ISSN: 2181-3906 2026

International scientific journal
«MODERN SCIENCE AND RESEARCH»
VOLUME 5 / ISSUE 10 / UIF:8.2 / MODERNSCIENCE.UZ

UDK: 656.1:004.8

AQLLI SHAHAR TRANSPORT TIZIMLARIDA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH ISTIQBOLLARI

Azirbayev Babur Tenelbaevich
stajyor o'qituvchi.
Qoraqalpoq davlat universiteti, Shahar qurilishi va xo'jaligi kafedrasi.
Tel.: +998 93 368 61 11 E-mail: baburazirbavev@gmail.com

https://doi.org/10.5281/zenodo.23891580

Annotatsiya. *Maqolada aqlli shahar transport tizimlarida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish istiqbollari tahlil qilingan. Tadqiqotda ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish, qiyosiy tahlil, tasniflash va ekspert-mantiqiy baholash usullaridan foydalanildi.*

Sun'iy intellektning transport oqimini prognozlash, tirbandliklarni boshqarish, adaptiv svetoforlarni boshqarish, jamoat transportini optimallashtirish va yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashdagi imkoniyatlari o'rganildi. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasida sun'iy intellekt va intellektual transport tizimlarini rivojlantirishga qaratilgan amaldagi davlat siyosati va Toshkent shahrida amalga oshirilayotgan loyihalar baholandi. Tahlil natijasida mashinali o'qitish, chuqur o'qitish, kompyuter ko'rishi va mustahkamlovchi o'qitish texnologiyalari aqlli transport tizimlarining asosiy komponentlarini takomillashtirish uchun istiqbolli vositalar ekanligi aniqlandi. Shu bilan birga ma'lumotlar sifati, raqamli infratuzilma, kiberxavfsizlik, shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish, algoritmlarning tushuntiriluvchanligi va yuqori boshlang'ich xarajatlar asosiy cheklovlar sifatida namoyon bo'lmoqda. Taklif qilingan konseptual model asosida O'zbekiston shaharlarida AI texnologiyalarini bosqichma-bosqich joriy etish yo'nalishlari ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: *aqlli shahar; aqlli transport tizimi; sun'iy intellekt; mashinali o'qitish; chuqur o'qitish; kompyuter ko'rishi; transport oqimi; tirbandlik; aqlli svetofor; jamoat transporti.*

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА

Аннотация. *В статье проанализированы перспективы использования технологий искусственного интеллекта в транспортных системах умного города. В исследовании применены методы систематического анализа научной литературы, сравнительного анализа, классификации и экспертно-логической оценки. Изучены возможности искусственного интеллекта в прогнозировании транспортных потоков, управлении заторами, адаптивном управлении светофорами, оптимизации общественного транспорта и обеспечении безопасности дорожного движения. Также рассмотрена действующая государственная политика Республики Узбекистан, направленная на развитие искусственного интеллекта и интеллектуальных транспортных систем, и оценены проекты, реализуемые в городе Ташкенте. Результаты анализа показали, что технологии машинного обучения, глубокого обучения, компьютерного зрения и обучения с подкреплением являются перспективными инструментами для совершенствования ключевых компонентов интеллектуальных транспортных систем.*

Вместе с тем качество данных, цифровая инфраструктура, кибербезопасность, защита персональных данных, интерпретируемость алгоритмов и высокие первоначальные затраты выступают основными ограничениями. На основе предложенной концептуальной модели разработаны направления поэтапного внедрения ИИ-технологий в городах Узбекистана.

Ключевые слова: *умный город; интеллектуальная транспортная система; искусственный интеллект; машинное обучение; глубокое обучение; компьютерное зрение; транспортный поток; заторы; умный светофор; общественный транспорт.*

PROSPECTS FOR IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN SMART CITY TRANSPORT SYSTEMS

Abstract. *The paper analyses the prospects of using artificial intelligence technologies in smart city transport systems. The study applies methods of systematic literature review, comparative analysis, classification, and expert-logical evaluation. The capabilities of artificial intelligence are examined in the areas of traffic flow forecasting, congestion management, adaptive traffic signal control, public transport optimisation, and road safety assurance. The current state policy of the Republic of Uzbekistan aimed at the development of artificial intelligence and intelligent transport systems is reviewed, and projects implemented in Tashkent are assessed. The analysis shows that machine learning, deep learning, computer vision, and reinforcement learning are promising tools for improving the key components of intelligent transport systems. At the same time, data quality, digital infrastructure, cybersecurity, personal data protection, algorithmic explainability, and high initial costs emerge as the principal limitations. Based on the proposed conceptual model, directions for the gradual deployment of AI technologies in the cities of Uzbekistan have been developed.*

Keywords: *smart city; intelligent transport system; artificial intelligence; machine learning; deep learning; computer vision; traffic flow; traffic congestion; smart traffic light; public transport.*

Kirish. Urbanizatsiya va avtomobillashtirish jarayonlarining jadallashuvi zamonaviy shaharlarda transport tizimiga bo’lgan talabning sezilarli darajada ortishiga sabab bo’lmoqda.

Transport oqimlarining zichlashuvi natijasida tirbandliklarning yuzaga kelishi, yo’lovchilarning harakatlanish vaqtining ortishi, yoqilg’i sarfining ko’payishi va yo’l-transport hodisalari xavfining oshishi shaharlarning barqaror rivojlanishiga salbiy ta’sir ko’rsatadi. Shu sababli transport infratuzilmasini faqat fizik jihatdan kengaytirish bilan bir qatorda mavjud yo’l tarmog’idan foydalanish samaradorligini oshiruvchi raqamli va intellektual boshqaruv vositalarini rivojlantirish zarur.

Aqlli shahar konsepsiyasida transport tizimi muhim tarkibiy qismlardan biri hisoblanadi.

Zamonaviy aqlli transport tizimlari (Intelligent Transportation Systems – ITS) transport vositalari, yo’l infratuzilmasi, yo’lovchilar, sensorlar va boshqaruv markazlari o’rtasida ma’lumot almashinuvi orqali transport harakatining xavfsizligi, samaradorligi va barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

So’nggi yillarda ushbu tizimlarning rivojlanishida sun’iy intellekt texnologiyalarining ahamiyati keskin ortdi. Sun’iy intellekt transport tizimlarida katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash, transport oqimlaridagi murakkab bog’liqliklarni aniqlash, kelajakdagi transport holatini prognozlash va boshqaruv qarorlarini shakllantirish imkonini beradi. 2024-yilda Wolniak va Stecuła tomonidan Scopus bazasidagi 2021–2024-yillar tadqiqotlari asosida olib borilgan sharhda sun’iy intellektning aqlli shaharlarning oltita asosiy yo’nalishidan biri bo’lgan aqlli mobillikda keng qo’llanilayotgani ko’rsatilgan [1].

O’zbekistonda ham transport tizimini raqamlashtirish va sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish davlat siyosatining istiqbolli yo’nalishlaridan biriga aylanmoqda. 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son qaror bilan "Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi" tasdiqlangan [7]. 2025-yil 4-dekabrdagi PQ-368-son qaror bilan esa Toshkent shahrida transport tizimini rivojlantirishning 2030-yilgacha bo’lgan maqsadli ko’rsatkichlari, jumladan yagona boshqaruv tizimiga ega intellektual svetoforlar bilan jihozlangan aqlli chorrahalarni bosqichma-bosqich kengaytirish belgilangan [9]. Shuningdek, Toshkent viloyatida 2026–2027-yillarda 210 ta chorrahani svetofor qurilmalarini yangilash va intellektual transport tizimiga ulash rejalashtirilgan [10].

Mavjud ilmiy tadqiqotlarning katta qismi sun’iy intellektning alohida transport vazifalarini bajarishdagi samaradorligini o’rganishga qaratilgan. Biroq shahar transport tizimi o’zaro bog’liq bo’lgan ko’plab komponentlardan tashkil topadi. Transport oqimini prognozlash, svetoforlarni boshqarish, jamoat transportini rejalashtirish, yo’l harakati xavfsizligi va marshrutlashtirish bir-biridan ajratilgan holda emas, balki yagona transport ekotizimi doirasida amalga oshirilishi lozim.

Shu sababli asosiy ilmiy muammo sun’iy intellektning alohida texnologiyalarini qo’llashdan ularni yagona aqlli transport boshqaruv tizimiga integratsiyalashga o’tish masalasidan iborat. Tadqiqotning maqsadi aqlli shahar transport tizimlarida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning asosiy yo’nalishlarini tahlil qilish, ularning imkoniyat va cheklovlarini aniqlash hamda O’zbekiston shaharlari sharoitida joriy etishning istiqbolli yo’nalishlarini ilmiy asoslashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo’yildi: (1) aqlli transport tizimlarida sun’iy intellektning o’rnini aniqlash; (2) transport sohasida qo’llanilayotgan asosiy AI texnologiyalarini tasniflash; (3) transport oqimini prognozlash va tirbandliklarni boshqarish imkoniyatlarini tahlil qilish; (4) jamoat transportida AI texnologiyalaridan foydalanish istiqbollarini baholash; (5) yo’l harakati xavfsizligida AI qo’llanilishini tahlil qilish; (6) AI texnologiyalarini joriy etishdagi asosiy texnik, tashkiliy va huquqiy cheklovlarni aniqlash; (7) O’zbekiston shaharlarida AI asosidagi aqlli transport tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etish bo’yicha takliflar ishlab chiqish.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Sun’iy intellekt va aqlli shahar konsepsiyalarining rivojlanishi transport tizimlarining raqamli transformatsiyasini tezlashtirmoqda. Wolniak va Stecuła tomonidan 2024-yilda chop etilgan sharhda 2021–2024-yillarda Scopus bazasida e’lon qilingan tadqiqotlar tahlil qilinib, AI texnologiyalarining aqlli shaharlarning smart mobility, smart governance, smart environment va boshqa yo’nalishlaridagi qo’llanilishi ko’rib chiqilgan.

Mualliflar smart mobility yo'nalishida AI asosan transportni optimallashtirish, tirbandlikni kamaytirish va mobillikni yaxshilashga qaratilayotganini ko'rsatgan [1]. Transport oqimini prognozlash bo'yicha Boukerche, Tao va Sun tomonidan olib borilgan tadqiqotda statistik va mashinali o'qitish asosidagi modellar tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, statistik modellar yuqori tushuntiriluvchanlikka ega bo'lsa-da, mashinali o'qitish modellari transport ma'lumotlarining nochiziqli xususiyatlariga moslashishda ko'proq moslashuvchanlikni ta'minlaydi [2].

Boukerche va Wang esa ITS uchun mashinali o'qitishga asoslangan transport prognozlash modellarini batafsil ko'rib chiqib, regressiya, kernel, neyron tarmoqlar va gibrid modellarni tasniflagan hamda transport oqimini oldindan prognozlash ITSning samarali ishlashi uchun muhim shart sifatida baholagan [11]. Transport prognozlashning rivojlanishida chuqur o'qitish va grafik neyron tarmoqlari kabi yangi usullar ham muhim o'rin egallamoqda. Bunday modellar yo'l tarmog'ining fazoviy tuzilishi va vaqt bo'yicha o'zgarishlarini birgalikda hisobga olish imkonini beradi [12]. Jamoat transportida mashinali o'qitish bo'yicha 2024-yilgi tizimli sharhda yo'lovchi talabini prognozlash transport operatorlari uchun xizmatlarni rejalashtirish va boshqarishda muhim ekanligi ko'rsatilgan [3].

Yo'l harakati xavfsizligi bo'yicha Chai va hammualliflarning 2024-yilgi tizimli sharhida mashinali o'qitish asosida yo'l-transport hodisalarini prognozlash bo'yicha 95 ta tadqiqot tahlil qilingan [5]. OECD/ITF tomonidan tayyorlangan tadqiqotda esa AI yordamida yo'l infratuzilmasidagi xavfli uchastkalarni aniqlash, kompyuter ko'rishdan foydalanish va transport xavfsizligini proaktiv boshqarish masalalari ko'rib chiqilgan hamda ma'lumotlarni almashish, maxfiylik, raqamli xavfsizlik, tushuntiriluvchan AI va raqamli infratuzilmani rivojlantirish muhim shartlar sifatida ko'rsatilgan [4]. 2026-yilda e'lon qilingan tizimli tadqiqotda urban transport tizimlarida AI texnologiyalarining tirbandlikni prognozlash, yo'l xavfsizligi, adaptiv boshqaruv va barqaror shahar mobilligini rejalashtirishdagi qo'llanilishi alohida tahlil qilingan [6].

Tadqiqotning metodologik asosini tizimli adabiyotlar tahlili, qiyosiy tahlil, tasniflash va ekspert-mantiqiy baholash usullari tashkil etdi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida aqlli shahar, aqlli transport tizimlari va sun'iy intellektning transportdagi qo'llanilishiga oid ilmiy maqolalar hamda xalqaro tashkilotlarning tahliliy materiallari tanlandi. Manbalarni tanlashda ularning ilmiy nashrlarda e'lon qilinganligi, mavzuga bevosita aloqadorligi va zamonaviyligi hisobga olindi.

Keyingi bosqichda aniqlangan ilmiy ishlar quyidagi yo'nalishlar bo'yicha tasniflandi: transport oqimini prognozlash; tirbandliklarni aniqlash va boshqarish; adaptiv svetoforlarni boshqarish; jamoat transporti talabini prognozlash; marshrutlashtirish; yo'l harakati xavfsizligi; transport monitoringi; ma'lumotlar va raqamli infratuzilma.

AI texnologiyalarining O'zbekiston sharoitidagi istiqbolini baholash uchun beshta mezon belgilandi: (1) transport muammosini hal qilish imkoniyati; (2) real vaqt rejimida ishlash imkoniyati; (3) zarur ma'lumotlarning mavjudligi; (4) mavjud transport infratuzilmasiga integratsiyalashish imkoniyati; (5) mahalliy sharoitda bosqichma-bosqich joriy etish imkoniyati.

Ushbu mezonlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

AI texnologiyalarini O’zbekiston sharoitida baholash mezonlari

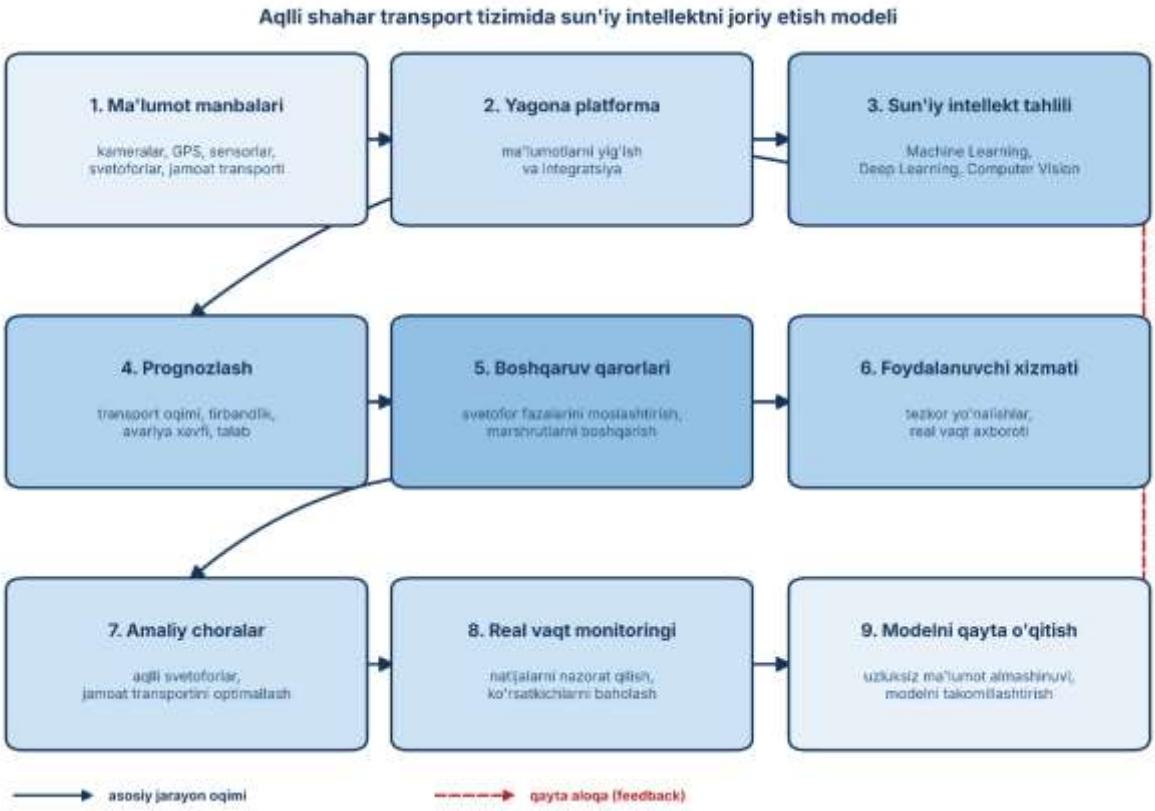
Mezon	**Baholash mazmuni**
Transport muammosiga ta’siri	tirbandlik, kechikish, xavfsizlik yoki xizmat sifatini yaxshilash imkoniyati
Real vaqt imkoniyati	ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash va qaror qabul qilish
Ma’lumotlar talabi	zarur sensor, GPS, kamera va boshqa ma’lumotlarning mavjudligi
Integratsiya	mavjud svetofor, kamera, GPS va transport boshqaruv tizimlari bilan ishlashi
Joriy etish imkoniyati	texnologiyaning mahalliy sharoitda bosqichma-bosqich qo’llanishi

Tadqiqot metodikasining yakuniy bosqichida xalqaro ilmiy adabiyotlardan olingan natijalar O’zbekistonning amaldagi transport va AI siyosati bilan qiyoslandi. Xususan, PQ-358-son qaror bilan tasdiqlangan AI strategiyasi [7], Toshkent shahrining 2030-yilgacha transport tizimini rivojlantirish bo’yicha PQ-368-son qarori [9] va intellektual transport tizimlarini rivojlantirish bo’yicha amaliy loyihalar [8; 10] tahlilga olindi.

Natijalar. Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt texnologiyalarini aqlli shahar transport tizimlarida qo’llashning quyidagi ustuvor yo’nalishlarini aniqlash imkonini berdi: transport oqimini prognozlash, tirbandlikni boshqarish, aqlli svetoforlarni boshqarish, jamoat transportini optimallashtirish, yo’l xavfsizligini ta’minlash va intellektual marshrutlashtirish. Aqlli shahar transport tizimida sun’iy intellekt texnologiyalarini samarali joriy etish uchun ma’lumotlarni yig’ishdan tortib boshqaruv qarorlarini qabul qilish va natijalarni qayta baholashgacha bo’lgan uzluksiz tizim shakllantirilishi lozim. Tadqiqot natijasida ushbu jarayonning taklif etilayotgan konseptual modeli 1-rasmda keltirilgan.

ISSN: 2181-3906 2026

International scientific journal
«MODERN SCIENCE AND RESEARCH»
VOLUME 5 / ISSUE 10 / UIF:8.2 / MODERNSCIENCE.UZ



1-rasm. Aqlli shahar transport tizimida sun’iy intellektni joriy etishning taklif etilayotgan modeli

Mazkur modelda transport vositalari, yo’l infratuzilmasi, sensorlar, GPS tizimlari va jamoat transportidan olinadigan ma’lumotlar yagona raqamli platformada birlashtiriladi. Keyingi bosqichda AI algoritmlari ushbu ma’lumotlarni tahlil qilib, transport oqimi, tirbandlik, jamoat transportiga talab va yo’l harakati xavfsizligi bilan bog’liq holatlarni prognozlash imkonini beradi.

Boshqaruv markazi tomonidan shakllantirilgan qarorlar amaliy choralarga (aqlli svetoforlarni boshqarish, jamoat transportini optimallashtirish, marshrutlarni qayta taqsimlash) tatbiq etiladi va natijalar real vaqt rejimida monitoring qilinib, model yangi ma’lumotlar asosida uzluksiz takomillashtirib boriladi.

Transport oqimini prognozlash AI texnologiyalarining eng muhim qo’llanilish yo’nalishlaridan biri hisoblanadi. Bunda tarixiy ma’lumotlar va real vaqt ma’lumotlari asosida kelajakdagi transport oqimining hajmi, tezligi va zichligini aniqlash mumkin [2; 11]. Prognozlar quyidagi ma’lumotlar asosida shakllantiriladi: avtomobillar soni; transport tezligi; yo’lning bandlik darajasi; GPS ma’lumotlari; kamera ma’lumotlari; svetofor holati; ob-havo sharoiti; yo’l-transport hodisalari; jamoat transporti harakati. Bunday ma’lumotlarning birlashtirilishi transport tizimining real holatini aniqlash va qisqa muddatli prognozlarni shakllantirish imkonini beradi hamda reaktiv boshqaruvdan proaktiv boshqaruvga o’tish imkoniyatini yaratadi.

Aqlli svetoforlar AI texnologiyalarini shahar transport tizimiga amaliy joriy etishning eng istiqbolli yo’nalishlaridan biridir.

An’anaviy svetoforlarda signal davomiyligi ko’pincha oldindan belgilangan rejim asosida ishlaydi. Aqlli svetoforlarda esa transport oqimi haqidagi ma’lumotlar real vaqt rejimida tahlil qilinib, signal fazalari o’zgarishi mumkin. O’zbekiston uchun ushbu yo’nalish ayniqsa muhim, chunki Toshkent shahrining 2030-yilgacha transport tizimini rivojlantirish dasturida yagona boshqaruv tizimiga ega aqlli chorrahalarni ko’paytirish belgilangan [9]. Bu yerda AI algoritmining vazifasi faqat svetoforni avtomatik almashtirish emas, balki transport oqimining kelajakdagi holatini hisobga olgan holda signal vaqtlarini optimallashtirishdan iborat bo’lishi lozim.

Jamoat transportiga bo’lgan talabning kun va vaqt bo’yicha o’zgarishi avtobuslar soni va harakat intervalini optimal belgilashni talab qiladi. AI asosidagi talab prognozi transport operatorlariga tig’iz vaqtlar uchun qo’shimcha transport vositalarini rejalashtirish, yo’nalishlarni qayta ko’rib chiqish va transport vositalaridan samarali foydalanish imkonini beradi [3]. O’zbekiston sharoitida bu masala Toshkent, Samarqand, Namangan kabi yirik shaharlarda ayniqsa dolzarb, chunki jamoat transportidan foydalanish ulushini oshirish uchun transport xizmatining tezligi, ishonchliligi va qulayligini bir vaqtning o’zida yaxshilash talab etiladi.

Yo’l harakati xavfsizligi yo’nalishida Computer Vision texnologiyalari yordamida yo’l kameralaridan olinadigan tasvirlarni avtomatik tahlil qilish mumkin. Bunda transport vositalarining harakatini kuzatish, xavfli manevrlarni aniqlash, yo’l infratuzilmasidagi muammolarni belgilash va YTH xavfi yuqori bo’lgan hududlarni aniqlash mumkin [4;5]. Bunday tizimlar inson operatoriga barcha videoma’lumotlarni qo’lda kuzatish zaruratini kamaytirib, muhim vaziyatlarni avtomatik ajratib ko’rsatadi. Intellektual marshrutlashtirish tizimlari esa real vaqt ma’lumotlari (tirbandlik, yo’l-transport hodisalari, ob-havo, svetoforlar holati) asosida eng maqbul harakat yo’nalishini tanlash imkonini beradi.

AI texnologiyalarining transport sohasidagi asosiy qo’llanilish yo’nalishlari 2-jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval

Sun’iy intellekt texnologiyalarining shahar transportidagi qo’llanilish yo’nalishlari

№	AI texnologiyasi	Transportdagi qo’llanilishi	Asosiy natija
1	Machine Learning	Transport oqimini prognozlash	Tirbandlikni oldindan aniqlash
2	Deep Learning	Murakkab transport oqimlarini tahlil qilish	Prognoz aniqligini oshirish
3	Computer Vision	Kamera orqali transport vositalarini aniqlash	Real vaqt monitoringi
4	Reinforcement Learning	Svetoforlarni adaptiv boshqarish	Kutish vaqtini kamaytirish
5	Machine Learning + GPS	Optimal yo’nalishlarni aniqlash	Harakat vaqtini qisqartirish

ISSN: 2181-3906 2026

International scientific journal
«MODERN SCIENCE AND RESEARCH»
VOLUME 5 / ISSUE 10 / UIF:8.2 / MODERNSCIENCE.UZ

№	AI texnologiyasi	Transportdagi qo'llanilishi	Asosiy natija
6	AI + GPS ma'lumotlari	Jamoat transporti talabini prognozlash	Marshrutlarni optimallashtirish
7	Computer Vision + ML	Yo'l harakati xavfsizligini monitoring qilish	Avariya xavfini kamaytirish

Manba: [1–6] adabiyotlar asosida muallif tomonidan tuzilgan.

Tadqiqotda aniqlangan texnologiyalarni O'zbekiston sharoitida joriy etish imkoniyatlari qiyosiy baholandi. Baholash natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

O'zbekiston sharoitida AI texnologiyalarini joriy etish ustuvorligi

№	Yo'nalish	Transport muammosiga ta'siri	Ma'lumot mavjudligi	Joriy etish imkoniyati	Ustuvorlik
1	Transport oqimini real vaqt monitoringi	Yuqori	Yuqori	Yuqori	Juda yuqori
2	Aqlli svetoforlarni boshqarish	Yuqori	Yuqori	Yuqori	Juda yuqori
3	Tirbandlikni AI orqali prognozlash	Yuqori	O'rta–yuqori	Yuqori	Juda yuqori
4	Jamoat transporti talabini prognozlash	Yuqori	O'rta	Yuqori	Yuqori
5	Computer Vision asosida xavfsizlik monitoringi	Yuqori	Yuqori	O'rta–yuqori	Yuqori
6	Intellektual marshrutlash	O'rta–yuqori	Yuqori	Yuqori	Yuqori
7	Avtonom transport	Yuqori	Past–o'rta	Past	Keyingi bosqich

Manba: [1–6] ilmiy adabiyotlar hamda O'zbekistonda transport tizimini raqamlashtirish bo'yicha amaldagi yo'nalishlar asosida muallif tomonidan ishlab chiqilgan.

Jadvaldan ko'rinadiki, O'zbekiston sharoitida dastlab mavjud infratuzilmaga qo'shilishi nisbatan oson bo'lgan AI texnologiyalariga ustuvorlik berish maqsadga muvofiq. Avtonom transport kabi yuqori darajadagi texnologiyalarni esa keyingi bosqichda rivojlantirish mumkin.

Muhokama. Tadqiqot natijalari mavjud ilmiy adabiyotlarda keltirilgan xulosalar bilan umumiy jihatdan mos keladi. Xususan, transport oqimini prognozlash bo'yicha tadqiqotlarda ML modellarining nochiziqli transport jarayonlariga moslashuvchanligi ta'kidlangan [2; 11].

Jamoat transporti bo'yicha tadqiqotlarda esa AI yordamida talabni prognozlash transport xizmatlarini rejalashtirish uchun muhim vosita sifatida baholangan [3]. Biroq AI texnologiyalarining samaradorligini faqat algoritm aniqligi bilan baholash to'g'ri emas. Shahar transport tizimida AI modeli fizik infratuzilma bilan bevosita bog'langan, shu sababli modelning aniqligi, ma'lumotlarning ishonchliligi, qaror qabul qilish tezligi va tizimning favqulodda holatlarda ishlash qobiliyati birgalikda baholanishi kerak.

Sun'iy intellektni joriy etishdagi eng muhim muammolardan biri ma'lumotlarning sifati hisoblanadi. Kamera, GPS, sensor va boshqa manbalardan olingan ma'lumotlar turli formatlarda bo'lishi yoki to'liq bo'lmasligi mumkin. Shu sababli yagona transport ma'lumotlar platformasini shakllantirish AI tizimlarini rivojlantirishning asosiy shartlaridan biridir. Ikkinchi muhim masala kiberxavfsizlik va shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish bilan bog'liq. Transport tizimlarida transport vositalarining joylashuvi, harakat trayektoriyasi va boshqa ma'lumotlar yig'ilishi mumkin. OECD/ITF ushbu ma'lumotlarni himoya qilish, ma'lumotlarni boshqarish va ishonchli AI tizimlarini rivojlantirish zarurligini alohida ta'kidlaydi [4]. Uchinchi masala AI tizimlarining tushuntiriluvchanligi bilan bog'liq: transport boshqaruvi kabi ijtimoiy jihatdan muhim sohada tizim tomonidan berilgan qarorning nima sababdan qabul qilingani imkon qadar tushunarli bo'lishi kerak.

O'zbekiston shaharlari uchun AI asosidagi transport boshqaruvini quyidagi bosqichlarda tashkil etish taklif qilinadi: (1) kamera, GPS, svetofor, sensor va jamoat transporti ma'lumotlarini yig'ish; (2) turli manbalardan kelayotgan ma'lumotlarni yagona platformaga birlashtirish; (3) transport oqimi, tirbandlik va yo'l xavfsizligi bo'yicha AI modellarini ishga tushirish; (4) transport oqimining qisqa muddatli kelajak holatini prognozlash; (5) svetoforlar, marshrutlar va jamoat transporti harakatiga tegishli boshqaruv qarorlarini shakllantirish; (6) tizim natijalarini baholash va yangi ma'lumotlar asosida AI modelini takomillashtirish. Bu model O'zbekistonda allaqachon shakllanayotgan intellektual transport infratuzilmasiga mos keladi. Toshkent shahrida yagona transport boshqaruv markazi, AI asosida transport va piyodalar oqimini tahlil qilish hamda aqlli chorrahalarni rivojlantirish bo'yicha belgilangan vazifalar ushbu yondashuvni amaliy jihatdan qo'llash imkoniyati mavjudligini ko'rsatadi [8; 9].

Mazkur tadqiqotning asosiy cheklovi O'zbekiston shaharlari bo'yicha real vaqt transport ma'lumotlari asosida mustaqil AI modelining tajribaviy sinovdan o'tkazilmaganligidir. Shu sababli maqolada keltirilgan ustuvor yo'nalishlar ilmiy adabiyotlar, xalqaro tajriba va O'zbekistonda amalga oshirilayotgan transport raqamlashtirish loyihalari asosida baholandi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda Toshkent yoki boshqa yirik shaharning tanlangan chorrahalaridan real vaqt transport ma'lumotlarini yig'ish va turli AI modellarini sinovdan o'tkazish maqsadga muvofiq. Bunda transport oqimini prognozlash aniqligini MAE, RMSE va MAPE kabi ko'rsatkichlar orqali baholash mumkin.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot natijasida sun'iy intellekt texnologiyalari aqlli shahar transport tizimlarining samaradorligini oshirish uchun muhim vosita ekanligi aniqlandi. Mashinali o'qitish va chuqur o'qitish transport oqimini prognozlash, kompyuter ko'rishi transport monitoringi va yo'l xavfsizligini ta'minlash, mustahkamlovchi o'qitish esa adaptiv svetoforlarni

boshqarish uchun istiqbolli texnologiyalar sifatida baholandi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, O'zbekistonda AI asosidagi aqlli transport tizimlarini rivojlantirishda quyidagi yo'nalishlarga ustuvorlik berish maqsadga muvofiq: (1) yagona shahar transport ma'lumotlar platformasini yaratish; (2) transport oqimini real vaqt rejimida monitoring qilish; (3) AI asosida tirbandliklarni qisqa muddatli prognozlash; (4) aqlli va adaptiv svetoforlarni bosqichma-bosqich joriy etish; (5) jamoat transportiga bo'lgan talabni AI yordamida prognozlash; (6) Computer Vision asosida yo'l harakati xavfsizligini monitoring qilish; (7) transport ma'lumotlarining maxfiyligi va kiberxavfsizligini ta'minlash; (8) AI tizimlarini avvalo pilot hududlarda sinovdan o'tkazish; (9) muvaffaqiyatli natijalarga ega loyihalarni boshqa shahar va hududlarga bosqichma-bosqich kengaytirish.

Shunday qilib, sun'iy intellektning aqlli shahar transportidagi istiqboli faqat alohida algoritmlarni joriy etish bilan emas, balki transport vositalari, yo'l infratuzilmasi, sensorlar, jamoat transporti, GPS va boshqaruv markazlarini yagona intellektual raqamli platformaga birlashtirish bilan belgilanadi. O'zbekistonda sun'iy intellektni 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi hamda Toshkent shahrida intellektual transport tizimlarini rivojlantirish bo'yicha belgilangan vazifalar ushbu yo'nalishning amaliy ahamiyati ortib borayotganini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Wolniak R., Stecuła K. Artificial Intelligence in Smart Cities – Applications, Barriers, and Future Directions: A Review // Smart Cities. – 2024. – Vol. 7, No. 3. – P. 1346–1389. – DOI: 10.3390/smartcities7030057.
2. Boukerche A., Tao Y., Sun P. Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems // Computer Networks. – 2020. – Vol. 182. – Article 107484. – DOI: 10.1016/j.comnet.2020.107484.
3. Machine Learning for public transportation demand prediction: A Systematic Literature Review // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2024. – Vol. 137, Part B. – Article 109166. – DOI: 10.1016/j.engappai.2024.109166.
4. International Transport Forum. Artificial Intelligence in Proactive Road Infrastructure Safety Management: Summary and Conclusions. – Paris: OECD Publishing, 2021. – 36 p. – DOI: 10.1787/04509d3f-en.
5. Chai A.B.Z., Lau B.T., Tee M.K.T., McCarthy C. Enhancing road safety with machine learning: Current advances and future directions in accident prediction using non-visual data // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2024. – Vol. 137, Part A. – Article 109086. – DOI: 10.1016/j.engappai.2024.109086.
6. Artificial intelligence in urban transportation systems: A systematic survey and taxonomy // Alexandria Engineering Journal. – 2026. – Vol. 147. – P. 37–66. – DOI: 10.1016/j.aej.2026.05.021.
7. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida: PQ-358-son qaror, 2024-yil 14-oktabr.
8. O'zbekiston Respublikasi hukumati. Toshkent shahrini kompleks rivojlantirish bo'yicha ustuvor vazifalar. – 2025.

9. O’zbekiston Respublikasi Prezidenti. Toshkent shahrida transport tizimi boshqaruvini takomillashtirish hamda tirbandliklarning oldini olishga qaratilgan qo’shimcha chora-tadbirlar to’g’risida: PQ-368-son qaror, 2025-yil 4-dekabr.
10. O’zbekiston Respublikasi Transport vazirligi. Toshkent viloyatida intellektual transport tizimi joriy etilmoqda. – 2026-yil 5-fevral.
11. Boukerche A., Wang J. Machine Learning-based traffic prediction models for Intelligent Transportation Systems // Computer Networks. – 2020. – Vol. 181. – Article 107530. – DOI: 10.1016/j.comnet.2020.107530.
12. Jiang W., Luo J. Graph neural network for traffic forecasting: A survey // Expert Systems with Applications. – 2022. – Vol. 207. – Article 117921.