

Data Science va robototexnika sinergiyasi: sun'iy intellekt, ma'lumotlar tahlili va aqlli robot tizimlarining integratsiyasi

Shamshodbek Shukrullo-o'g'li Xaydarov

"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada Data Science va robototexnika sohalari o'rtasidagi sinergik bog'liqlik ilmiy-nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilingan. Zamonaviy aqlli robot tizimlarining samaradorligi ko'p jihatdan ular tomonidan yig'iladigan va qayta ishlanadigan ma'lumotlar hajmi hamda sifatiga bog'liq bo'lib, bu o'z navbatida sun'iy intellekt (AI), mashinali o'rganish (Machine Learning) va chuqur o'rganish (Deep Learning) algoritmlarining rivojlanishi bilan uzviy bog'liqdir. Maqolada Big Data texnologiyalarining robototexnik tizimlarga integratsiyasi, sensorlardan olingan xom ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilish, bashoratli modellashtirish hamda avtonom qaror qabul qilish jarayonlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot metodologiyasi sifatida so'nggi yillarda (2020-2025) chop etilgan xalqaro ilmiy nashrlar (IEEE, Springer, Elsevier, MDPI, ACM, Nature, ScienceDirect) tahlili, qiyosiy va tizimli yondashuv qo'llanilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, Data Science metodlari - xususan chuqur o'rganish arxitekturalari (CNN, RNN, Transformer) - robototexnik tizimlarning idrok etish, navigatsiya va manipulyatsiya qobiliyatlarini sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, maqolada O'zbekiston sharoitida, xususan qishloq xo'jaligi va sanoat tarmoqlarida aqlli robot tizimlari hamda Data Science texnologiyalarining joriy etilishi istiqbollari, mavjud infratuzilma cheklovlari va ularni bartaraf etish yo'llari tahlil qilingan. Maqola natijalari sun'iy intellekt asosidagi robototexnika sohasida ilmiy-tadqiqot ishlarini olib boruvchi mutaxassislar, magistrantlar va doktorantlar uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, Data Science, mashinali o'rganish, chuqur o'rganish, Big Data, robototexnika, avtonom tizimlar, neyron tarmoqlar, kompyuter ko'rish, qishloq xo'jaligi robototexnikasi

The synergy of Data Science and Robotics: integration of artificial intelligence, data analytics and intelligent robotic systems

Shamshodbek Shukrullo-oglu Khaydarov

National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

Abstract: This article presents a scientific and analytical examination of the synergy between Data Science and robotics, focusing on how artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and deep learning (DL) technologies drive the evolution of intelligent robotic systems. The efficiency of modern autonomous robots increasingly depends on the volume, velocity, and quality of data collected through sensors and subsequently processed using advanced analytical methods. The paper examines the integration of Big Data infrastructures into robotic platforms, real-time processing of sensory data streams, predictive modeling, and autonomous decision-making mechanisms. The research methodology is based on a systematic and comparative review of scientific publications from 2020 to 2025, indexed in Scopus and Web of Science databases (IEEE, Springer, Elsevier, MDPI, ACM, Nature, ScienceDirect). The findings demonstrate that deep learning architectures - particularly convolutional neural networks (CNN), recurrent neural networks (RNN), and Transformer-based models - substantially enhance the perception, navigation, and manipulation capabilities of robotic systems. Furthermore, the article analyzes the prospects of implementing intelligent robotics and Data Science technologies in Uzbekistan, with particular emphasis on agricultural and industrial sectors, while identifying existing infrastructural constraints and proposing pathways for their resolution. The results hold practical significance for researchers, graduate students, and doctoral candidates engaged in AI-driven robotics research, offering a structured theoretical framework combined with applied case analysis for future scientific and engineering developments in this rapidly evolving interdisciplinary field.

Keywords: artificial intelligence, Data Science, machine learning, deep learning, Big Data, robotics, autonomous systems, neural networks, computer vision, agricultural robotics

1. KIRISH

Zamonaviy fan-texnika taraqqiyoti sharoitida sun'iy intellekt (AI) va robototexnika sohalari jadal rivojlanib, bir-biri bilan chambarchas bog'lanib bormoqda. Agar yigirma yil oldin robotlar asosan qat'iy dasturlashtirilgan, oldindan belgilangan ssenariylar asosida ishlovchi mexanik qurilmalar hisoblansa, bugungi kunda ular real vaqt rejimida atrof-muhitdan ma'lumot to'playdigan, uni tahlil qiluvchi va mustaqil qaror qabul qiluvchi murakkab intellektual tizimlarga aylanmoqda. Bu transformatsiyaning markazida Data Science - ma'lumotlarni yig'ish, saqlash, tozalash, tahlil qilish va ulardan bilim chiqarish bilan shug'ullanuvchi fan turadi.

Robototexnika tizimlarining zamonaviy avlodi kunlik faoliyatida gigabaytlab sensorli ma'lumot (kamera tasvirlari, LIDAR nuqta bulutlari, akustik signallar, harorat va namlik ko'rsatkichlari va h.k.) generatsiya qiladi. Ushbu ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash, undan foydali naqshlarni ajratib olish va operativ qarorlar qabul

qilish faqat Big Data infratuzilmasi hamda mashinali o'rganish (Machine Learning, ML) va chuqur o'rganish (Deep Learning, DL) algoritmlari yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Ushbu maqolaning dolzarbligi shundan iboratki, jahon miqyosida Data Science va robototexnika integratsiyasi sanoat, qishloq xo'jaligi, tibbiyot, logistika va xizmat ko'rsatish sohalarida yuqori samaradorlikni ta'minlamoqda, biroq O'zbekiston sharoitida bu yo'nalish hali yetarlicha ilmiy va amaliy tadqiq etilmagan. Xususan, mamlakatimizning agrar sektorida mehnat resurslarining qishloqdan shaharga migratsiyasi, iqlim o'zgarishi va suv resurslarining cheklanganligi sharoitida aqlli robot tizimlari hamda ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv usullarini joriy etish strategik ahamiyat kasb etadi.

Maqolaning maqsadi - Data Science va robototexnika o'rtasidagi sinergik bog'liqlikni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish, sun'iy intellekt texnologiyalarining aqlli robot tizimlaridagi rolini ochib berish hamda O'zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarni joriy etish istiqbollarini baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari sifatida quyidagilar belgilandi: (1) Data Science metodlarining tasnifi va ularning robototexnikadagi qo'llanilish sohalarini aniqlash; (2) AI, ML va DL texnologiyalarining robot tizimlaridagi funksional rolini tahlil qilish; (3) real amaliy misollar asosida integratsiyaning samaradorligini baholash; (4) mamlakatimiz sanoati va qishloq xo'jaligi uchun tegishli tavsiyalar ishlab chiqish.

2. ADABIYOTLAR SHARHI

So'nggi yillarda Data Science va robototexnika integratsiyasiga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlar soni sezilarli darajada oshdi. Chen va boshqalar (2024) sanoat robototexnikasida sun'iy intellektning qo'llanilishini tahlil qilib, AI texnologiyalari robotlarning moslashuvchanligi va avtonomlik darajasini oshirishda hal qiluvchi omil ekanligini ta'kidlaydi. Huang va boshqalar (2021) Industriya 4.0 sharoitida raqamli egizaklar (digital twins) va aqlli ishlab chiqarish tizimlarini o'rganib, ma'lumotlarga asoslangan modellashtirishning sanoat robototexnikasidagi ahamiyatini ko'rsatib bergan.

Qishloq xo'jaligi robototexnikasi yo'nalishida ham ilmiy tadqiqotlar faollashgan. Kumar va boshqalar (2023) ko'p vazifali fermer robotlarini loyihalashda manipulyator tizimlarining rolini, Balaska va boshqalar (2023) esa ekinlarni himoya qilishda robototexnika va AI yechimlarining barqaror qo'llanilishini tadqiq qilgan. Su va boshqalar (2023) aniqlikdagi dehqonchilikda uchar apparatlar (UAV) yordamida AI asosidagi idrok etish tizimlarini tahlil qilib, ma'lumotlarni real vaqtda qayta ishlashning muhimligini ta'kidlaydi. Jiang va Li (2020) konvolyutsion neyron tarmoqlarning o'simliklarning fenotipik xususiyatlarini yuqori unumdorlik bilan aniqlashdagi rolini ko'rib chiqqan.

Chuqur o'rganish va mustahkamlangan o'rganish (reinforcement learning) yo'nalishida Han va boshqalar (2023) hamda Liu va boshqalar (2021) robot manipulyatsiyasida DRL algoritmlarining qo'llanilishini tizimli tahlil qilgan, bunda robotlarning namuna samaradorligi va umumlashtirish qobiliyati asosiy muammo sifatida ko'rsatilgan. Zhu va Zhang (2021) mobil robotlar navigatsiyasida chuqur mustahkamlangan o'rganishning istiqbollari, Kroemer va boshqalar (2021) esa robot o'rganish sohasidagi umumiy muammolar, tasvirlash usullari va algoritmlarni keng qamrovli tahlil qilgan.

Sanoatda AI va qo'shimcha ishlab chiqarish (additive manufacturing) texnologiyalarining sinergiyasi Milazzo va Libonati (2022) tomonidan, sun'iy intellektning ta'minot zanjirini boshqarishdagi o'rni esa Toorajipour va boshqalar (2021) tomonidan tahlil qilingan. Shuningdek, Adewusi va boshqalar (2024) hamda Coulibaly va boshqalar (2022) aniqlikdagi dehqonchilikda AI va chuqur o'rganish texnologiyalarining bibliometrik tahlilini keltirib, ushbu yo'nalishda nashrlar sonining yildan-yilga ortib borayotganini ko'rsatgan. Umumlashtirib aytganda, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, Data Science va robototexnika integratsiyasi bo'yicha xalqaro tadqiqotlar asosan sanoat va qishloq xo'jaligiga qaratilgan bo'lib, Markaziy Osiyo mintaqasi, jumladan O'zbekiston sharoitidagi tadqiqotlar hali yetarli emas - bu esa ushbu maqolaning ilmiy yangiligini belgilaydi.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda tizimli adabiyotlar tahlili (systematic literature review) va qiyosiy tahlil metodlaridan foydalanildi. Manbalarni izlash IEEE Xplore, ScienceDirect (Elsevier), SpringerLink, MDPI, Frontiers, Nature va ACM Digital Library kabi xalqaro ilmiy bazalarda 2020-2025 yillar oralig'ida chop etilgan Scopus va Web of Science indeksidagi maqolalar bo'yicha amalga oshirildi. Qidiruv so'zlari sifatida "Data Science and robotics", "AI in robotics", "machine learning robotic manipulation", "agricultural robotics AI", "deep learning robot perception" kabi kalit iboralar qo'llanildi.

Tanlangan manbalar mazmuni bo'yicha tasniflandi: (a) nazariy-kontseptual ishlar, (b) amaliy-eksperimental tadqiqotlar, (c) sharhlovchi (review/survey) maqolalar. Har bir manba Data Science metodlari (regressiya, klassifikatsiya, klasterlash, chuqur o'rganish arxitekturalari) va ularning robototexnik tizimlardagi funksional rolini aniqlash nuqtai nazaridan tahlil qilindi. Bundan tashqari, maqolada tavsiflovchi (deskriptiv) tahlil, qiyosiy tahlil va kontent-tahlil metodlari qo'llanilib, natijalar jadval va diagrammalar ko'rinishida vizuallashtirildi.

Amaliy qismda Python dasturlash tilining Pandas, NumPy va Scikit-learn kutubxonalaridan foydalangan holda namunaviy hisob-kitoblar va ma'lumotlar tahlili misollari keltirildi, ular Data Science metodlarining amaliy qo'llanilishini ko'rgazmali tarzda namoyish etadi.

4. DATA SCIENCE VA ROBOTOTEXNIKA SINERGIYASINING NAZARIY ASOSLARI

Data Science - matematik statistika, dasturlash va domen bilimlarini birlashtirgan fanlararo soha bo'lib, uning asosiy maqsadi xom ma'lumotlardan foydali bilim va bashoratli modellar yaratishdan iborat. Robototexnika esa mexanika, elektronika va boshqaruv nazariyasi asosida jismoniy muhitda harakat qiluvchi avtonom yoki yarim avtonom tizimlarni yaratish bilan shug'ullanadi. Ushbu ikki soha o'rtasidagi sinergiya quyidagi nazariy asosda tushuntiriladi: robot o'zining sensorlari orqali muhit haqida uzluksiz ma'lumot oqimini generatsiya qiladi (idrok etish bosqichi), bu ma'lumotlar Data Science metodlari yordamida qayta ishlanadi va tahlil qilinadi (tahlil bosqichi), so'ngra AI/ML modellari asosida qaror qabul qilinadi (qaror bosqichi) va nihoyat robot aktuatorlari orqali jismoniy harakatga aylantiriladi (ijro bosqichi). Ushbu tsikl quyidagi 1-sxemada aks ettirilgan.

1-sxema. Data Science → AI → Robot → Natija jarayoni

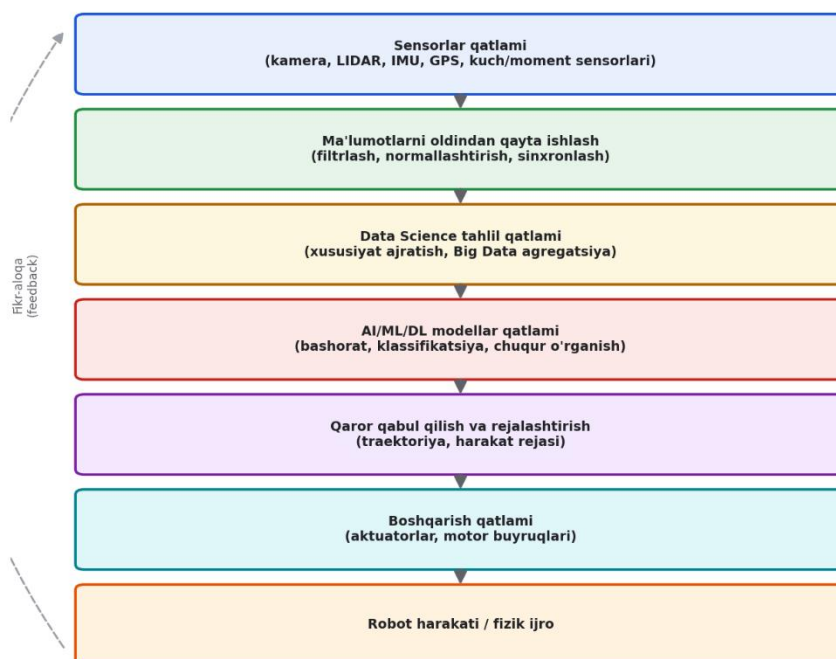


1-sxema. Data Science → AI → Robot → Natija jarayoni (muallif tomonidan tayyorlangan)

Nazariy jihatdan bu jarayon “idrok etish - tahlil - qaror – harakat” (Sense-Think-Act) paradigmasining zamonaviy, ma'lumotga boy ko'rinishi hisoblanadi. An'anaviy robototexnikada bu paradigma qat'iy qoidalar va oldindan dasturlashtirilgan algoritmlar asosida amalga oshirilgan bo'lsa, zamonaviy Data Science yondashuvida u statistik xulosa chiqarish, ehtimollik nazariyasi va o'z-o'zidan o'rganish mexanizmlariga tayanadi. Bu esa robotlarga noaniq, dinamik va oldindan to'liq bashorat qilib bo'lmaydigan muhitlarda ham samarali ishlash imkonini beradi.

Data Science metodlarining robototexnikaga integratsiyasida uchta asosiy komponent ajratiladi: (1) ma'lumotlar infratuzilmasi - Big Data platformalari, bulutli hisoblash va chekka hisoblash (edge computing) texnologiyalari; (2) analitik metodlar - statistik tahlil, mashinali o'rganish va chuqur o'rganish algoritmlari; (3) qaror qabul qilish mexanizmlari - mustahkamlangan o'rganish (reinforcement learning), Bayes tarmoqlari va ekspert tizimlari. Ushbu komponentlarning o'zaro ta'siri robototexnik tizimlarning umumiy “aqlli” xatti-harakatini shakllantiradi. Quyidagi 2-sxemada robototexnikada ma'lumotlarni qayta ishlashning to'liq arxitekturasini keltirilgan.

2-sxema. Robototexnikada ma'lumotlarni qayta ishlash arxitekturas



2-sxema. Robototexnikada ma'lumotlarni qayta ishlash arxitekturas (muallif tomonidan tayyorlangan)

Nazariy asoslarni umumlashtirish maqsadida quyida (1-jadval) asosiy Data Science metodlari ularning turi, afzalliklari, cheklovlari va robototexnikadagi tipik qo'llanilish sohalari bo'yicha qiyosiy tahlil qilingan.

1-jadval.

Data Science metodlarining qiyosiy tahlili

Metod	Turi	Afzalliklari	Cheklovlari	Robototexnikada qo'llanilishi
Chiziqli regressiya	Klassik ML	Sodda, tez, izohlanuvchan	Chiziqli bo'lmagan bog'liqlikni ifodalay olmaydi	Sensor kalibrlash, oddiy bashorat
Random Forest	Klassik ML (ansambl)	Yuqori barqarorlik, ortiqcha moslashishga chidamli	Katta modellarda hisoblash og'irligi	Nosozlikni bashorat qilish, tasniflash
SVM	Klassik ML	Kichik ma'lumotlarda yuqori aniqlik	Katta hajmli ma'lumotda sekinlashadi	Obyektlarni tasniflash, anomaliya aniqlash
CNN	Chuqur o'rganish	Tasvirni yuqori aniqlikda tahlil qiladi	Katta hajmdagi o'qitish ma'lumoti talab etadi	Kompyuter ko'rish, obyektlarni aniqlash
RNN / LSTM	Chuqur o'rganish	Vaqt qatorlarini samarali tahlil qiladi	O'qitish vaqti uzoq, gradient yo'qolishi muammosi	Traektoriya bashorati, sensor signallari tahlili
Transformer	Chuqur o'rganish	Uzoq masofali bog'liqlikni yaxshi ifodalaydi	Yuqori hisoblash va xotira talabi	Ko'p modalli idrok etish, harakat rejalashtirish
Reinforcement Learning	Mustahkamlangan o'rganish	Muhit bilan interaktiv o'rganish imkonini beradi	O'qitish barqarorligi va namuna samaradorligi past	Manipulyatsiya, avtonom navigatsiya

5. SUN'IY INTELLEKT VA MACHINE LEARNING TEXNOLOGIYALARINING ROBOTOTEXNIKADAGI O'RNI

Zamonaviy robototexnik tizimlarda sun'iy intellekt texnologiyalari bir necha funksional yo'nalishda qo'llaniladi: kompyuter ko'rish (computer vision), tabiiy tilni qayta ishlash (NLP), harakatni rejalashtirish (motion planning) va avtonom navigatsiya. Ushbu yo'nalishlarning barchasida mashinali o'rganish va chuqur o'rganish algoritmlari markaziy o'rin tutadi.

Klassik mashinali o'rganish algoritmlaridan chiziqli regressiya, tasodifiy o'rmon (Random Forest) va tayanch vektor mashinalari (SVM) ko'pincha sensorli ma'lumotlarni bashorat qilish va tasniflash vazifalarida qo'llaniladi. Chiziqli regressiya modeli quyidagi formula bilan ifodalanadi (1-formula):

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \varepsilon$$

bu yerda y - bashorat qilinayotgan chiqish qiymati (masalan, robot g'ildiragining tezligi), x_i - kirish parametrlari (sensor ko'rsatkichlari), β_i - model koeffitsientlari, ε - xatolik hadi.

Model parametrlarini optimallashtirish uchun gradient tushish (Gradient Descent) algoritmi keng qo'llaniladi (2-formula):

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \alpha \nabla_{\theta} J(\theta_t)$$

bu yerda θ - model parametrlari, α - o'rganish tezligi (learning rate), $\nabla J(\theta)$ - xarajat funksiyasining gradienti. Ushbu algoritm robot harakatini boshqaruvchi neyron tarmoqlarni o'qitishda asosiy vosita hisoblanadi.

Chuqur o'rganish arxitekturalari, xususan konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN), robotlarning kompyuter ko'rish tizimlarida obyektlarni aniqlash, tasniflash va segmentatsiya qilish uchun keng qo'llaniladi. Rekkurent neyron tarmoqlar (RNN) va uzoq qisqa muddatli xotira (LSTM) tarmoqlari esa vaqt qatorlariga asoslangan ma'lumotlarni (masalan, robotning traektoriyasi yoki sensor signallarining vaqt bo'yicha o'zgarishi) tahlil qilishda samarali. So'nggi yillarda Transformer arxitekturasiga asoslangan modellar ham robototexnikada, xususan ko'p modallik (multimodal) idrok etish va harakat rejalashtirishda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda (Chen va boshqalar, 2024).

Robot xatti-harakatini baholashda ehtimollik nazariyasi, xususan Bayes teoremasi muhim rol o'ynaydi (3-formula):

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) P(A)}{P(B)}$$

Bu formula robotning noaniq sensorli ma'lumotlar asosida muhit holatini bashorat qilishida (masalan, SLAM - Simultaneous Localization and Mapping algoritmlarida) keng qo'llaniladi, bu yerda $P(A|B)$ - B hodisasi ro'y berganda A hodisasining ehtimolligi.

Model sifatini baholash uchun aniqlik (precision), to'liqlik (recall) va F1-ko'rsatkichi qo'llaniladi (4 va 5-formulalar):

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$$

Ushbu ko'rsatkichlar, xususan, robotning obyektlarni aniqlash tizimlarida xato pozitiv (False Positive) va xato negativ (False Negative) natijalar nisbatini baholashda muhim ahamiyatga ega.

Quyida Python dasturlash tilida Scikit-learn kutubxonasi yordamida robot sensorlaridan olingan ma'lumotlar asosida oddiy klassifikatsiya modelini qurish namunasi keltirilgan:

```
import numpy as np
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import precision_score, recall_score, f1_score

# Robot sensorlaridan olingan namunaviy ma'lumotlar
# X: [masofa_sm, tezlik_m_s, yoritilganlik_lux], y: 1 - to'siq bor, 0 - yo'q
X = np.array([[15, 0.5, 300], [120, 1.2, 800], [8, 0.3, 150],
              [200, 1.5, 900], [25, 0.6, 400], [180, 1.4, 850]])
y = np.array([1, 0, 1, 0, 1, 0])

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.3, random_state=42)

model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)
y_pred = model.predict(X_test)

print('Precision:', precision_score(y_test, y_pred, zero_division=0))
print('Recall:', recall_score(y_test, y_pred, zero_division=0))
print('F1-score:', f1_score(y_test, y_pred, zero_division=0))
```

6. ROBOTOTEXNIKA DA DATA SCIENCE QO'LLANILISHI (REAL MISOLLAR VA TAHLIL)

Amaliyotda Data Science va robototexnika integratsiyasi turli sohalarda o'ziga xos natijalar bermoqda. Sanoat robototexnikasida (Chen va boshqalar, 2024) AI asosidagi nazorat tizimlari ishlab chiqarish liniyalarida nuqsonlarni aniqlash aniqligini sezilarli darajada oshirgani qayd etilgan. Yirik logistika kompaniyalarining omborxona robotlari Big Data tahlili asosida yuklarni optimal joylashtirish va yetkazib berish marshrutlarini real vaqtda hisoblab chiqadi.

Qishloq xo'jaligida aqlli robot tizimlari - avtonom traktorlar, o'rim-yig'im robotlari va begona o'tlarni aniqlovchi dronlar - kompyuter ko'rish va chuqur o'rganish

algoritmllari yordamida ekin holatini monitoring qilish, kasallik va zararkunandalarni erta bosqichda aniqlash imkonini bermoqda (Balaska va boshqalar, 2023; Su va boshqalar, 2023). Bunday tizimlar suv va o'g'itlardan foydalanishni optimallashtirish orqali resurs tejamkorligini ta'minlaydi, bu esa O'zbekistonning suv taqchilligi sharoitida alohida ahamiyat kasb etadi.

Tibbiyot sohasida jarrohlik robotlari AI algoritmllari yordamida operatsiya jarayonida real vaqt rejimida tasvirlarni tahlil qilib, jarrohga aniq navigatsion ko'rsatmalar beradi. Xizmat ko'rsatish sohasida esa mijozlar bilan muloqot qiluvchi ijtimoiy robotlar tabiiy tilni qayta ishlash texnologiyalaridan foydalanadi. Quyidagi 2-jadvalda asosiy AI texnologiyalari, ularning funksional vazifasi va amaliy misollari keltirilgan.

2-jadval.

Robototexnikada AI texnologiyalarining qo'llanilishi

AI texnologiyasi	Funksional vazifasi	Amaliy misol
Computer Vision (CNN)	Tasvirlarni tahlil qilish, obyektlarni aniqlash va segmentatsiya	Ekin kasalligini aniqlash, sanoat nuqsonlarini nazorat qilish
Natural Language Processing	Tabiiy til buyruqlarini tushunish va muloqot	Ijtimoiy va xizmat ko'rsatuvchi robotlar
SLAM / Bayes modellari	Xaritalashtirish va lokalizatsiya	Avtonom mobil robotlar, omborxona robotlari
Reinforcement Learning	Interaktiv o'rganish orqali harakatni optimallashtirish	Robot qo'l manipulyatsiyasi, avtonom navigatsiya
Predictive Analytics (Big Data)	Uskunalar nosozligini oldindan bashorat qilish	Sanoat robotlarida profilaktik texnik xizmat (predictive maintenance)
Sensor Fusion	Turli sensorlardan olingan ma'lumotlarni birlashtirish	Avtonom traktorlar, dronlar navigatsiyasi

3-jadval.

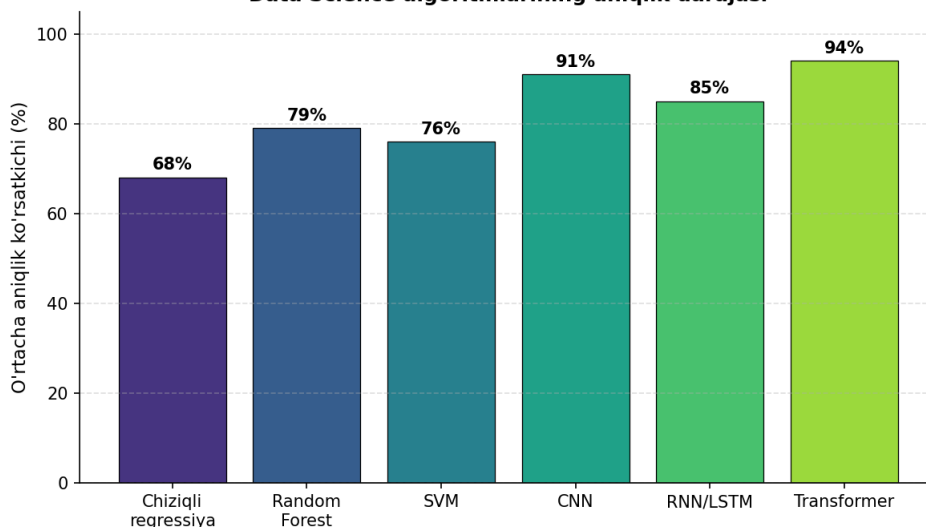
Turli sohalarda aqlli robotlarning qo'llanilishi

Soha	Robot turi	Qo'llaniladigan texnologiyalar	Kutilayotgan natija
Sanoat ishlab chiqarish	Manipulyator robotlar, kobot	CNN, Predictive Analytics, Sensor Fusion	Nuqsonlar kamayishi, unumdorlik oshishi
Qishloq xo'jaligi	Avtonom traktor, o'rim robotlari, dronlar	Computer Vision, SLAM, Sensor Fusion	Resurs tejamkorligi, hosildorlik oshishi
Tibbiyot	Jarrohlik robotlari	Computer Vision, Reinforcement Learning	Operatsiya aniqligi va xavfsizligi oshishi

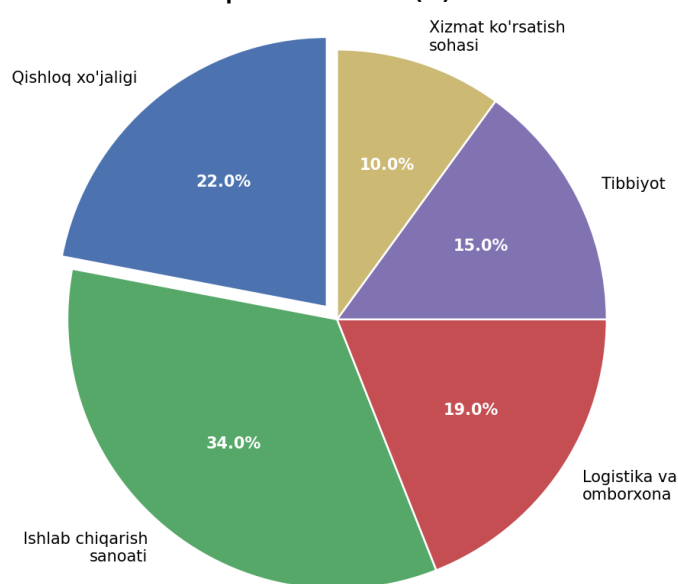
Logistika va omborxona	AGV/AMR robotlar	SLAM, Predictive Analytics	Yetkazib berish tezligi va aniqligi oshishi
Xizmat ko'rsatish	Ijtimoiy robotlar	NLP, Computer Vision	Mijozlarga xizmat sifatining yaxshilanishi

Quyidagi 1-grafikda turli Data Science algoritmlarining robototexnik tizimlardagi o'rtacha aniqlik ko'rsatkichlari, 2-grafikda esa aqlli robotlarning sohalar bo'yicha qo'llanilish ulushi keltirilgan.

1-grafik. Robototexnik tizimlarda qo'llaniladigan Data Science algoritmlarining aniqlik darajasi



2-grafik. Aqlli robot tizimlarining sohalar bo'yicha qo'llanilish ulushi (%)



Quyida Pandas va NumPy kutubxonalari yordamida robot sensorlaridan olingan namunaviy ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish kodi keltirilgan:

```
import pandas as pd
import numpy as np

# Robot sensorlaridan olingan namunaviy vaqt qatorlari ma'lumotlari
data = pd.DataFrame({
    'vaqt_s': np.arange(0, 10, 1),
```

```
'tezlik_m_s': [0.0, 0.4, 0.8, 1.1, 1.3, 1.2, 1.0, 0.9, 0.5, 0.0],
'batareya_foiz': [100, 98, 96, 93, 90, 88, 85, 83, 81, 79],
})

# Ma'lumotlarni tozalash va normallashtirish
data['tezlik_norm'] = (data['tezlik_m_s'] - data['tezlik_m_s'].min()) / \
    (data['tezlik_m_s'].max() - data['tezlik_m_s'].min())

# Harakatlanuvchi o'rtacha (moving average) - shovqinni kamaytirish
data['tezlik_smooth'] = data['tezlik_m_s'].rolling(window=3, min_periods=1).mean()

# Batareya sarfi tezligini hisoblash
data['batareya_sarfi'] = -data['batareya_foiz'].diff().fillna(0)

print(data.describe())
print(data.head())
```

7. AFZALLIKLARI, MUAMMOLARI VA KELAJAK ISTIQBOLLARI

Data Science va robototexnika integratsiyasining asosiy afzalliklari qatoriga quyidagilarni kiritish mumkin: ishlab chiqarish samaradorligining oshishi, inson xatosining kamayishi, xavfli sharoitlarda ishlashning mumkinligi, resurslardan oqilona foydalanish va real vaqtda qaror qabul qilish qobiliyati. Ayni paytda, ushbu integratsiya bir qator jiddiy muammolarni ham keltirib chiqaradi: yuqori sifatli va katta hajmdagi ma'lumotlarga bo'lgan ehtiyoj, hisoblash resurslarining yetishmasligi, ma'lumotlar xavfsizligi va maxfiylik masalalari, shuningdek AI modellarining "qora kuti" (black box) xarakteri tufayli qarorlarning izohlanishi (explainability) bilan bog'liq muammolar.

O'zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarni joriy etishda bir qator o'ziga xos omillarni hisobga olish zarur. Birinchidan, mamlakatning agrar sektori mehnat resurslarining intensiv jalb etilishiga asoslangan bo'lib, aqlli robot tizimlarini joriy etish nafaqat unumdorlikni oshirish, balki qishloq joylardagi ish kuchi tanqisligi muammosini ham hal qilishga xizmat qilishi mumkin. Ikkinchidan, mamlakatda raqamli infratuzilma, xususan qishloq hududlarida internet tezligi va bulutli hisoblash resurslariga kirish imkoniyati hali yetarli darajada rivojlanmagan, bu esa Big Data va real vaqtli tahlil tizimlarini joriy etishda cheklov yaratadi. Uchinchidan, malakali mutaxassislar - Data Science va robototexnika sohasida ishlay oladigan muhandislar - tayyorlash tizimi hali shakllanish bosqichida.

Shu bilan birga, "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institute" kabi ta'lim muassasalarida aqlli qishloq xo'jaligi texnologiyalari bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarining faollashuvi, davlat darajasida raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish strategiyalarining qabul qilinishi hamda xorijiy universitetlar bilan hamkorlik dasturlarining kengayishi kelajakda ushbu yo'nalishning jadal rivojlanishi uchun ijobiy zamin yaratmoqda. Sanoat tarmog'ida esa to'qimachilik, mashinasozlik va qurilish materiallari ishlab chiqarishida aqlli robot tizimlarini joriy etish orqali mahsulot sifatini oshirish va eksport salohiyatini kuchaytirish mumkin.

8. XULOSA

O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, Data Science va robototexnika o'rtasidagi sinergiya zamonaviy aqlli tizimlarning rivojlanishida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Sun'iy intellekt, mashinali va chuqur o'rganish algoritmlari robotlarga murakkab, dinamik va noaniq muhitlarda mustaqil qaror qabul qilish imkonini bermoqda, bu esa sanoat, qishloq xo'jaligi, tibbiyot va xizmat ko'rsatish sohalarida sifat va samaradorlik ko'rsatkichlarining sezilarli darajada oshishiga olib kelmoqda.

O'zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarni joriy etish, xususan qishloq xo'jaligi va sanoat tarmoqlarida, mamlakat iqtisodiyotining raqamlashtirilishi va resurslardan oqilona foydalanish strategiyasining muhim tarkibiy qismi bo'lishi lozim. Buning uchun raqamli infratuzilmani rivojlantirish, malakali kadrlar tayyorlash tizimini takomillashtirish hamda ilmiy-tadqiqot va amaliyot o'rtasidagi bog'liqlikni mustahkamlash zarur. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu yo'nalishda O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan aniq texnik yechimlar va pilot loyihalarni ishlab chiqish hamda ularning iqtisodiy samaradorligini baholash dolzarb vazifa bo'lib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Adewusi, A. O., Asuzu, O. F., Olorunsogo, T., Adaga, E., & Daraojimba, D. O. (2024). AI in precision agriculture: A review of technologies for sustainable farming practices. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 2276-2285. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0314>
2. Balaska, V., Adamidou, Z., Vryzas, Z., & Gasteratos, A. (2023). Sustainable crop protection via robotics and artificial intelligence solutions. *Machines*, 11(8), 774. <https://doi.org/10.3390/machines11080774>
3. Chen, Y., Ren, T., Li, Y., Jiang, G., Liu, Q., Chen, Y., & Yang, S. X. (2024). AI-empowered intelligence in industrial robotics: Technologies, challenges, and emerging trends. *Intelligence & Robotics*, 4(3).
4. Coulibaly, S., Kamsu-Foguem, B., Kamissoko, D., & Traore, D. (2022). Deep learning for precision agriculture: A bibliometric analysis. *Intelligent Systems with Applications*, 16, 200102. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200102>
5. Eissa, M. (2024). Precision agriculture using artificial intelligence and robotics. *Journal of Research in Agriculture and Food Sciences*, 1(1), 35. <https://doi.org/10.5455/jrafs.20240404014009>
6. Ghonasgi, K., Higgins, T., Huber, M. E., & O'Malley, M. K. (2024). Crucial hurdles to achieving human-robot harmony. *Science Robotics*, 9(96), eadp2507. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.adp2507>
7. Han, D., Mulyana, B., Stankovic, V., & Cheng, S. (2023). A survey on deep reinforcement learning algorithms for robotic manipulation. *Sensors*, 23(7), 3762. <https://doi.org/10.3390/s23073762>

8. Huang, Z., Shen, Y., Li, J., Fey, M., & Brecher, C. (2021). A survey on AI-driven digital twins in Industry 4.0: Smart manufacturing and advanced robotics. *Sensors*, 21(19), 6340. <https://doi.org/10.3390/s21196340>
9. Jiang, Y., & Li, C. (2020). Convolutional neural networks for image-based high-throughput plant phenotyping: A review. *Plant Phenomics*, 2020, 4152816. <https://doi.org/10.34133/2020/4152816>
10. Kroemer, O., Niekum, S., & Konidaris, G. (2021). A review of robot learning for manipulation: Challenges, representations, and algorithms. *Journal of Machine Learning Research*, 22(30), 1-82.
11. Kumar, S., Mohan, S., & Skitova, V. (2023). Designing and implementing a versatile agricultural robot: A vehicle manipulator system for efficient multitasking in farming operations. *Machines*, 11(8), 776. <https://doi.org/10.3390/machines11080776>
12. Liu, R., Nageotte, F., Zanne, P., de Mathelin, M., & Dresp-Langley, B. (2021). Deep reinforcement learning for the control of robotic manipulation: A focussed mini-review. *Robotics*, 10(1), 22. <https://doi.org/10.3390/robotics10010022>
13. Milazzo, M., & Libonati, F. (2022). The synergistic role of additive manufacturing and artificial intelligence for the design of new advanced intelligent systems. *Advanced Intelligent Systems*, 4(6), 2100278. <https://doi.org/10.1002/aisy.202100278>
14. Su, J., Zhu, X., Li, S., & Chen, W.-H. (2023). AI meets UAVs: A survey on AI empowered UAV perception systems for precision agriculture. *Neurocomputing*, 518, 242-270. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.11.020>
15. Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502-517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
16. Young, S. N. (2025). Editorial: Intelligent robots for agriculture - Ag-robot development, navigation, and information perception. *Frontiers in Robotics and AI*, 12, 1597912. <https://doi.org/10.3389/frobt.2025.1597912>
17. Zhang, S., Zhang, C., Park, D. S., & Yoon, S. (2023). Editorial: Machine learning and artificial intelligence for smart agriculture, volume II. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1166209. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1166209>
18. Zhu, K., & Zhang, T. (2021). Deep reinforcement learning based mobile robot navigation: A review. *Tsinghua Science and Technology*, 26(5), 674-691. <https://doi.org/10.26599/TST.2021.9010012>