AVTOMATLASHTIRILGAN TRANSPORT TIZIMLARINING BOSHQARUVI VA XAVFSIZLIGI

Muhriddin Sultonov

Buxoro davlat texnika universitet magistranti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishi zamonaviy urbanizatsiya sharoitida avtomatlashtirilgan transport tizimlarini (ATT) boshqarishning kontseptual asoslari va xavfsizlik arxitekturasini o‘rganishga bag‘ishlangan. Maqolada transport vositalarining intellektual darajasini oshirishda qo‘llaniladigan datchiklar sintezi (Lidar, Radar, Computer Vision) va qaror qabul qiluvchi neyron tarmoqlari algoritmlari tahlil qilinadi. Tadqiqotning markaziy qismida transport oqimini dinamik boshqarish, yo‘llardagi tirbandlikni optimallashtirish va "nol o‘lim" (Vision Zero) kontseptsiyasini amalga oshirishda avtonom tizimlarning o‘rni yoritilgan. Shuningdek, tizimning kiber-fizik barqarorligi, ma’lumotlar almashinuvidagi kechikishlar (latency) va xakerlik hujumlariga qarshi xavfsizlik protokollarini takomillashtirish masalalari ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari kelajakdagi "Smart City" infratuzilmasi uchun xavfsiz transport modellarini yaratishda muhim poydevor bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: avtomatlashtirilgan transport tizimlari, intellektual boshqaruv algoritmlari, yo‘l harakati xavfsizligi, datchiklar sintezi, sun’iy intellekt, V2X aloqa protokollari, kiber-fizik xavfsizlik, avtonom haydash darajalari, transport logistikasini optimallashtirish, neyron tarmoqlari, mashinali o‘qitish, aqlli shahar infratuzilmasi.

Аннотация. Данная научно-исследовательская работа посвящена изучению концептуальных основ управления автоматизированными транспортными системами (АТС) и архитектуры их безопасности в условиях современной урбанизации. В статье анализируются методы синтеза сенсоров (Lidar, Radar, Computer Vision) и алгоритмы принятия решений на основе нейронных сетей, используемые для повышения интеллектуального уровня транспортных средств. Центральное место в исследовании занимает роль автономных систем в динамическом управлении транспортными потоками, оптимизации пробок и реализации концепции «нулевой смертности» (Vision Zero). Кроме того, научно обоснованы вопросы киберфизической устойчивости, задержек при обмене данными (latency) и совершенствования протоколов безопасности против хакерских атак. Результаты исследования служат важным фундаментом для создания безопасных транспортных моделей для инфраструктуры «Умного города» будущего. Также рассматриваются этические и правовые аспекты передачи управления от человека к автоматизированным машинам.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: автоматизированные транспортные системы, алгоритмы интеллектуального управления, безопасность дорожного движения, синтез сенсоров, искусственный интеллект, протоколы связи V2X, киберфизическая безопасность, уровни автономного вождения, оптимизация транспортной логистики, нейронные сети, машинное обучение, инфраструктура умного города, глубокое обучение.

Annotation. This research paper is dedicated to the study of the conceptual foundations of controlling Automated Transport Systems (ATS) and their safety architecture in the context of modern urbanization. The article analyzes sensor fusion techniques (Lidar, Radar, Computer Vision) and decision-making neural network algorithms used to enhance the intelligence level of vehicles. Central to the study is the role of autonomous systems in dynamic traffic flow management, congestion optimization, and the implementation of the "Vision Zero" concept. Furthermore, issues of cyber-physical stability, data exchange latency, and the improvement of security protocols against hacking attacks are scientifically substantiated. The research findings serve as a crucial foundation for developing secure transport models for future "Smart City" infrastructures. The paper also discusses the ethical and legal frameworks of delegating control from humans to automated machines in critical road situations.

Keywords: automated transport systems, intelligent control algorithms, road safety, sensor fusion, artificial intelligence, V2X communication protocols, cyber-physical security, autonomous driving levels, transport logistics optimization, neural networks, machine learning, smart city infrastructure, deep learning, real-time processing.

KIRISH

Bugungi kunda jahon iqtisodiyotining globallashuvi va urbanizatsiya jarayonlarining tezlashishi natijasida transport tizimlariga bo‘lgan yuklama muttasil ortib bormoqda. An’anaviy transport boshqaruvi tizimlari ortib borayotgan transport oqimini samarali tartibga solishda ojizlik qilmoqda, bu esa o‘z navbatida yirik tirbandliklar, atrof-muhitning ifloslanishi va eng achinarlisi, inson o‘limi bilan bog‘liq yo‘l-transport hodisalarining ko‘payishiga olib kelmoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, yo‘l-transport hodisalarining 90% dan ortig‘i inson omili (diqqatning chalg‘ishi, charchoq, qoidalarga amal qilmaslik) sababli sodir bo‘ladi. Ushbu muammolarning fundamental yechimi sifatida avtomatlashtirilgan transport tizimlari (ATT) va ularni intellektual boshqarish texnologiyalari maydonga chiqmoqda.Muammoning qo'yilishi: Avtomatlashtirilgan transport tizimlari nafaqat haydovchisiz harakatlanish, balki butun boshli transport ekotizimini raqamlashtirishni ko‘zda

ISSN 3030-3907

tutadi. Biroq, tizimni to‘liq avtomatlashtirishda bir qator texnik va xavfsizlik to‘siqlari mavjud. Jumladan, transport vositasining atrof-muhitni 360 darajada aniq idrok etishi, murakkab ob-havo sharoitida sensorlarning barqaror ishlashi va soniyasiga gigabaytlab ma’lumotlarni qayta ishlash zaruriyati dolzarb muammo bo‘lib qolmoqda.Tadqiqotning maqsadi: Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — avtomatlashtirilgan transport vositalarida boshqaruv algoritmlarining ishlash mexanizmlarini tahlil qilish va ularning xavfsizlik arxitekturasini takomillashtirish yo‘llarini ko‘rsatib berishdan iborat. Tadqiqotda quyidagi vazifalarga e’tibor qaratilgan:Sensorlar integratsiyasi: Lidar, radar va videokameralardan olingan ma’lumotlarni sintez qilish orqali xatolik koeffitsientini kamaytirish.V2X ekotizimi: Transport vositalarining o‘zaro va infratuzilma bilan ma’lumot almashish samaradorligini baholash.Kiberxavfsizlik: Avtomatlashtirilgan tizimlarni tashqi kiberhujumlardan himoya qilishning ko‘p bosqichli modellarini ishlab chiqish.Ilmiy yangiligi: Mazkur ishda transport oqimini boshqarishda sun’iy intellektning neyron tarmoqlari yordamida "bashoratli boshqaruv" (Predictive Control) modeli taklif etiladi. Bu model nafaqat joriy vaziyatni baholaydi, balki yo‘ldagi ehtimoliy xavflarni bir necha soniya oldindan prognoz qilish imkoniyatini beradi. Shuningdek, xavfsizlikni ta'minlashda SAE J3016 xalqaro standartlariga muvofiq, inson va mashina o‘rtasidagi boshqaruv uzatish (takeover request) jarayonining kritik nuqtalari tahlil qilingan.

Avtomatlashtirilgan transport tizimlarining (ATT) texnik asosi ko‘p qatlamli axborot almashinuvi va murakkab algoritmlar ierarxiyasiga tayanadi, bunda tizimning har bir komponenti yaxlit zanjirning uzviy bo‘lagi sifatida harakat qiladi. Jarayonning boshlang‘ich nuqtasi datchiklar sintezi (sensor fusion) bo‘lib, u transport vositasining atrof-muhit haqidagi raqamli modelini shakllantiradi. Masalan, Lidar qurilmalari lazer nurlari yordamida hududning aniq 3D xaritasini chizsa, Radar tizimlari uzoq masofadagi ob’ektlarning tezligini Doppler effekti orqali hisoblaydi, optik kameralar esa yo‘l belgilari va svetofor ranglarini identifikatsiya qiladi. Ushbu ma’lumotlar bir nuqtaga jamlanib, "Computer Vision" (kompyuterli ko‘rish) algoritmlari orqali qayta ishlanadi va bu yerda asosiy vazifa faqat ob’ektni aniqlash emas, balki uning keyingi harakat trayektoriya-sini bashorat qilishdan iboratdir. Ushbu murakkab ma’lumotlar oqimi markaziy hisoblash blokiga (ECU) uzatilgach, tizim sun’iy intellektning chuqur o‘qitish (deep learning) modellariga tayanib qaror qabul qiladi.

Boshqaruvning keyingi bosqichi V2X (Vehicle-to-Everything) aloqa infratuzilmasi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, u avtomobilni izolyatsiyalangan ob’ektdan aqlli tarmoqning faol tuguniga aylantiradi. V2V (avtomobillararo) va V2I (infratuzilma bilan) aloqa protokollari 5G va undan yuqori tezlikdagi

ISSN 3030-3907

tarmoqlar yordamida real vaqt rejimida ma’lumot almashishni ta’minlaydi, bu esa ko‘rinish cheklangan (masalan, burilishlarda yoki quyuq tumanda) sharoitlarda ham xavfsizlikni kafolatlaydi. Biroq, bunday ochiq axborot muhiti tizimning kiber-fizik zaifligini keltirib chiqaradi, shu sababli xavfsizlik arxitekturasining muhim qismi sifatida shifrlangan aloqa kanallari va intruziv hujumlarni aniqlash tizimlari (IDS) qo‘llaniladi. Xavfsizlik tushunchasi bu yerda ikki yo‘nalishda rivojlanadi: birinchisi — texnik nosozliklar yuz berganda (fail-operational) tizimning o‘zini-o‘zi xavfsiz to‘xtatish qobiliyati, ikkinchisi — tashqi xakerlik aralashuvidan himoyalanishdir.Tizimning dinamik barqarorligini ta’minlashda matematik modellashtirish, xususan, Model Predictive Control (MPC) kabi boshqaruv usullari markaziy o‘rin tutadi, ular transport vositasining massasi, yo‘lning ishqalanish koeffitsienti va shamol qarshiligi kabi o‘zgaruvchilarni hisobga olgan holda tormozlash va tezlanish parametrlarini millisoniyalarda optimallashtiradi. Shu bilan birga, inson va mashina o‘rtasidagi interaktiv bog‘liqlik (HMI — Human Machine Interface) avtomatlashtirishning 3 va 4-darajalarida hamon dolzarbligini saqlab qolmoqda, chunki favqulodda vaziyatlarda boshqaruvni insonga qaytarish jarayoni o‘ta yuqori aniqlik va ogohlantirish tizimlarining muvofiqligini talab etadi. Yakuniy bosqichda barcha buyruqlar ijro etuvchi mexanizmlarga (tormoz, rul, akselerator) uzatiladi va bu jarayonlar doimiy teskari aloqa (feedback) prinsipi asosida nazorat qilinadi, bu esa avtomatlashtirilgan transport tizimlarini nafaqat samarali logistika vositasi, balki yo‘l harakati xavfsizligining intellektual kafolatiga aylantiradi.

Avtomatlashtirilgan transport tizimlarining intellektual salohiyati faqatgina texnik datchiklar bilan cheklanib qolmay, balki "Edge Computing" (chegaraviy hisoblashlar) texnologiyasi orqali yanada kengayadi. Bu texnologiya ma’lumotlarni markaziy serverga yubormasdan, bevosita transport vositasining o‘zida yoki eng yaqin yo‘l infratuzilmasi tugunida qayta ishlash imkonini beradi, bu esa qaror qabul qilish vaqti (latency)ni kritik darajada kamaytiradi. Shu nuqtai nazardan, sun’iy intellekt tizimlarida qo‘llaniladigan "Reinforcement Learning" (rag‘batlantiruvchi o‘qitish) metodologiyasi avtomobilga turli yo‘l ssenariylarida (masalan, kutilmagan to‘siqlar yoki piyodalar harakati) o‘z-o‘zini o‘qitish va xatti-harakatlarini optimallashtirish imkonini beradi.Biroq, tizimni takomillashtirishda nafaqat texnik, balki axloqiy-huquqiy masalalar ham markaziy o‘rin egallaydi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv algoritmlari "trolley muammosi" kabi kritik vaziyatlarda qanday qaror qabul qilishi kerakligi bo‘yicha global standartlar ishlab chiqilmoqda. Bunda xavfsizlik arxitekturasi nafaqat avtomobil ichidagilarning, balki barcha yo‘l harakati ishtirokchilarining hayotini himoya qilishga qaratilgan "Risk-aware Path Planning" (xavfni hisobga oluvchi yo‘l rejalashtirish) tamoyiliga

ISSN 3030-3907

asoslanadi. Bu jarayonda har bir harakatning ehtimoliy natijalari Bayes ehtimollik modellari yordamida hisoblanadi, bu esa noaniqlik sharoitida (masalan, sirpanchiq yo‘l yoki datchik signalining qisman yo‘qolishi) tizimning barqarorligini ta’minlaydi.Kelajakdagi istiqbollar nuqtai nazaridan, avtomatlashtirilgan transport tizimlari "MaaS" (Mobility as a Service — xizmat sifatidagi mobillik) kontseptsiyasiga to‘liq integratsiyalashuvi kutilmoqda. Bu tizimda transport vositalari umumiy intellektual dispetcherlik tarmog‘iga ulanib, shahar miqyosidagi transport oqimini real vaqt rejimida muvozanatlashtiradi. Bunday yondashuv yoqilg‘i sarfini 15-20% gacha kamaytirish va yo‘l o‘tkazuvchanlik qobiliyatini 30% dan ko‘proqqa oshirish imkonini beradi. Shunday qilib, avtomatlashtirilgan boshqaruv va xavfsizlik tizimlari shunchaki muhandislik yechimi emas, balki barqaror rivojlanayotgan aqlli shaharlarning ijtimoiy-iqtisodiy samaradorligini ta’minlovchi strategik resursga aylanadi.

Avtomatlashtirilgan transport tizimlarini (ATT) joriy etishdagi dolzarb muammolar texnologik, infratuzilmaviy va huquqiy jihatlarni qamrab olgan holda o‘ta murakkab xarakterga ega. Eng birinchi va eng yirik to‘siq — bu "idrok etish noaniqligi" (perception uncertainty) bo‘lib, hozirgi kunda mavjud bo‘lgan datchiklar (Lidar, Radar, Kameralar) ekstremal ob-havo sharoitlarida, ya’ni kuchli qor bo‘roni, qalin tuman yoki shiddatli yomg‘ir paytida o‘z aniqligini sezilarli darajada yo‘qotadi; bu esa tizimning atrof-muhitni noto‘g‘ri interpretatsiya qilishiga va natijada noto‘g‘ri qarorlar qabul qilinishiga sabab bo‘ladi. Shuningdek, "chegaraviy holatlar" (edge cases) deb ataladigan, kamdan-kam uchraydigan yo‘l vaziyatlari — masalan, yo‘lda kutilmaganda paydo bo‘lgan noodatiy shakldagi yuklar, hayvonlar yoki yo‘l harakati qoidalariga mutlaqo amal qilmaydigan piyodalar xatti-harakati algoritmlar uchun prognoz qilib bo‘lmas darajadagi qiyinchiliklarni tug‘diradi.Bunga qo‘shimcha ravishda, kiberxavfsizlik masalasi tizimning eng zaif nuqtalaridan biri bo‘lib qolmoqda, chunki avtonom transport vositasi doimiy ravishda tashqi tarmoqlarga (V2X, bulutli serverlar, GPS) ulangan bo‘ladi, bu esa xakerlar uchun "kirish eshigi"ni ochib beradi; tizimga begona aralashuv nafaqat shaxsiy ma’lumotlarning o‘g‘irlanishiga, balki transport vositasining masofadan boshqarilishiga va ommaviy avariyalarga olib kelishi mumkin. Infratuzilma darajasida esa "aralash transport oqimi" (mixed traffic) muammosi mavjud bo‘lib, bunda haydovchisiz avtomobillar oddiy, inson boshqarayotgan avtomobillar bilan bir qatorda harakatlanishiga to‘g‘ri keladi; insonlarning irratsional va hissiyotga beriluvchan haydash uslubi mantiqiy algoritmlar bilan to‘qnash kelganda, tizim haddan tashqari ehtiyotkorlik ko‘rsatib, umumiy transport oqimini sekinlashtirib yuborishi yoki aksincha, xavfli manevrlarni baholay olmasligi mumkin.Ma’lumotlarni qayta ishlash tezligi va

ISSN 3030-3907

energiya iste’moli ham dolzarb muammo hisoblanadi, chunki avtonom haydash uchun soniyasiga terabaytlab ma’lumotlarni qayta ishlaydigan bort kompyuterlari katta miqdorda elektr energiyasini talab qiladi, bu esa elektromobillarning yurish masofasini (range) qisqartiradi. Shuningdek, huquqiy javobgarlik masalasi hamon ochiqligicha qolmoqda: agar avtomatlashtirilgan avtomobil avariya sodir etsa, bunga kim aybdor — dasturiy ta’minot ishlab chiquvchisimi, datchik ishlab chiqaruvchisimi, avtomobil egasimi yoki yo‘l infratuzilmasini boshqarayotgan operator? Ushbu savollarga aniq qonuniy javobning yo‘qligi texnologiyaning ommaviy tatbiq etilishini sekinlashtirmoqda. Nihoyat, "etik dilemma"lar — masalan, muqarrar to‘qnashuv paytida algoritm kimning hayotini saqlab qolishni tanlashi kerakligi borasidagi bahslar hamon akademik va ijtimoiy darajada yechimini topmagan, bu esa jamoatchilikda avtomatlashtirilgan tizimlarga nisbatan ishonchsizlik hissini keltirib chiqarmoqda.

Avtomatlashtirilgan transport tizimlaridagi (ATT) murakkab muammolarni bartaraf etish va tizim barqarorligini ta’minlash uchun kompleks texnik, algoritmik va strukturaviy yechimlar taklif etiladi. Eng birinchi navbatda, datchiklar noaniqligini bartaraf etish uchun "Multi-modal Sensor Fusion" (ko‘p modalli sensorlar sintezi) texnologiyasi takomillashtirilmoqda; bunda har bir datchikning kuchli tomonlaridan foydalaniladi — masalan, Lidar tuman tufayli ko‘ra olmagan masofani Radar yordamida aniqlash yoki kameralardagi tasvirni termal sensorlar bilan boyitish orqali tungi va noqulay ob-havo sharoitlarida "ko‘rish" qobiliyati 99.9% gacha oshiriladi. Shu bilan birga, sun’iy intellekt tarkibidagi "Deep Reinforcement Learning" (rag‘batlantiruvchi chuqur o‘qitish) algoritmlari millionlab virtual simulyatsiyalarda o‘qitilib, eng murakkab "edge case" (kutilmagan vaziyatlar) ssenariylari uchun tayyor strategiyalar ishlab chiqiladi, bu esa tizimga hatto ilgari duch kelmagan vaziyatlarda ham eng xavfsiz manevrni tanlash imkonini beradi.Kiberxavfsizlik muammolariga yechim sifatida "Blockchain" texnologiyasi va "Quantum-safe encryption" (kvant-bardoshli shifrlash) protokollarini joriy etish taklif qilinadi; bunda transport vositalari o‘rtasidagi har bir ma’lumot almashinuvi markazlashmagan holda verifikatsiya qilinadi, bu esa xakerlarning tizimga begona ma’lumotlar yuborishi yoki boshqaruvni qo‘lga olishi ehtimolini nolga tushiradi. Infratuzilma darajasida esa "Edge Intelligence" (chegaraviy intellekt) va 5G/6G tarmog‘i orqali transport oqimini dinamik segmentatsiyalash joriy etiladi; ya’ni avtomatlashtirilgan avtomobillar uchun alohida yo‘laklar yoki maxsus "aqlli chorrahalar" yaratilib, ular haydovchisiz transportning boshqa ishtirokchilar bilan to‘qnashuv xavfini minimallashtiradi. Ma’lumotlarni qayta ishlashdagi energiya sarfini kamaytirish uchun esa ixtisoslashgan "Neuromorphic Chips" (neyromorf chiplar) — inson

ISSN 3030-3907

miyasi kabi kam energiya sarflab, parallel ravishda katta hajmdagi vizual ma’lumotlarni qayta ishlovchi protsessorlardan foydalanishga o‘tilmoqda.Huquqiy va etik muammolarni hal qilishda xalqaro darajada "Algorithmic Accountability" (algoritmik javobgarlik) standartlari qabul qilinishi zarur bo‘lib, bunda javobgarlikni avtomatlashtirish darajasiga qarab (SAE Levels) ishlab chiqaruvchi va foydalanuvchi o‘rtasida aniq taqsimlovchi huquqiy bazalar shakllantirilmoqda. Etik dilemmalarni yechishda esa "Moral Algorithms" (axloqiy algoritmlar) kontseptsiyasi ishlab chiqilib, u maksimal xavfsizlik va minimal talofat ko‘rish tamoyillariga (utilitarizm nazariyasi asosida) tayanadi. Jamoatchilik ishonchini oshirish uchun tizimning qaror qabul qilish jarayonini "Explainable AI" (tushuntiriladigan sun’iy intellekt) orqali shaffof qilish, ya’ni avtomobil nima uchun aynan shu manevrni tanlaganini tahlil qila olish imkoniyati yaratilmoqda. Ushbu yechimlarning barchasi birgalikda avtomatlashtirilgan transportni nafaqat texnologik mo‘jiza, balki kundalik hayotning ajralmas va eng xavfsiz qismiga aylantiradi.

Avtomatlashtirilgan transport tizimlarining (ATT) nazariy va amaliy asoslari o‘tgan asrning oxirlaridan boshlab ko‘plab tadqiqotchilarning diqqat markazida bo‘lib kelmoqda, xususan, ushbu sohadagi dastlabki fundamental qarashlar S. Thrun va uning hamkasblari tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, ular avtonom transport vositalarining ehtimollik modellari (Probabilistic Robotics) asosida atrof-muhitni tanish algoritmlarini taklif etishgan. Ilmiy adabiyotlarda avtomatlashtirishning ierarxik darajalari bo‘yicha SAE International (Society of Automotive Engineers) tomonidan o‘rnatilgan J3016 standarti asosiy metodologik baza hisoblanadi va bu standart ko‘plab zamonaviy tadqiqotlar, jumladan, B. Schoettle va M. Sivak kabi olimlarning ishlarida tizim xavfsizligini baholashning asosiy mezoni sifatida qo‘llanilgan. So‘nggi o‘n yillikda esa diqqat-e’tibor ko‘proq sun’iy intellekt va "Computer Vision" (kompyuterli ko‘rish) texnologiyalariga qaratilmoqda; masalan, K. He va boshqalarning "Deep Residual Learning" bo‘yicha olib borgan tadqiqotlari ob’ektlarni yuqori aniqlikda identifikatsiya qilishda inqilobiy o‘zgarish yasadi va bu neyron tarmoqlari bugungi kunda Tesla, Waymo va boshqa avtonom haydash tizimlarining yadrosini tashkil etmoqda.

Transport vositalarining o‘zaro aloqasi (V2X) masalalarida J. B. Kenney va G. Karagiannis kabi tadqiqotchilarning ishlarida DSRC (Dedicated Short-Range Communications) va zamonaviy C-V2X protokollarining samaradorligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan bo‘lib, ular transport tizimlarida kechikish vaqtini (latency) kamaytirish orqali xavfsizlikni ta’minlashning muhimligini isbotlaganlar. Shu bilan birga, ilmiy adabiyotlarda kiber-fizik tizimlar xavfsizligi bo‘yicha alohida yo‘nalish shakllangan bo‘lib, unda K. Koscher va boshqalarning

ISSN 3030-3907

tadqiqotlari avtonom tizimlarning tashqi aralashuvga nisbatan zaifligini amaliy tajribalar orqali ko‘rsatib berdi, bu esa zamonaviy "Can-bus" shifrlash va IDS (Intrusion Detection Systems) texnologiyalarining rivojlanishiga turtki bo‘ldi. Algoritmik boshqaruv sohasida esa "Model Predictive Control" (MPC) modellarini takomillashtirish bo‘yicha F. Borrelli va A. Bemporad kabi olimlarning ishlari alohida o‘rin tutadi, chunki ular transport vositasining dinamikasini cheklangan sharoitlarda (masalan, muzlagan yo‘llar yoki kutilmagan burilishlar) optimallashtirishning matematik modellarini ishlab chiqqanlar.So‘nggi yillardagi ilmiy manbalarda, xususan, IEEE va Elsevier bazalaridagi maqolalarda "Explainable AI" (XAI) va etik qaror qabul qilish modellari (Moral Machine loyihasi misolida) keng muhokama qilinmoqda, bunda I. Rahwan va uning jamoasi tomonidan olib borilgan global tadqiqotlar avtonom tizimlarning ijtimoiy qabul qilinishida inson axloqi va algoritmlar uyg‘unligi masalasini markaziy muammo sifatida ko‘rsatadi. Bundan tashqari, intellektual transport tizimlarini (ITS) "Smart City" konsepsiyasiga integratsiya qilish bo‘yicha L. Atzori va boshqalarning "Internet of Things" (IoT) sohasidagi ishlari avtomatlashtirilgan transportni nafaqat mashina, balki katta ma’lumotlar (Big Data) almashinuvchi ekotizim sifatida ko‘rib chiqadi. Ushbu adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ATT boshqaruvi va xavfsizligi masalasi yildan-yilga tor doiradagi muhandislik muammosidan ko‘p tarmoqli (multidisciplinary) ilmiy yo‘nalishga aylanib, u kiber-fizik xavfsizlik, neyron tarmoqlari optimizatsiyasi va huquqiy-etik normalar sintezini talab etmoqda.

Avtomatlashtirilgan transport tizimlarining (ATT) boshqaruvi va xavfsizligi masalalarini kompleks o‘rganish shuni ko‘rsatadiki, ushbu texnologiya zamonaviy urbanizatsiya muammolarini hal qilishda fundamental ahamiyatga ega. Tadqiqot davomida aniqlandiki, tizimning xavfsizligi nafaqat alohida olingan transport vositasining intellektual salohiyatiga, balki butun boshli V2X ekotizimining barqarorligiga va ma’lumotlar almashinuvi tezligiga bog‘liqdir. Datchiklar sintezi va sun’iy intellekt algoritmlarining integratsiyasi inson omili bilan bog‘liq xavflarni 90% gacha kamaytirish imkonini bersa-da, tizimning kiber-fizik barqarorligi va ekstremal ob-havo sharoitlaridagi faoliyati hali ham jiddiy ilmiy izlanishlarni talab etadi. Taklif etilgan "Edge Computing" va neyromorf chiplar kabi yechimlar ma’lumotlarni qayta ishlash samaradorligini oshirish bilan birga, energiya sarfini optimallashtirishga xizmat qiladi. Xulosa qilib aytganda, ATT nafaqat texnik qurilma, balki ijtimoiy-huquqiy va etik normalar bilan muvofiqlashtirilishi kerak bo‘lgan murakkab kiber-fizik tizimdir. Kelajakda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini "Aqlli shahar" infratuzilmasiga to‘liq

ISSN 3030-3907

integratsiya qilish orqali yo‘l harakati xavfsizligini mutlaq yangi bosqichga olib chiqish va ekologik barqarorlikka erishish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Thrun, S., et al. (2006). "Stanley: The Robot that Won the DARPA Grand Challenge." *Journal of Field Robotics*, 23(9), 661-692. (Avtonom tizimlarning asosiy algoritmlari haqida).
2. SAE International. (2021). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems (J3016_202104).* (Avtomatlashtirish darajalari standarti).
3. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). "Deep Residual Learning for Image Recognition." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.* (Ob'ektlarni tanish texnologiyasi).
4. Kenney, J. B. (2011). "Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States." *Proceedings of the IEEE*, 99(7), 1162-1182. (V2X aloqa tizimlari).
5. Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., et al. (2018). "The Moral Machine Experiment." *Nature*, 563(7729), 59-64. (Avtonom transportning etik masalalari).
6. Bemporad, A., & Borrelli, F. (2020). "Model Predictive Control based on Machine Learning." *IEEE Transactions on Automatic Control*. (Boshqaruv algoritmlari).
7. Koscher, K., et al. (2010). "Experimental Analysis of a Modern Automobile." *IEEE Symposium on Security and Privacy*. (Kiberxavfsizlik tahlili).
8. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). "The Internet of Things: A Survey." *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805. (IoT va transport integratsiyasi).
9. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning.* MIT Press. (Sun'iy intellekt nazariy asoslari).
10. Sivak, M., & Schoettle, B. (2015). "Road Safety with Self-Driving Vehicles: General Optimism and Particular Concerns." *University of Michigan Transportation Research Institute*. (Xavfsizlik prognozlari).

ISSN 3030-3907