

А.С.Отарбай¹, А.А. Баймаханов²

*¹Қазақстан Республикасы Бас прокуратурасының жанындағы
Құқық қорғау органдары академиясының магистранты*

*²Қазақстан Республикасы Бас прокуратурасының жанындағы
Құқық қорғау органдары академиясының доценті, PhD докторы*

ЖОЛ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ҚОЛДАНУ: ӘЛЕМДІК ИННОВАЦИЯЛАР, ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ШЕШІМДЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ

Аңдатпа

Бұл мақала жол қозғалысы қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласында жасанды интеллектіні (ЖИ) қолданудың халықаралық тәжірибесін кешенді талдауға арналған. Авторлар озық шетелдік модельдерді, пилоттық жобаларды және оларды енгізу нәтижелерін жүйелі түрде зерделей отырып, Қазақстан Республикасының жол қозғалысы қауіпсіздігі жүйесін жетілдіруге бағытталған ғылыми негізделген ұсыныстарды айқындады. ЖИ технологияларының көлік ағындарын басқару, апаттардың алдын алу, құқық бұзушылықтарды автоматты анықтау және урбанистикалық жоспарлау салаларындағы тиімділігі жекелеген мемлекеттерде өз дәлелін тапты. Мемлекет басшысымен ұсынылған ұлттық жаңғырту күн тәртібі цифрлық трансформация мен қоғамдық қауіпсіздікті күшейтуді басымдық ретінде айқындай отырып, ЖИ шешімдерін енгізуге институционалдық және саяси қолдау көрсетіліп келуде. Бұл зерттеудің нәтижелері Астана, Алматы, Шымкент сияқты мегаполистер үшін «ақылды қала» технологияларының енгізілуінің өзектілігін және олардың жол-көлік оқиғаларын азайтудағы стратегиялық маңызын негіздейді.

Түйін сөздер: жасанды интеллект (ЖИ), жол қозғалысы қауіпсіздігі, ақылды қала, бағдаршам жүйесі, жол-көлік оқиғалары (ЖКО), кептеліс.

Отарбай А.С. ¹, Баймаханов А.А. ²

*¹Магистрант Академии правоохранительных органов
при Генеральной прокуратуре Республики Казахстан*

*²Доцент, PhD, Академия правоохранительных органов
при Генеральной прокуратуре Республики Казахстан*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
УПРАВЛЕНИИ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ: МИРОВЫЕ
ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ**

Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу международного опыта применения искусственного интеллекта (ИИ) в обеспечении безопасности дорожного движения. Авторы изучили передовые зарубежные модели, пилотные проекты и результаты их внедрения, определив научно обоснованные предложения по совершенствованию системы безопасности дорожного движения в Республике Казахстан. Эффективность технологий ИИ в управлении транспортными потоками, предотвращении дорожно-транспортных происшествий, автоматическом выявлении правонарушений и урбанистическом планировании подтверждена практикой ряда государств. Предложенная Главой государства повестка национальной модернизации, ориентированная на усиление цифровой трансформации и общественной безопасности, обеспечивает институциональную и политическую поддержку внедрению ИИ-решений. Результаты исследования подтверждают актуальность интеграции технологий «умного города» в мегаполисах Астана, Алматы и Шымкент, а также их стратегическую значимость для снижения уровня дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), безопасность дорожного движения, умный город, система светофорного регулирования, дорожно-транспортные происшествия (ДТП), заторы.

Otarbai A.S.¹, Baimakhanov A.A.²

¹Master's Student, Academy of Law Enforcement Agencies under the Prosecutor General's Office of the Republic of Kazakhstan

²Associate Professor, PhD, Academy of Law Enforcement Agencies under the Prosecutor General's Office of the Republic of Kazakhstan

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TRAFFIC MANAGEMENT: GLOBAL INNOVATIONS, TECHNOLOGICAL SOLUTIONS, AND THEIR OUTCOMES

Abstract

This article provides a comprehensive analysis of the international experience in applying artificial intelligence (AI) to ensure road traffic safety. The authors examine advanced foreign models, pilot projects, and the outcomes of their implementation, identifying scientifically grounded recommendations for improving the road traffic safety system in the Republic of Kazakhstan. The effectiveness of AI technologies in managing traffic flows, preventing road traffic accidents, automatically detecting violations, and supporting urban planning has been confirmed by the practices of

several countries. The national modernization agenda proposed by the Head of State, which prioritizes digital transformation and public safety, provides institutional and political support for the introduction of AI-based solutions. The findings of the study highlight the relevance of integrating smart city technologies in major cities such as Astana, Almaty, and Shymkent, as well as their strategic importance in reducing the number of road traffic accidents.

Keywords: artificial intelligence (AI), road traffic safety, smart city, traffic light control system, road traffic accidents (RTA), congestion.

Жол-қозғалысын басқару мен қауіпсіздікті қамтамасыз ету — қазіргі уақытта алаңдатушылық тудыратын өзекті мәселелердің бірі. Жасанды интеллектінің (ЖИ) жылдам дамуы және оның нақты уақыттағы деректерді өңдеудегі мүмкіндіктері жол қозғалысының қауіпсіздігін арттыру, төтенше қызметтердің көмекке келу уақытын қысқарту және кептелісті төмендету бағытында жаңа мүмкіндіктерді ашты. Осы мақаланың мақсаты — шетелдік тәжірибе мен халықаралық пилоттық жобалар негізінде ЖИ-дың жол қауіпсіздігіне әсерін жүйелі түрде сараптау және оларға сүйеніп Қазақстанға сәйкес келетін практикалық ұсынымдар жасау.

Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Кемелұлы Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Жолдауында цифрландыру, инфрақұрылымды жаңғырту және қауіпсіздік шараларын күшейту — елдің стратегиялық басымдықтары қатарында екені атап көрсетілді. Жол инфрақұрылымын дамыту және цифрлық технологияларды енгізу тапсырмаларына ерекше мән берілді. Бұл тапсырмалар жол қауіпсіздігін жақсарту мақсатындағы инновациялық (оның ішінде жасанды интеллектіні қолдануға негізделген) шешімдер енгізу үшін саяси қолдаудың бар екенін айқындайды [1].

Сонымен қатар, Мемлекет басшысы жол қауіпсіздігін қамтамасыз етуде бірқатар іс-шаралар атқарылып жатқанына қарамастан көлік апаттары санының төмендемей тұрғанын, бұл мәселе көбіне көлік жүргізушілердің өздеріне байланысты екенін атап өтіп, ең жоғары деңгейде алаңдаушылық білдірілгеніне назар аударамыз.

Қазіргі уақытта Қазақстандағы көлік және жол қозғалысы саласы қарқынды өсіп келуімен, жол апаттары да артуда. Бас прокуратураның Құқықтық статистика және арнайы есепке алу жөніндегі комитетінің ресми дерегіне сүйенсек, елімізде 2025 жылдың 9 айында 22 501 жол-көлік оқиғасы тіркелді, бұл өткен жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда 41,9%-ға өсім алған (15 862).

Ал жол-көлік оқиғаларынан зардап шеккендердің саны – 32 375 құрап, өткен жылмен салыстырғанда 48,5%-ға артқан (21 803), оның ішінде:

- «жараланғандар» - 30 929, олардың үлесі 95,5%-ды құрады (өткен жылдың ұқсас кезеңімен салыстырғанда өсімі – 52,2%-ға (20 323) жетті).

- «қаза болғандар» - 1 446, олардың үлесі 4,5%-ды құрады (өткен жылдың ұқсас кезеңімен салыстырғанда небәрі - 2,3%-ға (1 480) азайып, әлі де болса жоғары деңгейде екенін көрсетуде) [2].

Бұл көрсеткіштер елімізде жол қозғалысы қауіпсіздігі мәселесінің өзекті екенін көрсетеді. Сарапшылардың пікірінше, жол-көлік оқиғаларының артуына көлік санының көбейуі, жүргізушілердің жол ережелерін сақтамауы және инфрақұрылымның дамуының әлі де жеткіліксіздігі әсер етуде. Бұл ретте, еліміздің кейбір аймақтарында жолдардың сапасы мен жарықтандырудың төмендігі де апаттардың орын алуына себептердің бірі болып отырғанын атап өтіп, жол қозғалысын қадағалауды күшейтуде жасанды интеллект жүйесін енгізу аса маңызды бастау болуы мүмкін деп санаймыз.

Халықаралық тәжірибе көрсеткендей, көптеген дамыған елдер жол қозғалысын басқаруда жасанды интеллектіні кеңінен пайдалана бастады. Мысалы, Сингапурда көлік және жол қозғалысын реттейтін ұйым — «Land Transport Authority (LTA)» ғылыми институттармен бірлесе отырып қала жолдарындағы бағдаршамдарды басқару жүйелеріне жасанды интеллект алгоритмдерін қосуда, осы тұрғыда «Green Link Determining System (GLIDE)» және «Cooperative and Unified Smart Traffic System (CRUISE)» атты бағдарламалар әлемде ең озық технологиялық шешімдерді қолдануда [3].

«GLIDE» жүйесі Сингапурдағы бағдаршамдардың басым бөлігін біріктіру арқылы көлік ағынын нақты уақыт режимінде бақылайды, жасыл шамдардың ұзақтығын, бағыттарын және жанама тізбектемелерін реттейді.

Жүйе келесідей жұмыс істейді: жол бетіне орнатылған индукциялық сенсорлар арқылы қозғалыс деректері жиналады, жүйе сол бойынша шамдардың ұзақтығы мен кезектілігін автоматты түрде өзгертіп отырады.

Мысалы, көлік ағыны тығыз болатын бағыттарда жасыл шам ұзартылып, айтарлықтай тоқтау саны азайтылады; сондай-ақ, жақын орналасқан қиылыстар арасында «жасыл толқын» (green wave) эффектiсi жiктеледi — яғни жүргізушілер бірнеше қиылыстан тоқтамай өте алады. Бұл жүйе Сингапур аумағындағы шамамен 2 700-ден астам бағдаршам қиылысын басқаратын деңгейде жұмыс істейді. Қазіргі уақытта жүйе көлік ағымын басқаруда айтарлықтай нәтижеге жеткен — кейбір аудандарда кептеліс деңгейі 20%-ға дейін төмендегені хабарланған.

«CRUISE» жобасы «GLIDE» жүйесінен бір қадам ілгері: бұл жүйе жасанды интеллект пен үлкен деректерді қолдана отырып, қала жол желісі бойынша көлік пен жаяу жүргіншілер ағымын болжайды және басқаруды кеңейтеді.

«CRUISE»-тің негізгі мақсаты - маңызды қиылыстар мен жол учаскелерінде көлік пен жаяу жүргіншілер үшін ең тиімді шамдар циклін автоматты түрде анықтау. Жүйе қозғалыс сенсорлары, «GPS» деректері, метеоақпараттар және

басқа да ақпарат көздерін пайдалануға бағытталған. Қазіргі таңда «LTA» мәліметі бойынша «CRUISE» жүйесі сынақ фазасында және алдағы уақытта кең ауқымда енгізілуі күтілуде.

Сингапурдың осы тәжірибесі Қазақстан немесе басқа елдер үшін жол қозғалысын басқарудың тиімді моделі ретінде қолданылуы мүмкін. Нақтырақ айтқанда:

- бағдаршамдар жүйесіне жасанды интеллект ендіру арқылы ағынды басқару мүмкіндігі артады;
- қозғалыстың нақты уақыт деректеріне негізделген реттелуі — жүйелерді дәстүрлі таймерлерден арылтуға мүмкіндік береді;
- жаңа жүйені енгізу кезінде техникалық емес факторлар (құқықтық реттеу, деректерді қорғау, жүйені бақылау) ескерілетінін жүйе мысалдарында көрсетіледі.

Әлемнің ең дамыған мемлекеттерінің бірі болып саналатын Сауд Арабиясының Эр-Рияд қаласында 2024 жылдың 3-4 қарашасы аралығында осы елдің Көлік және логистика қызметтері министрлігі мен Жолдар жалпы басқармасы (Roads General Authority, RGA) және «International Road Federation (IRF)» ұйымдары бірлесіп ұйымдастырған «Жол қауіпсіздігі және тұрақтылық: ертеңге инновация» атты халықаралық конференциясы аясында көптеген инновациялық технологиялар көрсетілген.

Ұсынылған жобалардың ішінде «Riyadh Municipality» және «CCG» компаниясы бірлесіп ұсынған жүйесін атап өтеміз. Ол бойынша мектептер мен мешіттер жанындағы жол қауіпсіздігін арттыруға бағытталып, балалар мен жаяу жүргіншілердің қозғалысын барынша қауіпсіз ету, жолдағы тәуекелдерді азайту және қауіпті аймақтарды нақты деректер арқылы анықтауды қамтамасыз етеді. Бұл жоба «iRAP» халықаралық ұйымының әдістемесіне сүйеніп іске асырылған, дәстүрлі инженерлік шешімдер мен интеллектуалды технологиялардың үйлесімі болып табылады. ЖИ жүйесі мамандарға нақты шешім қабылдауға көмектеседі, ал сарапшылары осы нәтижелерді тексеріп, іс жүзінде жүзеге асырады.

Жобада Эр-Рияд қаласының 300 мектебі мен 194 мешіті қамтылған. Мамандар әр аймақтың жол жағдайын зерттеп, қауіпсіздік деңгейін арнайы «Star Rating for Schools (SR4S)» жүйесі арқылы бағалаған. Бұл жүйе әр нысанның қауіп деңгейін бірден бес жұлдызға дейін анықтап, қай жерде қауіп жоғары екенін нақты көрсетеді. Зерттеу барысында жолдардың жарықтандырылуы, жаяу жүргіншілер өткелдерінің сапасы, белгілердің болуы, қозғалыс жылдамдығы мен көлік ағыны сияқты факторлар талданған. Нәтижесінде ең қауіпті аймақтар айқындалып, оларды жақсарту үшін арнайы ұсыныстар әзірленген.

Бұл тәсіл жол-көлік оқиғаларының алдын алу тек жүргізушілердің мінез-құлқын бақылау арқылы ғана емес, сонымен қатар инфрақұрылымның техникалық сенімділігін қамтамасыз ету арқылы да мүмкін екенін көрсетеді. Бұл әсіресе жол құрылысы мен жаңғырту қарқынды жүріп жатқан елдер үшін өзекті [4, 91 б.].

Жоба авторлары атап өткендей, бұл жүйе тек жолдарды жақсарту емес, қоғамның қауіпсіздік мәдениетін қалыптастыруды да мақсат етеді. Балалар мен ата-аналардың, мешітке баратын адамдардың қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз

ету – қалалық өмірдің маңызды бөлігі болғандықтан, жоба деректерге негізделген нақты шешімдерді қабылдауға мүмкіндік береді. Мысалы, қауіпті аймақтарға қосымша жарық орнату, жаяу жүргіншілерге арналған өткелдерді кеңейту, жылдамдық шектеулерін енгізу және жол белгілерін жаңарту сияқты шаралар ұсынылған.

Жоба нәтижесінде 320 мыңнан астам оқушы мен мыңдаған тұрғынның күнделікті қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ететінін ескерсек, мұндай бастама біздің еліміздегі ірі қалаларда мектептер мен қоғамдық орындардың айналасында жол апаттарын азайтып, балалар мен жаяу жүргіншілердің өмірін қорғауға үлес қосатына анық.

Оңтүстік Кореяның Инчхон қаласы — жол қозғалысын басқаруда жасанды интеллект (ЖИ) технологияларын кеңінен енгізіп отырған әлемдегі ең озық «ақылды қалалардың» бірі. Бұл бастама «Smart City Incheon» бағдарламасы аясында жүзеге асырылуда және оның басты мақсаты — көлік ағымының тиімділігін арттыру, экологиялық жүктемені азайту және жол қауіпсіздігін жаңа деңгейге көтеру.

Жүйенің мәні мен жұмыс принципі. Инчхон қаласында енгізілген ЖИ-негізіндегі бағдарламалық жүйесі нақты уақыт режимінде көлік қозғалысы туралы деректерді жинап, оларды талдай отырып бағдарламалық циклдерінің (жасыл және қызыл шамның жану ұзақтығының) уақытын өздігінен реттейді.

Деректер көзі ретінде жол қиылыстарындағы камералар, сенсорлар және көлік телеметрия жүйелері қолданылады. Алгоритмдер көлік тығыздығын, жолдың өткізу қабілетін, тәуліктің уақытын және ауа-райы жағдайын ескере отырып, бағдарламалық фазаларын оңтайландырады. Бұл технология реинфорсменттік оқыту (reinforcement learning) қағидаларына негізделген — яғни жүйе уақыт өте келе өзін-өзі үйретіп, көлік ағымын барынша тиімді бағыттайды. (*Smart City Korea Report, 2025*).

Көлік инфрақұрылымының (ITS) бір бөлігі ретінде жұмыс істейді. Бағдарламалық уақыттары навигациялық сервистермен синхрондалып, жүргізушілерге нақты уақытта шам ауысуына дейінгі уақыт көрсетіледі.

ЖИ алгоритмдері бір мезгілде көптеген факторларды (көлік ағымы, ауа райы, жол жамылғысының жағдайы, жүргізушілердің мінез-құлқы) ескеруге мүмкіндік береді, бұл апаттарды болжаудың дәлдігін және алдын алу шараларының тиімділігін айтарлықтай арттырады [5, 61 б.].

Америка Құрама Штаттарында жасанды интеллект жол қозғалысы қауіпсіздігін арттыру және жедел қызметтердің жұмысын оңтайландыру бағытында белсенді түрде қолданылып келеді. Соның жарқын мысалы — Калифорния штатының Фримонт қаласында енгізілген «LYT» компаниясының инновациялық шешімі. Бұл жүйе жедел жәрдем, өрт сөндіру және полиция көліктеріне арналған «жасыл толқын» режимін қамтамасыз етеді. Яғни, аталған қызмет көліктері оқиға орнына қарай бет алған кезде, бағдарламалық автоматты түрде олардың қозғалысына ыңғайланып, жасыл шам жағып отырады.

«LYT» компаниясының технологиясы алғаш рет Фримонт қаласының Fremont Boulevard көшесінде сынақтан өткізілген. Алғашқы кезеңде бұл жүйе сегіз қиылыста орнатылды, ал кейінірек қала билігі оны 37 қиылысқа дейін кеңейтуді

жоспарлаған. Жүйенің басты мақсаты — жедел қызмет көліктерінің жылдам әрі қауіпсіз жетуін қамтамасыз ету.

Заманауи ЖИ жүйелері жаяу жүргіншілер мен велосипедшілердің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді — оған олардың қозғалысын анықтау, бақылау, траекториясын болжау және қатысушылардың ниетін алдын ала анықтау сияқты міндеттер кіреді [6, 80 б.]

Технологияның жұмыс істеу принципі қарапайым: көлікте арнайы құрылғы орнатылған, ол қозғалыс бағыты мен орналасқан орнын нақты уақытта қаладағы бұлтты жүйеге жібереді. Бұл ақпаратты алған бағдаршамдар өзара байланысып, жедел көлікке «жасыл дәліз» жасайды. Осылайша, көлік тоқтаусыз қозғала алады, ал жолдағы басқа жүргізушілерге қызыл шам жанып, жол босатылады.

Осы елдердің тәжірибесі Қазақстан үшін де маңызды үлгі бола алады. Егер осындай ЖИ-жүйелерін енгізетін болсақ, еліміздің ірі қалаларында жол қозғалысы қауіпсіздігі мен тиімділігі айтарлықтай жақсаруы мүмкін.

Сондай-ақ, мұндай жүйелер көлік қозғалысы туралы үлкен деректер базасын қалыптастырып, оны талдау арқылы жол инфрақұрылымын жақсартуға мүмкіндік береді. Мысалы, қай көшелерде жиі кептеліс болатынын немесе қай аймақтарда апаттар көп орын алатынын анықтап, сол бағыттарда қосымша шаралар қабылдауға жағдай жасайды.

Қазақстанда да осы бағыттағы пилоттық жобаларды енгізу қажеттілігі айқын. Алматы мен Астана сияқты ірі қалаларда көлік санының жыл сайын артуы ЖИ мен жаңа технологияларға деген сұранысты күшейтіп отыр. Егер жасанды интеллект технологияларын жүйелі түрде енгізсе, жол қозғалысын басқару сапасы артып, жүргізушілер мен жаяу жүргіншілердің қауіпсіздігі қамтамасыз етілу деңгейі жоғары болар еді.

Қорыта алғанда, халықаралық тәжірибе көрсеткендей, жасанды интеллекті қолдану — бұл тек технологиялық жетістік емес, сонымен бірге адам өмірін қорғауға және қалалық ортаны қолайлы етуге бағытталған стратегиялық қадам.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. *Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Кемелұлы Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Жолдауы [Электрондық ресурс] <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtyyn-kazakstan-halkyna-zholdauy-zhasandy-intellekt-dauirindegi-kazakstan-ozekti-maseleler-zhane-ony-tubegeyli-cifrlyk-ozgerister-arkyly-sheshu-881957>*

2. *Құқықтық статистика және арнайы есепке алу органдарының порталы [Электрондық ресурс] <https://qamqor.gov.kz/crimestat/indicators/accident>*

3. *Smart traffic management are in place to manage traffic flow [Электрондық ресурс] <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/newsroom/2025/10/media-replies/smart-traffic-management-are-in-place-to-manage-traffic-flow.html>*

4. Merolla D., Latorre V., Salis A., Boanelli G. «Improving Road Safety with AI: Automated Detection of Signs and Surface Damage», *Computers*, 2025, 14(3), 91-93.

5. Arifuzzaman M., Aniq Gul M., Khan K., Hossain S.M.Z. «Application of Artificial Intelligence (AI) for Sustainable Highway and Road System», *Symmetry*, 2021, 13(1), 60-64.

6. Zhang S., Shi Y., Wang B. u òp. «A Comprehensive Review on Artificial Intelligence Empowered Solutions for Enhancing Pedestrian and Cyclist Safety», 2025, 3 (3), 79-82.

References:

1. Tokayev, K.-J. K. Address of the President of the Republic of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev: “Kazakhstan in the Age of Artificial Intelligence: Current Challenges and Their Solutions through Comprehensive Digital Transformation” [Electronic resource].

2. Available at: <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevty-n-kazakstan-halkyna-zholdauy-zhasandy-intellekt-dauirindegi-kazakstan-ozekti-maseleler-zhane-ony-tubegeyli-cifrlyk-ozgerister-arkyly-sheshu-881957>

3. Committee on Legal Statistics and Special Records of the Prosecutor General’s Office of the Republic of Kazakhstan. Traffic Accident Indicators [Electronic resource].

4. Available at: <https://qamqor.gov.kz/crimestat/indicators/accident>

Land Transport Authority of Singapore. Smart Traffic Management Are in Place to Manage Traffic Flow [Electronic resource].

5. Available at: <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/newsroom/2025/10/media-replies/smart-traffic-management-are-in-place-to-manage-traffic-flow.html> Merolla, D., Latorre, V., Salis, A., Boanelli, G. Improving Road Safety with AI: Automated Detection of Signs and Surface Damage. *Computers*, 2025, 14(3), pp. 91–93.

6. Arifuzzaman, M., Aniq Gul, M., Khan, K., Hossain, S. M. Z. Application of Artificial Intelligence (AI) for Sustainable Highway and Road System. *Symmetry*, 2021, 13(1), pp. 60–64.