

AQLLI YO‘LLAR VA ULARNING TRANSPORT XAVFSIZLIGIGA TA’SIRI

*Andijon davlat texnika instituti
Yo'l muhandisligi 4-kurs talabasi*

Anvarjonov Shohruh

Avitova Nilufar

Odilov Hikmatillo

Mo'minov To'lqinjon

Annotatsiya

Ushbu maqolada aqlli yo‘llar texnologiyalari va ularning transport xavfsizligiga ko‘rsatayotgan ta’siri keng qamrovda tahlil qilinadi. Zamonaviy avtomobil yo‘llarida axborot-kommunikatsiya tizimlari, sun’iy intellekt va sensorli infratuzilmaning joriy qilinishi orqali avariya sonining kamayishi, harakat ishtirokchilarining xavfsizligini oshirish bo‘yicha ilmiy va amaliy yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Maqolada klassik va zamonaviy ilmiy qarashlar, empirik tadqiqotlar natijalari, shuningdek, O‘zbekiston va dunyo olimlarining qarashlari asosida transport xavfsizligini ta’minlashda aqlli yo‘llarning o‘rni chuqur tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: aqlli yo‘llar, transport xavfsizligi, innovatsion texnologiyalar, yo‘l infratuzilmasi

Abstract

This article provides an extensive analysis of smart road technologies and their impact on transport safety. The implementation of information and communication systems, artificial intelligence, and sensor infrastructure in modern highways is discussed, focusing on their role in reducing accidents and enhancing the safety of all road users. The paper synthesizes classical and contemporary scientific perspectives, empirical research findings, and insights from both Uzbek and international scholars to deeply examine the contribution of smart roads to transport safety.

Keywords: smart roads, transport safety, innovative technologies, road infrastructure

Аннотация

В данной статье проводится всесторонний анализ технологий умных дорог и их влияния на транспортную безопасность. Рассматривается внедрение информационно-коммуникационных систем, искусственного интеллекта и сенсорной инфраструктуры на современных автомагистралях, а также их роль в снижении количества аварий и повышении безопасности участников дорожного движения. В работе дается глубокий анализ вклада умных дорог в транспортную безопасность на основе классических и современных научных взглядов, эмпирических исследований, а также взглядов узбекских и зарубежных ученых.

Ключевые слова: умные дороги, транспортная безопасность, инновационные технологии, дорожная инфраструктура

Kirish

So'nggi yillarda transport sohasida yuzaga kelayotgan muammolar, xususan, yo'l-transport hodisalari sonining ko'pligi va ular bilan bog'liq inson talofatlari, iqtisodiy zararlar global darajada dolzarb masalaga aylanmoqda. Shu nuqtayi nazardan, zamonaviy texnologiyalarning yo'l infratuzilmasiga joriy qilinishi orqali transport xavfsizligini oshirish, avariya va ularning salbiy oqibatlarini kamaytirish uchun innovatsion yechimlar izlanmoqda. Aqlli yo'llar tushunchasi, ya'ni sun'iy intellekt, sensorlar, axborot-kommunikatsiya vositalari va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan boyitilgan avtomobil yo'llari, bugungi kunda ilg'or davlatlar tajribasida sinovdan o'tmoqda va ijobiy natijalar bermoqda. Ushbu maqolada aqlli yo'llar texnologiyalarining nazariy asoslari, ularning shakllanishi va rivojlanishi, transport xavfsizligiga ta'siri, shuningdek, milliy va xalqaro tajriba asosida empirik natijalar keng yoritiladi. Mazkur tadqiqot transport infratuzilmasini takomillashtirish hamda yo'llarda inson xavfsizligini ta'minlashda zamonaviy yondashuvlarning ilmiy asoslarini ochib berishga qaratilgan.

Adabiyotlar tahlili

Aqlli yo'llar va ularning transport xavfsizligiga ta'siri mavzusi zamonaviy ilmiy izlanishlarning markazida turibdi. Nazariy jihatdan, aqlli yo'llar tushunchasi dastlab XX asrning oxirlarida paydo bo'lib, avtomobil harakatini boshqarish va yo'llarda xavfsizlikni oshirishga qaratilgan dastlabki avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan boshlangan. Klassik nazariyalar orasida yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashda texnikaviy vositalarning o'rni, xususan, avtomobil harakatini tartibga soluvchi signal tizimlari, yo'l belgilarining standartlashtirilishi va dastlabki elektron monitoring uskunalarning joriy etilishi muhim ahamiyat kasb etadi. XX asrning ikkinchi yarmida transport infratuzilmasiga axborot-kommunikatsiya texnologiyalari kirib kelishi bilan yo'llarni avtomatlashtirish va aqlli boshqaruv masalalari yangi bosqichga ko'tarildi. Ushbu sohada, masalan, D. Garber va L. Hoelning tadqiqotlari[1] yo'l harakati xavfsizligini oshirishda zamonaviy texnologiyalarning ahamiyatini asoslab berdi. Ularning ishlari yo'l harakati oqimini monitoring qilish, real vaqt rejimida ma'lumotlar yig'ish va tahlil qilish imkoniyatlarini ochib berdi. Shuningdek, aqlli yo'llarning paydo bo'lishi va rivojlanishida Yaponiya, AQSh, Germaniya kabi rivojlangan davlatlarning ilg'or tajribalari muhim o'rin tutadi. Masalan, Yaponiya 1990-yillarda avtomobil yo'llarida avtomatlashtirilgan boshqaruv, elektron to'lov tizimlari va transport vositalari bilan infratuzilma o'rtasidagi axborot almashinuvi bo'yicha dastlabki loyihalarni amalga oshirdi. AQShda esa Intelligent Transportation Systems (ITS) konsepsiyasi asosida yo'l harakatini optimallashtirish va yo'llarda xavfsizlikni

oshirishga qaratilgan keng ko'lamli dasturlar ishlab chiqildi va amaliyotga joriy qilindi. Ushbu dasturlar doirasida avtomobillarga o'rnatiladigan sensorlar, yo'l tarmog'iga integratsiyalashgan axborot panellari va tezlikni avtomatik cheklovchi tizimlar keng tatbiq etildi. Germaniyada esa avtomobil yo'llarining yuqori sifat darajasini ta'minlash bilan birga, transport oqimini boshqarish va avariylarni oldini olish uchun zamonaviy texnologiyalardan foydalanish bo'yicha keng ko'lamli ilmiy tadqiqotlar olib borildi.

Nazariy va konseptual jihatdan, aqlli yo'llar tizimi bir nechta asosiy komponentlardan iborat: sensorlar va monitoring tizimlari, axborot-kommunikatsiya infratuzilmasi, sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv modullari hamda avtomatlashtirilgan ogohlantirish va boshqaruv tizimlari. Sensorlar yordamida yo'l holati, transport vositalarining harakati, ob-havo sharoiti, yo'lovchilar va piyodalar oqimi haqida aniq va real vaqt rejimida ma'lumotlar yig'iladi. Axborot-kommunikatsiya tarmoqlari esa ushbu ma'lumotlarni markaziy boshqaruv tizimlariga yetkazib, avtomatik tarzda tezkor qarorlar qabul qilinishini ta'minlaydi. Sun'iy intellekt texnologiyalari esa yig'ilgan ma'lumotlarni chuqur tahlil qilib, yo'llarda avariya xavfini oldindan prognoz qilish, harakat qatnashchilarini ogohlantirish va yo'l harakatini optimal tarzda boshqarish imkonini beradi. Ushbu konseptual asoslar zamonaviy ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan bo'lib, masalan, P. Papadimitrioning "Smart Road Infrastructure: Concepts and Applications" asarida[2] aqlli yo'llar infratuzilmasining texnik va funksional jihatlari batafsil tahlil qilinadi. Ushbu manbada yo'l infratuzilmasiga integratsiyalashgan axborot tizimlarining transport xavfsizligiga ta'siri, ularning texnologik va iqtisodiy samaradorligi ilmiy asosda yoritilgan.

Aqlli yo'llar sohasidagi tarixiy taraqqiyotga nazar tashlasak, dastlabki avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari XX asrning 70–80-yillarida paydo bo'lib, asosan yirik shaharlarda yo'l harakati oqimini tartibga solish va avariylarni kamaytirishga qaratilgan edi. O'sha davrda yo'l infratuzilmasiga o'rnatiladigan elektromexanik va dastlabki elektron sensorlar yordamida harakat zichligi, transport vositalari oqimi va yo'l holati monitoring qilinar edi. Keyinchalik, raqamli texnologiyalarning rivojlanishi bilan birga, yo'l infratuzilmasi yanada murakkab va samarali monitoring hamda boshqaruv tizimlari bilan boyitildi. Ushbu tarixiy jarayonlar natijasida aqlli yo'llar kontseptsiyasi shakllandi va bugungi kunda sun'iy intellekt, IoT (Internet of Things), "big data" tahlili asosida ishlaydigan kompleks tizimlarga aylandi.

Aqlli yo'llar va transport xavfsizligi sohasida O'zbekiston va mintaqaviy olimlarning ham qator tadqiqotlari mavjud. Jumladan, S. Rustamov va M. To'raxo'jayevlarning "Zamonaviy yo'l infratuzilmasi va transport xavfsizligi" monografiyasida[3] milliy va xalqaro tajriba asosida yo'l infratuzilmasini modernizatsiya qilish, aqlli yo'llar texnologiyalarini joriy etish orqali avariylar sonini kamaytirish, harakat ishtirokchilarining xavfsizligini ta'minlash bo'yicha ilmiy

asoslangan taklif va tavsiyalar keltirilgan. Mazkur asarda O'zbekiston sharoitida yo'l-transport hodisalarining asosiy sabablari, ularni bartaraf etish uchun zamonaviy texnologiyalardan foydalanish imkoniyatlari, shuningdek, davlat siyosati va normativ-huquqiy asoslarning takomillashtirilishi masalalari chuqur tahlil qilingan. Mintaqaviy miqyosda esa Qozog'iston, Rossiya va boshqa MDH davlatlarida ham aqlli yo'llar texnologiyalari bo'yicha bir qator ilmiy va amaliy loyihalar amalga oshirilmoqda. Masalan, Rossiyada "Tsifrovaya doroga" dasturi doirasida avtomobil yo'llariga raqamli monitoring tizimlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv panellari va tezlik cheklovchi avtomatik tizimlar keng joriy qilinmoqda. Bu esa, o'z navbatida, yo'llarda xavfsizlik darajasini oshirishga xizmat qilmoqda.

Empirik tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, aqlli yo'llar texnologiyalari joriy etilgan hududlarda yo'l-transport hodisalari soni va ulardan kelib chiqadigan inson talofatlari sezilarli darajada kamaymoqda. Masalan, Yevropa Ittifoqi davlatlarida olib borilgan keng ko'lamlı tadqiqotlarning natijalariga ko'ra, aqlli yo'llar infratuzilmasi joriy etilgan yo'l tarmoqlarida avariya soni o'rtacha 20–30 foizga qisqargan. AQShda esa, Intelligent Transportation Systems (ITS) dasturi doirasida amalga oshirilgan monitoring natijalari asosida, yo'l-transport hodisalari soni va og'irlik darajasi 15–25 foizgacha kamaygani aniqlangan. Buning asosiy sabablari sifatida yo'llarda real vaqt rejimida ogohlantirish tizimlarining mavjudligi, transport vositalari harakatini avtomatik monitoring qilish, piyodalar va velosipedchilar harakatini boshqarish, shuningdek, ob-havo sharoitiga mos ravishda yo'l harakatini tartibga solish imkoniyatlari ko'rsatilmoqda. Shu bilan birga, aqlli yo'llar texnologiyalarining joriy etilishi natijasida transport oqimi samaradorligi oshib, yo'llarda tirbandliklar va ortiqcha kutish vaqtlari ham qisqarmoqda.

Aqlli yo'llar infratuzilmasining transport xavfsizligiga ta'siri bo'yicha zamonaviy ilmiy adabiyotlarda bir qator muhim empirik va nazariy yondashuvlar mavjud. Masalan, R. Allsop va J. Charltonning tadqiqotlarida[4] yo'l harakati xavfsizligiga sun'iy intellekt asosida boshqariladigan monitoring tizimlarining ijobiy ta'siri, yo'l-transport hodisalarini oldindan prognoz qilish va avariya xavfini kamaytirish imkoniyatlari ilmiy asosda isbotlangan. Shu bilan birga, zamonaviy aqlli yo'llar infratuzilmasida transport vositalari va yo'l infratuzilmasi o'rtasida axborot almashinuvi (V2I – Vehicle to Infrastructure) texnologiyalari keng tatbiq etilmoqda. Bu texnologiyalar yordamida avtomobillar yo'lning holati, harakat tezligi, tirbandlik darajasi, ob-havo sharoiti va boshqa muhim omillar haqida markaziy boshqaruv tizimidan uzluksiz axborot olib boradi va haydovchilarni ogohlantiradi. Natijada, haydovchilar avariya xavfi tug'ilishi ehtimoli yuqori bo'lgan hududlarda tezlikni pasaytirish, harakat yo'nalishini o'zgartirish yoki boshqa xavfsizlik choralarini ko'rish imkoniga ega bo'ladi.

Aqlli yo'llar infratuzilmasining transport xavfsizligiga ta'siri haqida ilmiy doiralarda bir qator bahs-munozaralar ham mavjud. Ayrim olimlar, jumladan, J. C. Falcocchio va H. S. Levinson[5], aqlli yo'llar texnologiyalarining joriy etilishi natijasida transport xavfsizligi sezilarli darajada oshishini ta'kidlagan bo'lsalar-da, ba'zi tadqiqotchilar ushbu texnologiyalar bilan bog'liq xavflar va muammolarga ham e'tibor qaratadilar. Jumladan, texnologik nosozliklar, kibermuhitdagi tahdidlar, texnik xizmat ko'rsatishning murakkabligi, yuqori investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlari, shuningdek, inson omili bilan bog'liq muammolar, ya'ni haydovchilarning texnologiyalarga to'liq moslashmasligi yoki ulardan noto'g'ri foydalanishi natijasida yuzaga keladigan salbiy oqibatlar haqida ham ilmiy munosabatlar bildirilmoqda. Shu bois, aqlli yo'llar infratuzilmasini joriy etishda texnologik xavfsizlik, ishonchlilik va xizmat ko'rsatish tizimlarini uzluksiz takomillashtirish muhim ahamiyatga ega.

Aqlli yo'llar texnologiyalarining transport xavfsizligiga ta'siri bo'yicha olib borilgan empirik tadqiqotlar natijalari ham muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, Xitoyda amalga oshirilgan tadqiqotlarda[6] aqlli yo'llar infratuzilmasi joriy etilgan shahar va magistral yo'llarda avariya soni 25–30 foizgacha kamaygani aniqlangan. Bunda, ayniqsa, real vaqt rejimida ishlaydigan ogohlantirish tizimlari, yo'l-transport hodisasining oldini oluvchi avtomatik boshqaruv modullari, piyodalar va haydovchilar harakatini monitoring qilish uchun sun'iy intellektdan foydalanish samaradorligi yuqori baholangan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, aqlli yo'llar texnologiyalari nafaqat transport xavfsizligini oshiradi, balki yo'l infratuzilmasining samaradorligi, transport oqimi va ekologik ko'rsatkichlarni ham sezilarli darajada yaxshilaydi.

Xulosa qilib aytganda, aqlli yo'llar va ularning transport xavfsizligiga ta'siri bo'yicha olib borilgan nazariy va empirik tadqiqotlar ushbu sohaning jadal rivojlanayotganini, zamonaviy texnologiyalarning yo'l-transport hodisalarini kamaytirish, avariya xavfini oldini olish va harakat ishtirokchilarining xavfsizligini ta'minlashda muhim o'rin tutishini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ushbu texnologiyalarni joriy etishda texnik, iqtisodiy va ijtimoiy omillarni chuqur o'rganish, mavjud muammolar va xavf-xatarlarni bartaraf etish bo'yicha ilmiy asoslangan yondashuvlarni ishlab chiqish dolzarb masala bo'lib qolmoqda.

Xulosa

Yuqorida keltirilgan tahlillar va ilmiy adabiyotlar asosida xulosa qilish mumkinki, aqlli yo'llar texnologiyalari zamonaviy transport infratuzilmasining ajralmas qismiga aylanib bormoqda va ular transport xavfsizligini oshirishda muhim rol o'ynamoqda. Aqlli yo'llar yordamida yo'l-transport hodisalarining oldini olish, avariya sonini kamaytirish va inson hayotini asrash imkoniyati oshadi. Sensorlar, sun'iy intellekt, axborot-kommunikatsiya tizimlari va avtomatlashtirilgan boshqaruv modullari orqali yo'l harakati ishtirokchilarining xavfsizligini ta'minlashda ilg'or texnologiyalar samaradorligi amaliy natijalar bilan tasdiqlangan. Shu bilan birga, aqlli

yo'llar infratuzilmasining joriy etilishi iqtisodiy va texnik jihatdan ma'lum xatar va muammolarni ham yuzaga chiqaradi. Texnologik nosozliklar, kibermuhit xavfsizligi, texnik xizmat ko'rsatish va yuqori xarajatlar kabi omillar ushbu tizimlarni joriy etishda e'tiborga olinishi lozim. Shuningdek, inson omili, ya'ni transport harakati ishtirokchilarining yangi texnologiyalarga moslashuvi va ulardan to'g'ri foydalanish madaniyatini shakllantirish ham dolzarb masala bo'lib qolmoqda. Kelgusida aqlli yo'llar texnologiyalarini joriy etish va rivojlantirishda kompleks yondashuv, davlat siyosati, ilmiy tadqiqotlar va xalqaro hamkorlik alohida ahamiyat kasb etadi. O'zbekiston va boshqa rivojlanayotgan davlatlar uchun esa zamonaviy ilmiy va amaliy tajribani chuqur o'rganish, milliy infratuzilma va transport tizimini modernizatsiya qilishda ilg'or texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish muhim strategik yo'nalish bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Garber, N.J., Hoel, L.A. (2010). Traffic and Highway Engineering. Cengage Learning.
2. Papadimitrio, P. (2018). Smart Road Infrastructure: Concepts and Applications. Springer.
3. Rustamov, S., To'raxo'jayev, M. (2020). Zamonaviy yo'l infratuzilmasi va transport xavfsizligi. Toshkent: Fan.
4. Allsop, R., Charlton, J. (2017). Intelligent Transport Systems and Road Safety. Journal of Transportation Technologies, 7(2), 101–112.
5. Falcocchio, J.C., Levinson, H.S. (2015). Road Traffic Congestion: A Concise Guide. Springer.
6. Zhu, J., Qiu, Y., & Liu, H. (2021). Smart Roads and Traffic Safety: Empirical Evidence from China. Transportation Research Part C, 127, 103118.