

Intellectual robot tizimlarini ishlab chiqishda Data Science metodlarining roli

Akmaljon Zohidjon-o'g'li Yoqubjonov

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

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy intellektual robot tizimlarini yaratishda Data Science metodlarining tutgan o'рни va ahamiyati tahlil qilinadi. Mashinali o'rganish, chuqur o'rganish, kompyuter ko'rish, sensorlar fuziyasi va bashoratli tahlil kabi Data Science yo'nalishlarining robototexnika tizimlariga integratsiyalashuvi jarayoni ko'rib chiqiladi. Xalqaro Robototexnika Federatsiyasi (IFR) hamda yetakchi bozor tadqiqot tashkilotlarining rasmiy statistik ma'lumotlari asosida jahon robototexnika bozorining hozirgi holati va rivojlanish tendensiyalari tahlil qilinadi. Maqolada intellektual robot tizimini Data Science metodologiyasi asosida loyihalash jarayoni BPMN notatsiyasi yordamida modellashtirilgan bo'lib, ma'lumotlarni to'plashdan tortib modelni ishlab chiqarishga joriy etishgacha bo'lgan barcha bosqichlar aks ettirilgan. Shuningdek, O'zbekistonda ushbu sohaning istiqbollari va xalqaro hamkorlik imkoniyatlari muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: Data Science, sun'iy intellekt, mashinaviy o'rganish, chuqur o'rganish, intellektual robototexnika, sensorlar fuziyasi, katta ma'lumotlar (Big Data), BPMN, avtomatlashtirish, bashoratli tahlil

The role of Data Science methods in developing Intelligent Robotic Systems

Akmaljon Zohidjon-oglu Yakubjonov

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

Abstract: This article analyzes the role and significance of Data Science methods in the creation of modern intelligent robotic systems. It examines the process of integrating Data Science directions such as machine learning, deep learning, computer vision, sensor fusion, and predictive analytics into robotic systems. Based on official statistical data from the International Federation of Robotics (IFR) and leading market research organizations, the current state and development trends of the global robotics market are analyzed. The article models the process of designing an intelligent robotic system based on Data Science methodology using BPMN notation, reflecting all stages

from data collection to production deployment. Furthermore, the prospects of this field in Uzbekistan and opportunities for international cooperation are discussed.

Keywords: Data Science, artificial intelligence, machine learning, deep learning, intelligent robotics, sensor fusion, Big Data, BPMN, automation, predictive analytics

KIRISH

So'nggi o'n yillikda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi robototexnika sohasini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqdi. Agar avvalgi avlod robotlari qat'iy dasturlashtirilgan algoritmlar asosida ishlagan bo'lsa, hozirgi zamon intellektual robot tizimlari o'zgaruvchan muhitga moslasha oladigan, ma'lumotlar asosida qaror qabul qiluvchi va tajriba orqali o'z faoliyatini takomillashtiruvchi tizimlarga aylandi. Bu transformatsiyaning markazida Data Science - ma'lumotlarni yig'ish, tozalash, tahlil qilish va ulardan bilim chiqarish fani - turadi.

Data Science metodlari robototexnika bilan uyg'unlashib, robotlarga nafaqat atrof-muhitni idrok etish, balki undan o'rganish va bashorat qilish imkoniyatini ham beradi. Xalqaro Robototexnika Federatsiyasining (IFR) so'nggi hisobotiga ko'ra, 2024-yilda dunyo bo'yicha 542 ming dona sanoat roboti o'rnatilgan bo'lib, bu ko'rsatkich o'n yil oldingi darajadan ikki barobardan ortiq yuqoridir. Bunday jadal o'sishning asosiy harakatlantiruvchi kuchlaridan biri aynan sun'iy intellekt va Data Science texnologiyalarining robototexnika tizimlariga chuqur integratsiyalashuvidir.

Mazkur maqolaning maqsadi - intellektual robot tizimlarini ishlab chiqishda qo'llaniladigan asosiy Data Science metodlarini tizimlashtirish, ularning amaliy ahamiyatini rasmiy statistik ma'lumotlar asosida asoslash hamda ushbu jarayonni biznes-jarayonlar modeli (BPMN) shaklida vizual tasvirlashdan iborat.

1. DATA SCIENCE ASOSIY METODLARI VA ULARNING ROBOTOTEXNIKADA QO'LLANILISHI

Intellektual robot tizimlarini yaratishda bir nechta Data Science yo'nalishlari o'zaro uyg'unlikda qo'llaniladi. Har bir metod robotning muayyan funksional vazifasini bajarishda muhim rol o'ynaydi. Ularning eng asosiylari va robototexnikadagi amaliy qo'llanilish sohalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Data Science metodlari va ularning intellektual robototexnika tizimlaridagi vazifalari
(muallif tuzgan, rasmiy manbalar asosida)

No	Metod	Asosiy vazifasi	Robototexnikadagi qo'llanilishi
1	Mashinaviy o'rganish (Machine Learning)	Namunalarni aniqlash, tasniflash va bashorat qilish	Harakat traektoriyasini optimallashtirish, nosozliklarni bashorat qilish
2	Chuqur o'rganish (Deep Learning)	Ko'p qatlamli neyron tarmoqlar orqali murakkab bog'liqliklarni o'rganish	Kompyuter ko'rish, ob'ektlarni aniqlash, manipulyatsiya
3	Kompyuter ko'rish (Computer Vision)	Tasvir va videodan ma'lumot ajratib olish	Navigatsiya, ob'ektlarni tanish, sifat nazorati

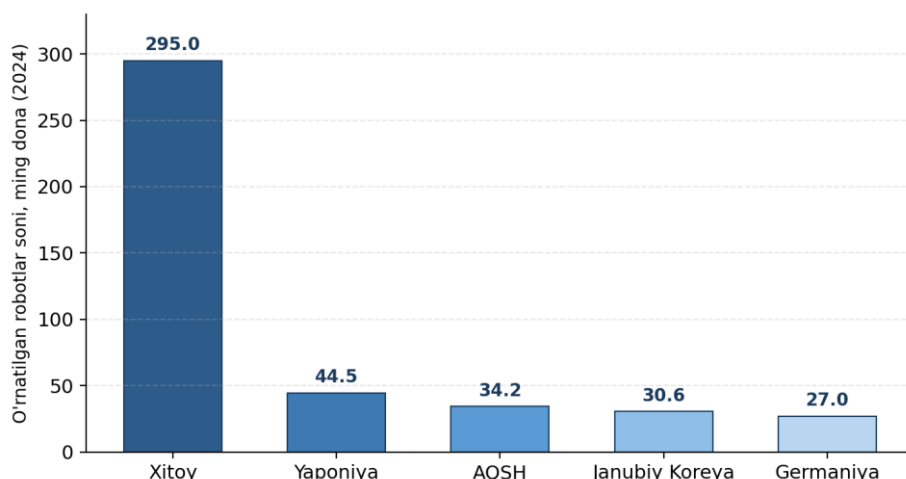
4	Mustahkamlash orqali o'rganish (Reinforcement Learning)	Muhit bilan o'zaro ta'sir orqali optimal siyosatni shakllantirish	Robot qo'lining manipulyatsiyasi, avtonom harakatlanish
5	Sensorlar fuzyiysi (Sensor Fusion)	Turli sensorlardan olingan ma'lumotlarni birlashtirish	LiDAR, kamera va IMU ma'lumotlarini integratsiya qilish
6	Bashoratli tahlil (Predictive Analytics)	Katta hajmdagi tarixiy ma'lumotlar asosida bashorat berish	Profilaktik texnik xizmat ko'rsatish (predictive maintenance)
7	Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP)	Inson nutqi va matnini tushunish hamda generatsiya qilish	Ovozli buyruqlar orqali robotni boshqarish, inson-robot muloqoti

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, mashinaviy o'rganish va chuqur o'rganish metodlari robotning "idrok etish" funksiyasini ta'minlasa, mustahkamlash orqali o'rganish uning "harakat siyosati"ni shakllantiradi. Sensorlar fuzyiysi esa turli manbalardan kelayotgan xilma-xil ma'lumotlarni yagona, ishonchli tasvirga birlashtirish orqali robotning atrof-muhitni real vaqt rejimida to'g'ri idrok etishini ta'minlaydi. Bunday ko'p qatlamli yondashuv zamonaviy avtonom robot tizimlarining asosini tashkil etadi.

2. JAHON TAJRIBASI: STATISTIK KO'RSATKICHLAR TAHLILI

Data Science va robototexnika integratsiyasining amaliy natijalarini rasmiy statistik ma'lumotlar orqali kuzatish mumkin. IFR World Robotics 2025 hisobotiga ko'ra, 2024-yilda dunyoda eng ko'p sanoat roboti o'rnatilgan besh mamlakat quyidagilardir: Xitoy (295 ming dona, dunyo bo'yicha 54% ulush), Yaponiya (44,5 ming dona), AQSH (34,2 ming dona), Janubiy Koreya (30,6 ming dona) va Germaniya (27 ming dona). Bu besh mamlakat jami dunyo o'rnatmalarining 80 foizini tashkil etadi.

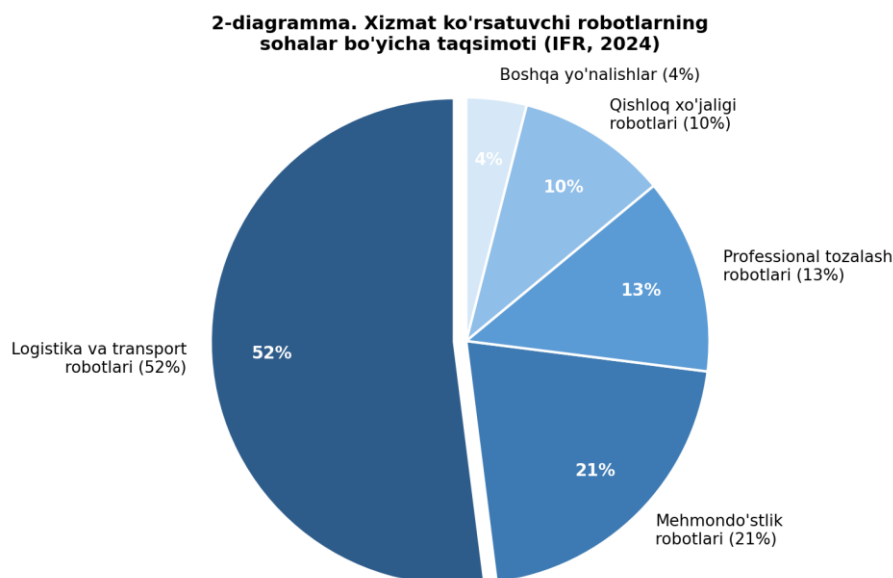
1-diagramma. Yetakchi mamlakatlarda sanoat robotlarining o'rnatilishi (IFR World Robotics 2025)



1-diagramma. Yetakchi mamlakatlarda sanoat robotlarining o'rnatilishi, 2024-yil (IFR World Robotics 2025 ma'lumotlari asosida)

Xizmat ko'rsatuvchi robotlar segmentida esa boshqacha manzara kuzatiladi. IFR ma'lumotlariga ko'ra, 2024-yilda xizmat robotlarining 52 foizini logistika va transport robotlari, 21 foizini mehmondo'stlik sohasi robotlari, 13 foizini professional tozalash

robotlari va 10 foizini qishloq xo'jaligi robotlari tashkil etgan. Bu taqsimot 2-diagrammada aks ettirilgan.



2-diagramma. Xizmat ko'rsatuvchi robotlarning sohalar bo'yicha taqsimoti, 2024-yil (IFR ma'lumotlari asosida)

Yuqorida ko'rib chiqilgan tendensiyalarni umumlashtiruvchi asosiy statistik ko'rsatkichlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

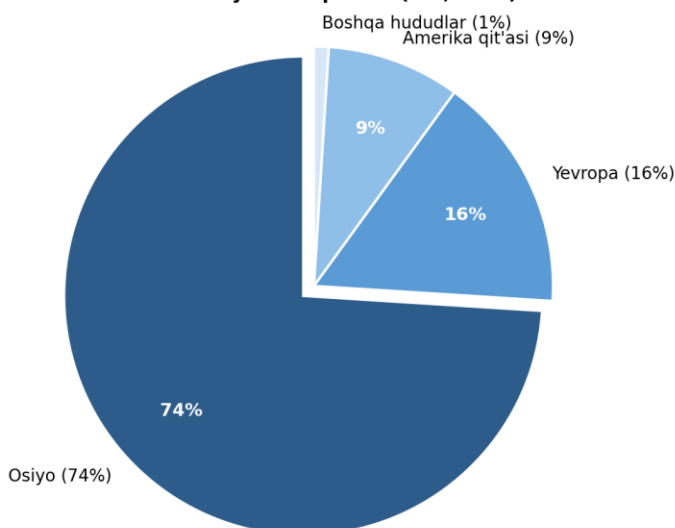
Robototexnika va Data Science bozorlarining asosiy statistik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Qiyamat (2024-2025)	Manba
Dunyo bo'yicha o'rnatilgan sanoat robotlari (2024)	542 000 dona	IFR, 2025
Foydalanishdagi umumiy robotlar zaxirasi (2024)	4 664 000 dona (+9%)	IFR, 2025
Tibbiyot robotlarining o'sishi (2024)	16 700 dona (+91%)	IFR, 2025
Data Science platformalari bozori hajmi (2025)	≈ 171 mlrd AQSH dollari	Fortune Business Insights, 2026
Bozorning bashoratlanayotgan o'sish sur'ati (CAGR)	20-27% (2025-2034)	Turli bozor tadqiqotlari, 2026
Xizmat robotlari orasida logistika ulushi (2024)	52% (102 925 dona)	IFR, 2025

Keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, robototexnika va Data Science o'zaro bog'liq ikki soha sifatida bir-birini kuchaytirib rivojlanmoqda: ma'lumotlar hajmining ortishi yanada aniqroq modellarni yaratish imkonini bersa, aksincha, robot tizimlaridan kelayotgan yangi ma'lumotlar oqimi Data Science algoritmlarini yanada takomillashtirish uchun boy material bo'lib xizmat qilmoqda.

Hududiy kesimda tahlil qilinganda, sanoat robotlarining yangi o'rnatmalari asosan Osiyo mintaqasida to'plangan. IFR ma'lumotlariga ko'ra, 2024-yilda barcha yangi o'rnatmalarning 74 foizi Osiyoda, 16 foizi Yevropada va 9 foizi Amerika qit'asida amalga oshirilgan. Bu holat aynan Osiyo mamlakatlarida - birinchi navbatda Xitoy, Yaponiya va Janubiy Koreyada - Data Science va sun'iy intellekt texnologiyalariga qilinayotgan investitsiyalarning yuqoriligi bilan bevosita bog'liqdir (3-diagramma).

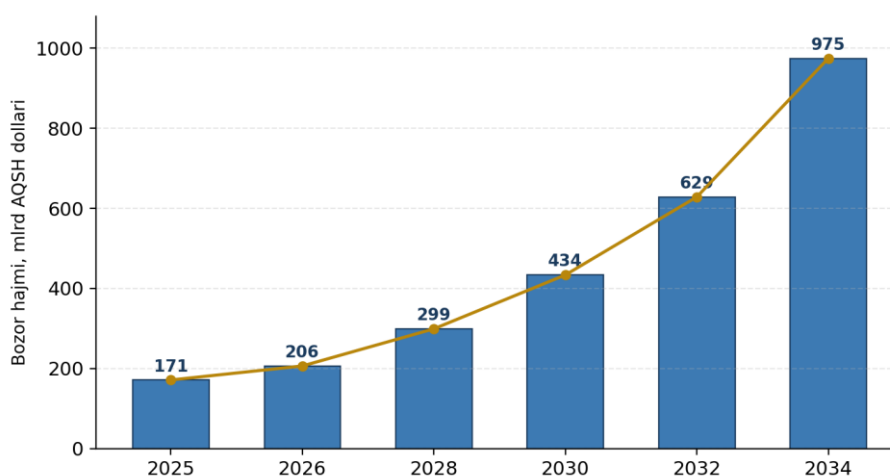
4-diagramma. Sanoat robotlari yangi o'rnatmalarining hududlar bo'yicha taqsimoti (IFR, 2024)



3-diagramma. Sanoat robotlari yangi o'rnatmalarining hududlar bo'yicha taqsimoti, 2024-yil (IFR ma'lumotlari asosida)

Data Science texnologiyalariga bo'lgan talabning ortishi global platformalar bozorining barqaror o'sishida ham o'z aksini topmoqda. Bozor tadqiqot tashkilotlarining bashoratiga ko'ra, global Data Science platformalari bozori 2025-yildagi 171,2 milliard AQSH dollaridan 2034-yilga borib 975 milliard AQSH dollarigacha o'sishi, ya'ni deyarli olti barobar kengayishi kutilmoqda (4-diagramma). Bunday jadal o'sish sun'iy intellekt asosidagi tahliliy vositalarning nafaqat robototexnikada, balki barcha sanoat tarmoqlarida strategik ahamiyat kasb etayotganini tasdiqlaydi.

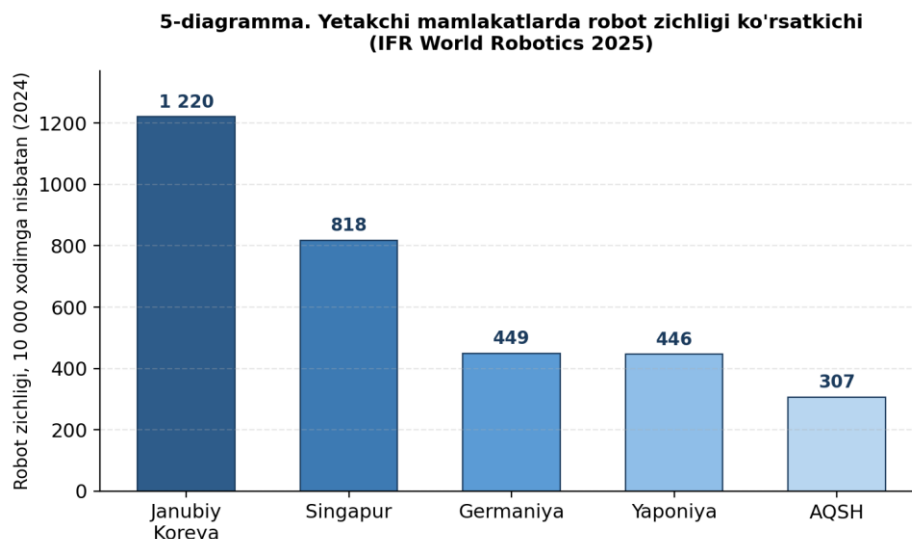
3-diagramma. Global Data Science platformalari bozorining o'sish dinamikasi, 2025-2034 (CAGR $\approx$ 20,4%)



4-diagramma. Global Data Science platformalari bozorining o'sish dinamikasi, 2025-2034-yillar (bozor tadqiqotlari asosida)

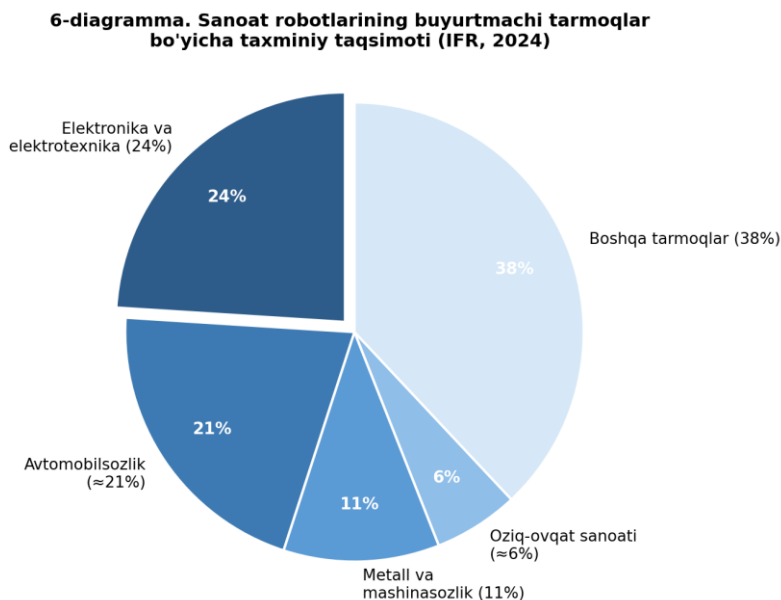
Robotlashtirish darajasini xolis baholashning yana bir muhim ko'rsatkichi - bu robot zichligi, ya'ni har 10 000 nafar ishchi kuchiga to'g'ri keladigan robotlar soni. IFR World Robotics 2025 hisobotiga ko'ra, Janubiy Koreya 1220 birlik ko'rsatkich

bilan dunyoda birinchi o‘rinni egallaydi, undan keyin Singapur (818 birlik), Germaniya (449 birlik), Yaponiya (446 birlik) va AQSH (307 birlik) joylashgan. Bu ko‘rsatkich mamlakat iqtisodiyotining raqamli transformatsiya va Data Science texnologiyalarini joriy etish darajasini bevosita aks ettiradi (5-diagramma).



5-diagramma. Yetakchi mamlakatlarda robot zichligi ko‘rsatkichi, 2024-yil (IFR World Robotics 2025 ma’lumotlari asosida)

Sohalar kesimida tahlil qilinganda, 2024-yilda birinchi marta elektronika va elektrotexnika sanoati (128 899 dona, ya’ni 24%) an’anaviy yetakchi bo‘lgan avtomobilsozlik sanoatini (taxminan 21%) ortda qoldirib, eng ko‘p robotlashtirilgan tarmoqqa aylandi. Bunday o‘zgarish yarimo‘tkazgichlar va elektron komponentlar ishlab chiqarishida aniqlik va tezlikka bo‘lgan talabning ortishi, shuningdek Data Science asosidagi sifat nazorati tizimlarining keng joriy etilishi bilan izohlanadi (6-diagramma).



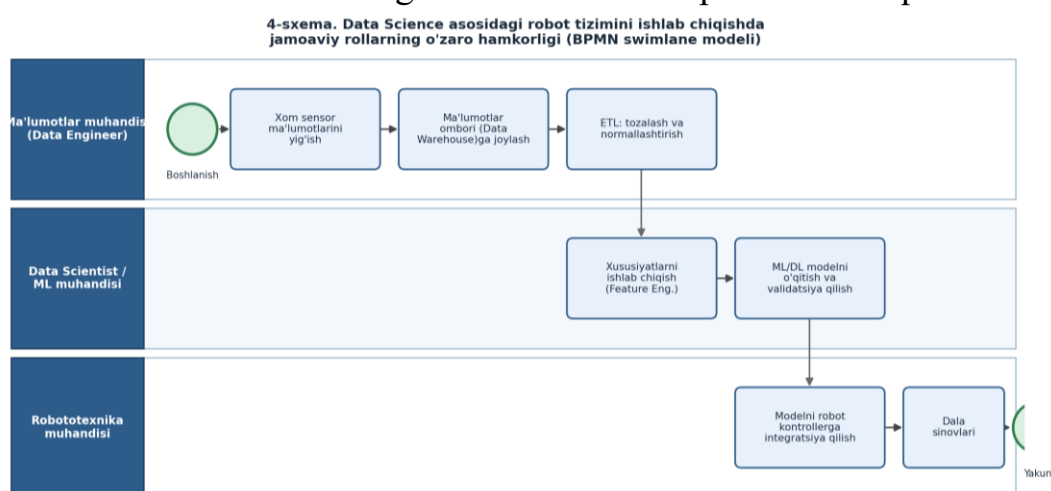
6-diagramma. Sanoat robotlarining buyurtmachi tarmoqlar bo‘yicha taxminiy taqsimoti, 2024-yil (IFR ma’lumotlari asosida)

3. INTELLEKTUAL ROBOT TIZIMINI DATA SCIENCE ASOSIDA LOYIHALASH JARAYONI (BPMN MODELI)

Intellektual robot tizimini Data Science metodologiyasi asosida ishlab chiqish izchil va takrorlanuvchi jarayondir. Ushbu jarayonni tizimli tarzda tushunish va amaliyotga tatbiq etish uchun uni Biznes-jarayonlarni modellashtirish notatsiyasi (BPMN) yordamida tasvirlash maqsadga muvofiqdir. Jarayon quyidagi asosiy bosqichlardan iborat: sensorlardan xom ma'lumotlarni to'plash, ularni oldindan qayta ishlash (tozalash, normallashtirish), mashinaviy yoki chuqur o'rganish modelini o'qitish va validatsiya qilish, tayyor modelni robotning boshqaruv tizimiga integratsiya qilish, so'ngra real vaqt rejimida sinovdan o'tkazish.

Sxemada aks ettirilganidek, sinov bosqichidan so'ng qaror qabul qilish nuqtasi (gateway) mavjud bo'lib, agar modelning aniqlik ko'rsatkichi belgilangan chegaradan past bo'lsa, jarayon gipermetrlarni qayta sozlash va modelni takroran

Rollar va vazifalarning taqsimlanishini yanada aniq tasavvur qilish uchun jarayon BPMN swimlane (yo'lakli) modeli ko'rinishida ham tasvirlangan (4-sxema). Unda ma'lumotlar muhandisi (Data Engineer), Data Scientist/ML muhandisi va robototexnika muhandisi o'rtasidagi ketma-ket hamda parallel ish oqimi aks ettirilgan.



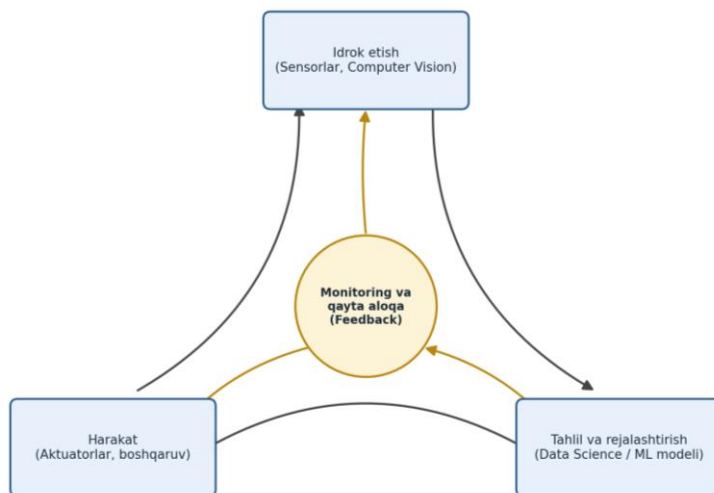
4-sxema. Data Science asosidagi robot tizimini ishlab chiqishda jamoaviy rollarning o'zaro hamkorligi (BPMN swimlane modeli, muallif tuzgan)

Ushbu modeldan ko'rinib turibdiki, ma'lumotlar muhandisi va Data Scientist o'rtasidagi hamkorlik model sifatini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi, robototexnika muhandisi esa tayyor modelni jismoniy tizimga integratsiya qilish va dala sharoitida sinovdan o'tkazish uchun mas'uldir. Bunday rollararo integratsiyalashgan yondashuv zamonaviy MLOps va Robotics-as-a-Service (RaaS) amaliyotlarining asosini tashkil etadi.

Ishlab chiqarish muhitiga joriy etilgandan so'ng, intellektual robot tizimi statik holatda qolmaydi - u real vaqt rejimida uzluksiz "Idrok etish - Rejalashtirish - Harakat" (Sense-Plan-Act) tsikli asosida ishlaydi. Bu arxitektura zamonaviy avtonom robototexnikaning nazariy asosini tashkil etadi va Data Science metodlari uning barcha

uchta bosqichida faol qo'llaniladi: idrok etish bosqichida kompyuter ko'rish va sensorlar fuiziyasi, rejalashtirish bosqichida mashinaviy o'rganish va mustahkamlash orqali o'rganish, harakat bosqichida esa boshqaruv nazariyasi bilan uyg' unlashgan bashoratli modellar ishlatiladi. Markaziy monitoring va qayta aloqa (feedback) mexanizmi barcha uch bosqichni bir-biri bilan uzluksiz bog'lab turadi (5-sxema).

5-sxema. Data Science asosidagi avtonom robot boshqaruvining tsiklik (Idrok — Rejalashtirish — Harakat) arxitekturası



5-sxema. Data Science asosidagi avtonom robot boshqaruvining tsiklik (Idrok - Rejalashtirish - Harakat) arxitekturası (muallif tuzgan)

Ushbu tsiklik arxitekturaning asosiy afzalligi shundaki, u robotga o'zgaruvchan tashqi muhit sharoitlariga real vaqt rejimida moslashish imkonini beradi: har bir yangi sensor ma'lumoti markaziy feedback mexanizmi orqali qayta ishlanib, keyingi qaror qabul qilish siklida hisobga olinadi. Bu esa robot tizimining ishonchliligi va avtonomlik darajasini sezilarli darajada oshiradi.

4. O'ZBEKISTONDA ROBOTOTEXNIKA VA DATA SCIENCE INTEGRATSIYASI ISTIQBOLLARI

O'zbekistonda so'nggi yillarda muhandislik ta'limi va yuqori texnologiyalar sohasiga davlat darajasida katta e'tibor qaratilmoqda. Yosh muhandislarni robototexnika va sun'iy intellekt sohalariga jalb qilish maqsadida turli xalqaro tanlovlar, stipendiya dasturlari va akademik almashinuv loyihalari amalga oshirilmoqda. Xususan, "Mirzo Ulug'bek vorislari" Data Science kurslarining tashkil etilishi mutaxassislarning Data Science va intellektual robototexnika bo'yicha yuqori tajriba orttirishiga xizmat qilmoqda.

Shu bilan birga, mamlakatimizda amalga oshirilayotgan qator ilmiy-innovatsion loyihalar - masalan, qishloq xo'jaligida avtonom robotlashtirish tizimlari, sanoat korxonalarida nosozliklarni bashorat qilish tizimlari hamda energetika infratuzilmasini AI asosida boshqarish yechimlari - Data Science va robototexnika integratsiyasining mahalliy sharoitda amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Yosh mutaxassislarning xalqaro miqyosdagi ilmiy-texnik tanlovlarda faol ishtiroki,

shuningdek ularning texnik intervyu asosida xorijiy universitetlarga qabul qilinishi ushbu sohaning mamlakatimizda barqaror rivojlanish salohiyatiga ega ekanligidan dalolat beradi.

XULOSA

O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, Data Science metodlari zamonaviy intellektual robot tizimlarini yaratishning ajralmas tarkibiy qismiga aylangan. Mashinaviy o'rganish, chuqur o'rganish, kompyuter ko'rish va sensorlar fuiziyasi kabi yo'nalishlar robotlarga atrof-muhitni idrok etish, tahlil qilish va mustaqil qaror qabul qilish imkonini bermoqda. Rasmiy statistik ma'lumotlar - xususan, IFR World Robotics 2025 hisoboti - jahon miqyosida robototexnika va Data Science bozorlarining barqaror va jadal o'sish tendensiyasini tasdiqlaydi.

Maqolada taklif etilgan BPMN modeli intellektual robot tizimini ishlab chiqish jarayonining tsiklik va iterativ tabiatini aniq ko'rsatib berdi, bu esa amaliyotchi muhandislar va tadqiqotchilar uchun metodologik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin. Kelgusida ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarni chuqurlashtirish, xususan edge computing va federativ o'rganish (federated learning) kabi yangi paradigmalarni robototexnika tizimlariga tatbiq etish masalalarini o'rganish dolzarb vazifalardan biri bo'lib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. International Federation of Robotics (IFR). World Robotics 2025 — Industrial Robots Report. Frankfurt, 2025.
2. International Federation of Robotics (IFR). World Robotics 2025 — Service Robots Report. Frankfurt, 2025.
3. Fortune Business Insights. Data Science Platform Market Size, Share & Global Report, 2025-2034.
4. Grand View Research. Data Science Platform Market Size, Share and Trends Analysis Report, 2024-2030.
5. Precedence Research. Data Science Platform Market Size and Forecast, 2025-2034.
6. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th Edition. Pearson, 2021.
7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016.
8. Object Management Group (OMG). Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 Specification.