ISNN 3030-3907

2025/4
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

КАТЕГОРИЯЛАНГАН ОБЪЕКТЛАР ПАРАМЕТРЛАРИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ ВА ВИЗУАЛ ЎЛЧАШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

А.М. Назаров
Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети,
Университет кўчаси, 2, 100095,
E-mail: nazarov_58@rambler.ru;
Ф.К. Жумақулов
Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети,
Университет кўчаси, 2, 100095,
E-mail: foziljonkomiljonovich@gmail.com

Аннотация. Мақолада категорияланган объектлар параметрларини назорат қилиш ва визуал ўлчаш технологияларининг замонавий ҳолати ҳамда ривожланиш истиқболлари таҳлил қилинган. Хавфли ишлаб чиқариш объектлари, критик инфратузилма, транспорт ва энергетика тизимларининг хавфсиз ишлашини таъминлашда мониторинг тизимларининг аҳамияти кўрсатиб ўтилган. Радиотехник, оптик-толали ва визуал назорат усулларининг афзалликлари ва чекловлари қиёсий таҳлил қилинди. Замонавий сунъий интеллект алгоритмлари, чуқур ўрганиш моделлари ва sensor fusion технологияларининг қўлланилиши кўриб чиқилди. Оптик-толали тақсимланган датчиклар 50-100 км масофада 1 метр фазовий ўлчамда параметрларни назорат қилиш имкониятини бериши, визуал идентификация тизимлари 95% дан юқори аниқликка эришиши ва прогнозли техник хизмат усуллари авария хавфини 30-40% га камайтириши илмий фактлар билан асосланди. Хорижий ва маҳаллий тадқиқотлар таҳлили асосида технологияларни интеграциялаш, реал вақтда қайта ишлаш ва маҳаллий шароитларга мослаштирилган ечимлар ишлаб чиқиш бўйича долзарб муаммолар аниқланди.

Калит сўзлар: категорияланган объектлар, мониторинг тизимлари, оптик-толали датчиклар, визуал ўлчаш, сунъий интеллект, sensor fusion, прогнозли техник хизмат.

Abstract. The article analyzes the modern state and development prospects of technologies for controlling and visual measurement of the parameters of categorized objects. The importance of monitoring systems in ensuring the safe operation of hazardous production facilities, critical infrastructure, transport and energy systems is shown. Comparative analysis of the advantages and limitations of radiotechnical, optical-fiber and visual control methods was carried out. Applications of modern artificial intelligence algorithms, deep learning models,

ISSN 3030-3907

and sensor fusion technologies have been considered. Optical-fiber distributed sensors were justified by scientific facts that give the ability to control parameters at a spatial resolution of 1 meter at a distance of 50-100 km, visual identification systems achieve accuracy above 95%, and predictive maintenance methods reduce the risk of an accident by 30-40%. Based on the analysis of foreign and domestic studies, urgent problems were identified in the integration of technologies, real-time processing and the development of solutions adapted to local conditions.

Key words: categorized objects, monitoring systems, fiber-optic sensors, visual measurement, artificial intelligence, sensor fusion, predictive maintenance.

Аннотация. В статье проанализировано современное состояние и перспективы развития технологий контроля и визуального измерения параметров категоризированных объектов. Подчеркнуто значение систем мониторинга в обеспечении безопасного функционирования опасных производственных объектов, критической инфраструктуры, транспортных и энергетических систем. Проведен сравнительный анализ преимуществ и ограничений радиотехнических, оптоволоконных и визуальных методов контроля. Были рассмотрены применения современных алгоритмов искусственного интеллекта, моделей глубокого обучения и сенсорных технологий fusion. Научными фактами обосновано, что оптоволоконные распределенные датчики позволяют контролировать параметры на расстоянии 50-100 км с пространственным разрешением 1 метр, системы визуальной идентификации достигают точности более 95%, а методы прогнозного обслуживания снижают риск аварии на 30-40%. На основе анализа зарубежных и отечественных исследований выявлены актуальные проблемы интеграции технологий, обработки в реальном времени и разработки решений, адаптированных к местным условиям.

Ключевые слова: категоризированные объекты, системы мониторинга, оптоволоконные датчики, визуальные измерения, искусственный интеллект, sensor fusion, прогнозное обслуживание.

КИРИШ.

Замонавий саноат ва инфратузилманинг жадал ривожланиши билан категорияланган объектлар сони ва уларга қўйиладиган хавфсизлик талаблари тобора ортиб бормоқда. Жаҳон амалиётида ҳар йили 340 минг кишидан ортиқ ходим хавфли ишлаб чиқариш объектларидаги бахтсиз ҳодисалар натижасида ҳалок бўлмоқда [1]. Ўзбекистон Республикасида 3500 дан ортиқ хавфли ишлаб чиқариш объекти, йирик энергетика иншоотлари ва критик инфратузилма тизимларининг хавфсиз ишлашини таъминлаш миллий хавфсизлик ва иқтисодий барқарорликнинг муҳим масаласидир [2].

ISSN 3030-3907

Анъанавий назорат усуллари кўпинча нуқтавий ўлчашлар, паст автоматлашув даражаси ва узлуксиз мониторинг имкониятининг йўқлиги билан чегараланади. Замонавий саноат талаблари эса реал вақт режимида, юқори аниқлик билан, кенг ҳудуд қамровида ва турли параметрларни бир вақтнинг ўзида назорат қилишни талаб этади. Бу эса янги мониторинг технологияларини, хусусан, оптик-толали датчиклар, визуал идентификациялаш тизимлари ва сунъий интеллект алгоритмларини жорий этишни зарур қилади [4, 5].

Мақоланинг мақсади категорияланган объектлар параметрларини назорат қилиш ва визуал ўлчаш технологияларининг замонавий ҳолатини, халқаро тажрибани ва Ўзбекистон шароитларида қўллаш имкониятларини таҳлил қилишдан иборат.

АСОСИЙ ҚИСМ.

Категорияланган объектлар бир неча асосий гуруҳларга таснифланади: хавфли ишлаб чиқариш объектлари, критик инфратузилма, транспорт ва логистика тизими, энергетика сектори ҳамда миллий хавфсизлик объектлари (1-расм). Ҳар бир гуруҳ ўзига хос хусусиятларга эга ва турли параметрларни назорат қилишни талаб этади.

Назорат қилинадиган параметрлар тўрт асосий тоифага бўлинади (1-расм):

1) Физик параметрларга температура, босим, тебраниш ва акустик эмиссия киради. Температура ўлчаш учун термопаралар (±0,5-2°C аниқлик), қаршилик термометрлари (±0,1-0,5°C), инфрақизил пирометрлар ва оптик-толали датчиклар қўлланилади [6, 7]. Босим назорати учун пиезорезистив, сиғимли ва резонансли датчиклар ишлатилади, улар 0,01% гача аниқликни таъминлайди [8]. Тебраниш таҳлили учун акселерометрлар ва акустик эмиссия датчиклари қўлланилади, ISO 10816 стандарти бўйича тебраниш тезлиги 0,28 мм/с дан ошса, ускунанинг ҳолати "хавфли" деб баҳоланади [9].

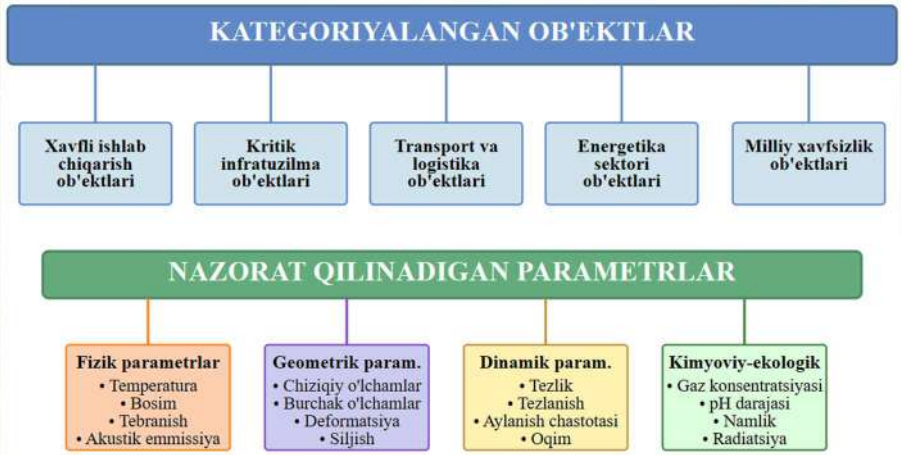
2) Геометрик параметрлар - чизиқли ўлчамлар, бурчак ўлчамлар, шакл ва яссилик, эгилиш ва силжиш. Замонавий ўлчаш технологиялари орасида лазер сканерлаш (±1-3 мм аниқлик), фотограмметрия (±0,1-5 мм), тотал станциялар (±0,5-2 мм) ва GNSS/GPS назорати (±5-20 мм) мавжуд.

3) Динамик параметрлар - тезлик, тезланиш, айланиш частотаси ва оқим тезлиги. Допплер радиолокацияси, лазер виброметрлар, MEMS акселерометрлар ва ультратовушли оқим ўлчагичлар ушбу параметрларни юқори аниқлик билан ўлчаш имконини беради.

4) Кимёвий ва экологик параметрлар - газ консентрацияси, pH даражаси, намлик, чанг ва радиация даражаси. Электрокимёвий сенсорлар,

ISSN 3030-3907

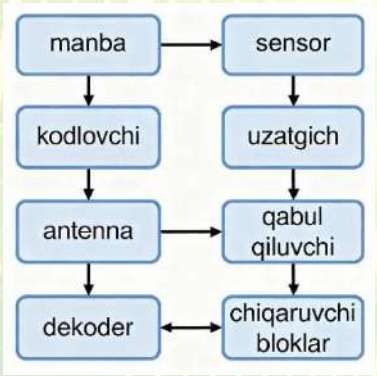
инфрақизил газ анализаторлари ва лазер спектроскопия усуллари қўлланилади.



1-расм. Категорияланган объектлар таснифи

Замонавий назорат технологиялари. Радиотехник усуллар электромагнит тўлқинларнинг турли хусусиятларидан фойдаланиб, объектларнинг параметрларини контактсиз ўлчаш имконини беради. FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) радар технологияси миллиметр тўлқин диапазонида ишлаб, ±0,1 мм гача аниқликни таъминлайди [10]. Бу тизимлар қувурлар деформациясини, танкер деворларининг қалинлигини ва конструкцияларнинг силжишини назорат қилишда қўлланилади (2-расм).

RFID (Radio Frequency Identification) тизимлари объектларни автоматик идентификациялаш ва уларнинг параметрларини кузатиш учун кенг қўлланилмоқда. UHF диапазонидаги RFID теглар 10 метргача масофада ўқилади ва хавфли муҳитда ишчи ходимларнинг ҳаракатини мониторинг қилишда фойдаланилади. Wireless сенсор тармоқлари (WSN) юзлаб датчиклар маълумотларини йиғиш ва реал вақтда узатиш имконини беради.



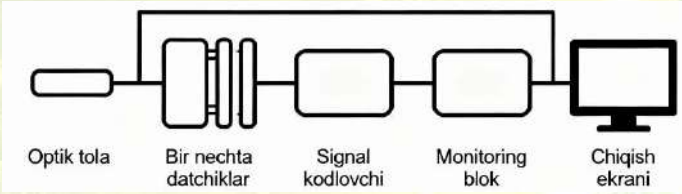
2-расм. Радиотехник назорат технологияларининг умумий тузилиши

Оптик-толали мониторинг тизимлари. Оптик-толали технологиялар категорияланган объектларни назорат қилишнинг энг истиқболли йўналишларидан бири ҳисобланади. Улар электромагнит интерференцияга

ISSN 3030-3907

чидамли, портловчи муҳитда хавфсиз ва узоқ масофага сигнал узатиш имкониятига эга [11].

Тақсимланган оптик-толали датчиклар (DOFS) бир толадан фойдаланиб, бутун объект бўйлаб узлуксиз ўлчаш имконини беради (3-расм). Рэлей, Раман ва Бриллюэн сочилиш эффектларига асосланган тизимлар температура, деформация ва тебранишларни 1 метр фазовий ўлчамларда аниқлайди. BOTDR (Brillouin) тизимлари 50-100 км масофада ±1°C температура ва ±20 με деформация аниқлигини таъминлайди [11].



3-расм. Оптик-толали датчиклар ва мониторинг тизимлари

Fiber Bragg Grating (FBG) датчиклари юқори аниқлик ва тезкорлик билан ўлчаш имконини беради. Бир оптик толага 100 тагача FBG датчик уланиб, кўприк, тунел ва бино конструкцияларининг деформациясини миллисекундларда кузатиш мумкин. FBG датчиклар -200°C дан +800°C гача температура диапазонида ишлай олади. Оптик-толали датчиклар турлари ва уларнинг хусусиятлари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Оптик-толали датчиклар таснифи

Датчик тури	Ўлчаш параметри	Фазовий ўлчам	Аниқлик	Масофаси
BOTDR (Brillouin)	Температура, деформация	1-2 м	±1°C, ±20 με	50-100 км
ROTDR (Raman)	Температура	1 м	±0.5°C	10-30 км
DAS (Distributed Acoustic)	Тебраниш, товуш	1-10 м	1 nε/√Hz	40-80 км
FBG (Fiber Bragg Grating)	Нуқтавий ўлчов	-	±0.1°C, ±1 με	100+ км

Визуал мониторинг ва сунъий интеллект. Замонавий индустриал визуал тизимларнинг асосини юқори ўлчовли рақамли камералар ташкил этади. CCD ва CMOS сенсорли камералар 4K ва 8K ўлчамда тасвирларни қайд этади ва 120-1000 кадр/с тезликда ишлайди [12]. Мултиспектрал ва гиперспектрал камералар кўринадиган ёруғлик диапазонидан ташқари инфрақизил ва ультрабинафша нурланишни ҳам қайд этади.

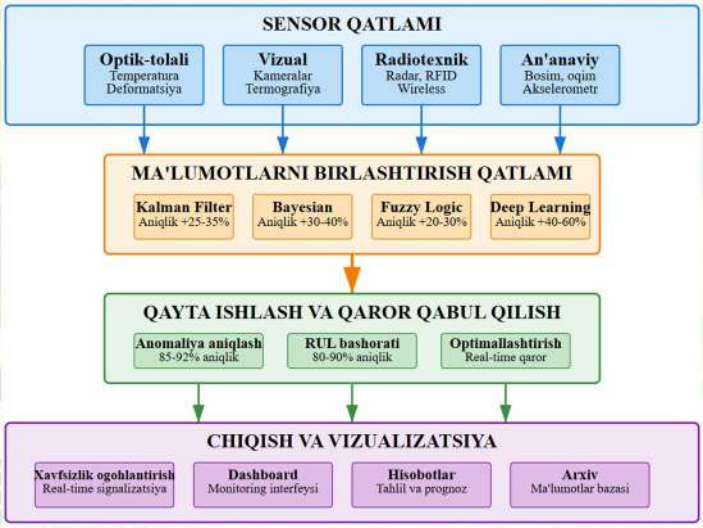
ISSN 3030-3907

Чуқур ўрганиш алгоритмлари (CNN, YOLO, Mask R-CNN) объектларни автоматик таниб олиш ва классификациялашда инқилобий ўзгаришларга олиб келди. YOLOv8 версияси 640×640 ўлчамдаги тасвирни GPU да 1-2 мс да қайта ишлайди ва реал вақт режимида 95% дан юқори аниқликни таъминлайди [13]. ResNet, VGGNet ва EfficientNet каби архитектуралар ImageNet маълумотлар базасида юқори кўрсатгичларга эришади.

Инфрақизил термография объектларнинг иссиқлик тақсимотини визуализация қилиш орқали яширин нуқсонларни аниқлаш имконини беради. Замонавий FLIR камералар 0,02°C температура фарқини ажрата олади ва электр қурилмаларининг қизиб кетиши, изоляция бузилиши ва яширин ёриқларни аниқлашда қўлланилади.

Мониторинг тизимларини оптималлаштириш усуллари. Турли хил датчиклар маълумотларини бирлаштириб, объект ҳолатини комплекс баҳолаш замонавий ёндашувнинг асосини ташкил этади. Bayesian inference усули турли манбалардан келадиган эҳтимолий маълумотларни оптимал бирлаштиради. Dempster-Shafer назарияси ноаниқ ва зиддиятли маълумотлар билан ишлаш имконини беради [14].

Multi-sensor интеграцияси ўлчаш аниқлигини 30-50% га оширади ва битта датчик ишдан чиқса ҳам тизимнинг ишлашини таъминлайди. Калман филтри чизиқли тизимлар учун оптимал бўлса-да, ночизиқли жараёнларда Extended Kalman Filter (EKF) ва Unscented Kalman Filter (UKF) афзалроқ натижа беради. Particle filter алгоритми мураккаб ночизиқли тизимлар учун 35-45% аниқлик ошишини таъминлайди (4-расм).



4-расм. Sensor Fusion архитектураси

Прогнозли техник хизмат (Predictive Maintenance). Прогнозли техник хизмат ускунанинг техник ҳолатини узлуксиз мониторинг қилиб,

ISSN 3030-3907

оптимал таъмирлаш вақтини белгилайди. Бу ёндашув режали таъмирлардан фарқли равишда, фақат зарурат туғилгандагина аралашувни талаб қилади [15].

Аномалияларни автоматик аниқлаш учун Isolation Forest, One-Class SVM ва Autoencoder алгоритмлари қўлланилади. LSTM (Long Short-Term Memory) нейрон тармоқлари вақт қаторларини таҳлил қилиб, келажакдаги аномалияларни 85-92% аниқлик билан башорат қилади [14]. Regression моделлари (Random Forest, Gradient Boosting) қолдиқ ресурс муддатини (RUL - Remaining Useful Life) 80-90% аниқлик билан башорат қилади.

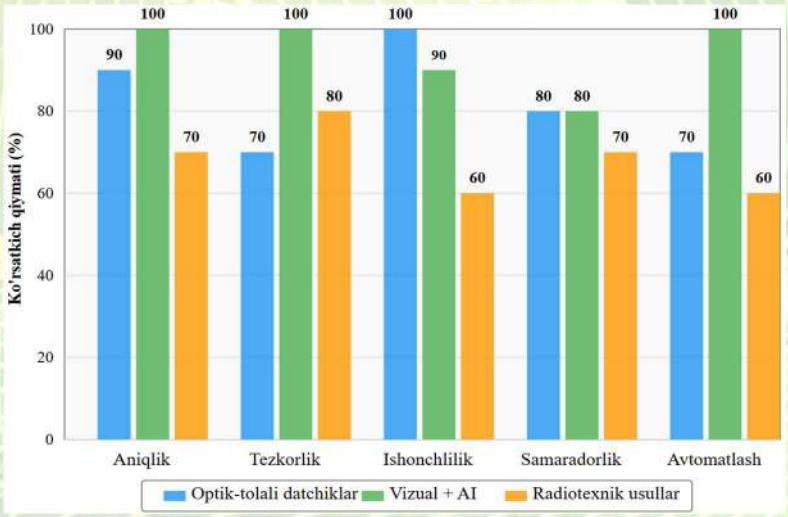
NASA ва PHM Society маълумотлар базаларида ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, прогнозли техник хизмат стратегияси авария эҳтимолини 30-40% га камайтиради ва техник хизмат харажатларини 25% га қисқартиради.

Эdge Computing ва IoT архитектураси. Замонавий мониторинг тизимлари уч қатламли архитектура асосида қурилади: sensor қатлами, эdge computing қатлами ва cloud қатлами. Edge computing кечикишни 50-100 мс дан 1-10 мс гача камайтиради ва тармоқ юкини 60-80% га пасайтиради [15].

Замонавий Edge қурилмалари (NVIDIA Jetson, Intel Neural Compute Stick) нейрон тармоқлар инференциясини реал вақтда бажаради. Model compression технологиялари (quantization, pruning, knowledge distillation) катта моделларни кичик қурилмаларда ишга тушириш имконини беради.

IoT технологиялари юзлаб-минглаб датчиклар маълумотларини марказий платформада тўплаш ва таҳлил қилиш имконини беради [5]. Cloud-based тизимлар Big Data таҳлили, machine learning моделлари ва прогнозли техник хизматни амалга оширади.

5-расмда замонавий мониторинг технологияларининг самарадорлик таҳлили кўрсатилган.



5-расм. Мониторинг технологияларининг самарадорлик таҳлили

ISSN 3030-3907

ХУЛОСА,

Олиб борилган таҳлил ва тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

Биринчидан, оптик-толали, радиотехник ва визуал мониторинг усуллари мустақил равишда яхши ривожланган, аммо уларни бирлаштириб, гибрид мониторинг тизимини яратиш етарлича ўрганилмаган. Турли физик принципларга асосланган датчиклар маълумотларини синхронлаштириш ва бирлаштиришнинг самарали усуллари ишлаб чиқилмаган.

Иккинчидан, замонавий мониторинг тизимлари катта ҳажмдаги маълумотларни ишлаб чиқаради. 4К камералар ва тақсимланган оптик-толали датчиклар сониясига гигабайтлаб маълумот беради. Ушбу маълумотларни реал вақт режимида қайта ишлаш ва қарор қабул қилиш учун самарали алгоритмлар ва архитектура талаб этилади.

Учинчидан, Deep learning моделларини ўргатиш учун катта ҳажмдаги белгиланган маълумотлар керак. Категорияланган объектлар учун бундай маълумотлар базасини йиғиш қиммат ва вақт талаб қилади. Transfer learning ва few-shot learning усулларини қўллаш имкониятлари етарлича тадқиқ этилмаган.

Тўртинчидан, замонавий мониторинг тизимлари тармоққа уланган ва киберҳужумлар хавфи остида. Европа Иттифоқи ҳудудида критик инфратузилма объектларига қарши киберхужумлар 2020-2022 йиллар орасида 42% га ошган [6]. ICS/SCADA тизимларига хос киберхавфсизлик ечимларини интеграциялаш масаласи етарлича ҳал қилинмаган.

Бешинчидан, Ўзбекистон иқлим шароитлари (юқори температура +45°C гача, чанглилик) ва техник инфратузилма хусусиятларини ҳисобга олган махсус ечимлар етишмайди. Импорт технологиялари маҳаллий шароитларда тўлиқ самарадорликни таъминламайди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. – Новосибирск: Наука, – 2017. – 724 с.
2. Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги. Статистик маълумотлар, 2023. URL: https://fvv.uz
3. Smith D.J., Simpson K.G.L. Safety Critical Systems Handbook: A Straightforward Guide to Functional Safety, IEC 61508 and Related Standards. 4th Edition. - Butterworth-Heinemann, 2016. 584 p.
4. Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Анализ риска и декларирование безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – №4. – С. 7-15.

ISSN 3030-3907

5. Landaluce H., Arjona L., Perallos A., et al. A Review of IoT Sensing Applications and Challenges Using RFID and Wireless Sensor Networks // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 9. Article 2495.
6. ENISA. Threat Landscape for Supply Chain Attacks. European Union Agency for Cybersecurity, 2022. 94 p.
7. Webster J., Eren H. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. 2nd Edition. - CRC Press, 2014. 2612 p.
8. Bao X., Chen L. Recent Progress in Distributed Fiber Optic Sensors // Sensors. 2012. Vol. 12, No. 7. P. 8601-8639.
9. ISO 10816-1:1995. Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.
10. Lu P., Lalam N., Badar M., et al. Distributed optical fiber sensing: Review and perspective // Applied Physics Reviews. 2019. Vol. 6, No. 4. Article 041302.
11. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. 2018.
12. Lee J., Kao H.A., Yang S. Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment // Procedia CIRP. 2014. Vol. 16. P. 3-8.
13. Khaleghi B., Khamis A., Karray F.O., Razavi S.N. Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art // Information Fusion. 2013. Vol. 14, No. 1. P. 28-44.
14. Zhao R., Yan R., Chen Z., et al. Deep learning and its applications to machine health monitoring // Mechanical Systems and Signal Processing. 2019. Vol. 115. P. 213-237.
15. Lee J., Wu F., Zhao W., et al. Prognostics and health management design for rotary machinery systems // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2014. Vol. 61, No. 4. P. 2015-2025.

ISSN 3030-3907