



Prognozli tashxis tizimlarida intellektual yechimlar tahlili

Zamonaviy apparat-dasturiy majmualarda datchiklardan olinadigan ma’lumotlar (tebranish, harorat, tok kuchi va bosim) vaqtli qatorlar (time-series data) ko‘rinishida qayta ishlanadi [3].

Gidravlik va mexanik yuritmali uskunalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy uzatmalarda quyidagi kamchiliklar kuzatiladi:

1. Signal shovqinlarining yuqoriligi va ularni filtrlash murakkabligi;
2. Datchiklar uzatgan ma’lumotlar hajmining kattaligi va uzatish kanalidagi cheklovlar;
3. Tizimning turli rusumdagi sanoat kontrollerlariga moslashuvchanligining pastligi.

1-jadval

Sanoat tashxis tizimlarining qiyosiy texnik ko‘rsatkichlari

Parametrlar va xossalar	An’anaviy TPK (Rejali xizmat)	Taklif etilayotgan Edge-AI Tizimi
Ma’lumotlarni yig‘ish	Davriy (qo‘lda yoki vaqti-vaqti bilan)	Real vaqt rejimida uzluksiz
Qaror qabul qilish vaqti	Nosozlik yuz bergandan so‘ng	Oldindan (bashorat asosida, saniyadan kam)
Hisoblash mexanizmi	Markaziy server yoki inson omili	Edge Computing (bevosita qurilmaning o‘zida)
Xarajatlar samaradorligi	Yuqori (kutilmagan to‘xtashlar tufayli)	Optimallashtirilgan (profilaktik tejamkorlik)

Mavjud tizimlarning kamchiliklari va yangi konstruksiyaga qo‘yiladigan talablar

O‘tkazilgan tahlillar natijasida sanoat tashxis majmualarini takomillashtirishda quyidagi texnik va dasturiy masalalarga e’tibor qaratish zarurligi aniqlandi [3]:

Markazlashgan serverga to‘liq bog‘liqlik – Edge Computing arxitekturasi orqali bartaraf etiladi.

Chegaraviy qiymatlar bo‘yicha cheklangan nazorat – Sun’iy intellekt va Machine Learning yordamida yashirin anomaliyalarni prognozlashga o‘tiladi.

Yuqori tarmoq ushlanishi (latency) – Ma’lumotlarni mahalliy darajada qayta ishlash hisobiga qisqartiriladi.

Takomillashtirilgan tizim konsepsiyasi

Tahlil natijalariga asoslanib, sanoat uskunalarini aniq va tezkor diagnostika qilish uchun quyidagi texnologik struktura taklif etiladi [4]:

MEMS tipidagi ko‘p o‘qli tebranish va harorat datchiklari to‘plami;

STM32 / Raspberry Pi Compute Module bazasidagi Edge Controller;

Yengillashtirilgan neyron tarmoq (Random Forest / CNN) moduli;

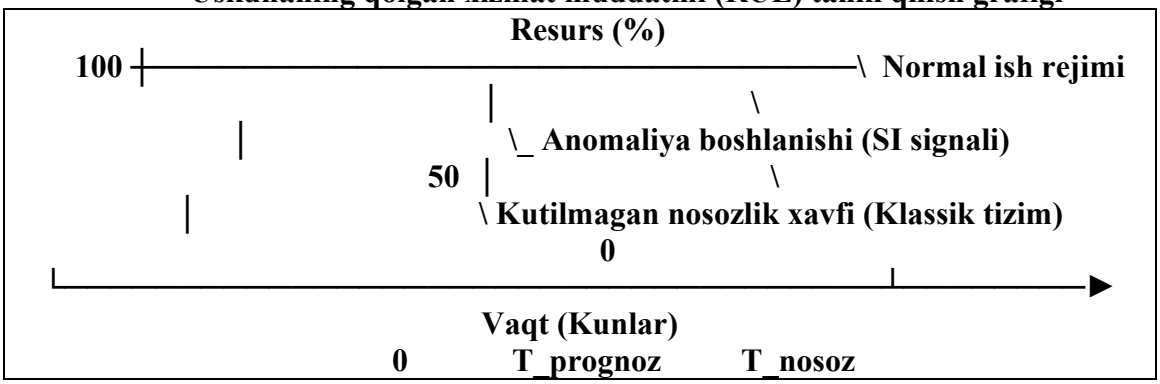
Xavfsiz simsiz ma’lumot uzatish protokoli (LoRaWAN / Wi-Fi 6).

Ilmiy va amaliy yangilik elementlari

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.88

2-rasm

Uskunaning qolgan xizmat muddatini (RUL) tahlil qilish grafigi



Birinchidan, ma'lumotlarni qayta ishlashda markaziy serverga bo'lgan yuklamani 60% gacha kamaytiradigan Edge-AI arxitekturasi ishlab chiqiladi [5];

Ikkinchidan, signal shovqinlarini kamaytirish uchun vaqt-chastota sohasidagi gibrid filtrlash algoritmlari tatbiq etiladi;

Uchinchidan, uskunaning qolgan xizmat muddatini (RUL – Remaining Useful Life) yuqori aniqlikda bashorat qiluvchi neyron tarmoq modeli yaratiladi.

Xulosa. O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, sanoat uskunalarida prognozli tashxis tizimlarini qo'llash ishlab chiqarish samaradorligini va ishonchliligini oshirishning asosiy omilidir. An'anaviy TPK va oddiy monitoring tizimlari murakkab texnik obyektlarning nosozliklarini barvaqt aniqlashda yetarli darajada moslashuvchan emas. Taklif etilayotgan intellektual va apparat-dasturiy yechimlar texnik uskunalar unumdorligini oshirish, nosozliklar xavfini va profilaktika xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. K.D.Ismanova., U.M.Negmatov., U.M.Isomaddinov "intelektual texnologiyalardan foydalanishning fundamental asoslari", o'quv qo'llanma-2026 yil.

2. R.Dadabayeva, Sh.Nasridinova, N.Shoaxmedova, L.Ibragimova, Sh.Ermatov Axborot-kommunikatsion texnologiyalar va tizimlar O'quv qo'llanma. Toshkent 2017. -462 c.

3. Allen Downey, Jeffrey Elkner, Chris Meyers. How to Think Like a Computer Scientist. Green Tea Press. Wellesley, Massachusetts (https://greenteapress.com/thinkpython/thinkCSpy.pdf)

4. Mark Lutz. Learning Python, 5th Edition. O'Reilly Media, Inc., 2013

5. Russell, S., & Norvig, P. – *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson, 2020. *(Sohaning eng asosiy fundamental darsligi)*.