

https://doi.org/10.51885/3134-8009_IJS_2026_2_9

XFTAP 73.31.81

ҚАЛАЛЫҚ КӨЛІК ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУДА ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ЕСЕПТІК ӘДІСТЕРДІҢ ИНТЕГРАЦИЯСЫ

ИНТЕГРАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

INTEGRATION OF EXPERIMENTAL AND COMPUTATIONAL APPROACHES IN URBAN TRANSPORT SYSTEM ANALYSIS

М.С. Муздыбаев ¹, А.С. Абеджанова ^{1*}, П. Бухнер ², А.С. Муздыбаева ¹,
Д. М. Мырзабекова ¹

¹Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

²Прагадағы Чехия техникалық университеті, Прага қаласы, Чехия

*Жауапты автор: Абеджанова Арай Сайлаубекқызы, e-mail: Aabedzhanova@ektu.kz

Түйінді сөздер:

смарт-технологиялар,
ГАЗ, «ақылды» көлік
жүйелері, эксперименттік
зерттеулер, машиналық
оқыту.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақалада қалалық көлік жүйесін талдаудың кешенді тәсілі қарастырылған, оның негізінде смарт-технологияларды қолдана отырып, эксперименттік және есептік әдістердің интеграциясы жатыр.

Зерттеу жүргізу үшін көлік құралдарының қозғалысының әртүрлі сценарийлерін модельдейтін үлгілер пайдаланылды. Бұл көлік ағындары туралы ақпаратты беру және өңдеу арқылы олардың параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Көлік саласында геоақпараттық жүйенің (ГАЗ) даму болашағы қарастырылып, автопилоттық навигациялық борттық ақпараттық жүйелермен жабдықталған «ақылды» көлік құралдарын біріктіру арқылы «ақылды» көлік жүйелерін құру мәселесі талданады. «Ақылды» көлік жүйелері заманауи жол қозғалысын ұйымдастырудың техникалық құралдарын қамтитын дамыған жол инфрақұрылымына ие болуы тиіс.

«Ақылды» көлік жүйелерінде кештелістерді болжау және көлік құралдарының бағыттарын оңтайландыру үшін машиналық оқыту әдістері мен алгоритмдері, квантильдік регрессия және нейрондық желілер қолданылады.

Жолдардың бақылау учаскелерінде жол инфрақұрылымымен өзара іс-қимыл бағытын оңтайландыру негізінде көлік жүйелерінің тиімділігін арттыру жөніндегі ұсыныстарды тәжірибелік сынақтан өткізу үшін эксперименттік зерттеулер жүргізу қажет.

Зерттеу нәтижелері қалалық мобильділікті оңтайландыру мен көлік жүйелерінің тиімділігін арттыруда практикалық маңызға ие болады.



Ключевые слова:

смарт-технологии, ГИС,
«умные» транспортные
системы,
экспериментальные
исследования, машинное
обучение.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается комплексный подход анализа городской транспортной системы, основанный на интеграции экспериментальных и вычислительных методов с применением смарт-технологий.

Для проведения исследований использованы модели, которые симулируют различные сценарии движения транспортных средств. Это позволит оптимизировать параметры транспортных потоков путем передачи и обработки информации о них для управления движением. Рассмотрены перспективы развития геоинформационной системы (ГИС) в транспортной сфере, включая интеграцию «умных» транспортных средств, оснащенных бортовыми информационными системами навигации автопилотирования для создания «умных» транспортных систем. «Умные» транспортные системы должны иметь развитую инфраструктуру дорожной сети, включая современные технические средства организации дорожного движения.

Для прогнозирования заторов и оптимизации маршрутов транспортных средств в «умных» транспортных системах применены методы и алгоритмы машинного обучения, квантильная регрессия, нейронные сети. Проведение экспериментальных исследований необходимо для практической апробации предложений по повышению эффективности транспортных систем на основе оптимизации маршрута транспорта взаимодействия с дорожной инфраструктурой на контрольных участках дорог.

Результаты исследования будут иметь практическое значение для оптимизации городской мобильности и повышения эффективности транспортных систем.

keywords:

smart technologies, GIS,
smart transport systems,
experimental research,
machine learning.

ABSTRACT

The article examines a comprehensive approach to analyzing the urban transport system, based on the integration of experimental and computational methods with the use of smart technologies.

To conduct the research, models simulating various vehicle movement scenarios were employed. This makes it possible to optimize traffic flow parameters through the transmission and processing of relevant information for traffic management.

The prospects for the development of Geographic Information Systems (GIS) in the transport sector are discussed, including the integration of “smart” vehicles equipped with onboard navigation and autopilot information systems to create “smart” transport systems. “Smart” transport systems should possess a well-developed road infrastructure, including modern technical means for traffic organization.

In “smart” transport systems, methods and algorithms of machine learning, such as quantile regression and neural networks, are applied to predict traffic congestion and optimize vehicle routes.

Experimental studies are necessary for the practical testing of proposals to improve the efficiency of transport systems based on optimizing the route of transport and interaction with the road infrastructure on control sections of roads.

The research results will have practical significance for optimizing urban mobility and enhancing the efficiency of transport systems.

КІРІСПЕ

Қалалық көлік инфрақұрылымын дамытудың өзектілігі оның мобильділігін арттыру, жолда жүру уақытын қысқарту және көлік шығындарын азайту қажеттілігімен негізделеді. Қазіргі мегаполистерде көлік басқарудың дәстүрлі әдістері деректердің толық болмауы мен көлік ағындарын болжаудың күрделілігіне байланысты елеулі шектеулерге тап болады. Қаланың сандық дамуы жағдайында урбанистік кеңістіктің трансформациясы «ақылды қала» тұжырымдамасына сәйкес жүзеге асуда, онда көлік инфрақұрылымы көлік техникасымен және смарт-технологиялармен интеграцияланады. Осындай жағдайда геоақпараттық жүйелердің (ГАЗ) маңызы арта түседі, өйткені олар көлік құралдарын басқару үшін кеңістіктік деректерді жинауға, өңдеуге және талдауға мүмкіндік береді.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, көлік жүйесінің тиімділігін арттыру үшін смарт-технологияларды ГАЗ-пен, аналитикалық модельдермен және машиналық оқыту алгоритмдерімен біріктіріп қолдану – басқару жүйесінің негізгі құралдарының біріне айналуға (1-кесте).

1-кесте. Ірі қалалардың көлік жүйесін басқаруда ГАЗ қолданудың салыстырмалы талдауы

Қала/ Ел	ГАЗ енгізудің негізгі мақсаттары	Интеграция- ланған технологиялар	Қолдану және ерекшеліктері	Алынған нәтижелер
Мәскеу (Ресей)	Жол қозғалысын оңтайландыру, қоғамдық көлікті басқару, аудандардағы келетін көліктің қажеттілін талдау	IoT, бейнедетек- торлар, Big Data, AI/ML, сандық егіздер	Қозғалыстың динамикалық модельдерін құру, «Яндекс. Пробки» және МосТранс жүйелерімен интеграция, магистральдар мен бағыттардың жүктелуін болжау	Кептелісті 18 %-ға төмендету, ағындарды болжау дәлдігін арттыру, қоғамдық көлік бағыттарының кестелерін оңтайландыру
Бейжің (Қытай)	«Ақылды» көлік дәліздерін қалыптастыру, терминалдар мен инфрақұрылымды бақылау, қауіпсіздікті арттыру	ГАЗ + машиналық оқыту, сенсорлық желілер, бұлтты есептеулер	Терминалдық кешендерді модельдеу, қорғаныс аймақтарын бақылау, трафик пен айналма жолдарды болжау, экологиялық көрсеткіштермен интеграция	Кідірістерді 23 %-ға төмендету; магистральдардың өткізу қабілетін арттыру, инфрақұрылым мониторингі
Токио (Жапония)	«Ақылды» қаланы дамыту, деректер мен сандық технологияларды пайдалану арқылы қалалық функцияларды оңтайландыру, автономды қозғалысты дамыту	ГАЗ, сенсорлық желілер, AI, толықтырылған шындық (AR), болжамды аналитика	ГАЗ-ды мобильді қосымшалармен және ақпараттық тақталармен біріктіру, бағыттардың жүктелуін болжау, кептелістер мен тұрақтарды көрсету	Жол жүру уақытын 18 %-ға қысқарту, көше кептелісін болжау дәлдігін арттыру, жолаушылардың қанағаттануы

Ескерту – автор (Абеджанова, 2025) негізінде құрастырған

Кеңістіктік, уақыттық және статистикалық деректердің интеграциясы көлік желісін бейнелеуге ғана емес, сонымен қатар көлік қозғалысын нақты уақытта болжауға, модельдеуге және оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Дүниежүзінің ірі қалалары – Мәскеу (Ресей) (Radovic Markovic, Vukovic & Mityagin, 2021), Бейжің (Қытай) (Tarissa, 2023) және Токио (Жапония) (Yamamura et al., 2017) мысалында ГАЗ-технологияларының көлік ағындарын болжау дәлдігін арттырып, кідірістерді 18–23 % төмендетуге мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Зерттеулерде ГАЗ жүйелерін машиналық оқыту әдістерімен біріктірудің маңыздылығына ерекше назар аударылған. Бұл қоғамдық көліктің карталардағы бейнеленуін жақсартып, бағыттарды оңтайландыруға мүмкіндік береді (Abedzhanova et al., 2023). Мысалы, Қытайда ГАЗ терминалдық кешендерді модельдеу және жол бойындағы бөлінген жолақтарды мониторингтеу үшін қолданылады, бұл өз кезегінде инфрақұрылымды басқарудың қауіпсіздігі мен тиімділігін арттырады.

Ресейде (Sukhoruchkina & Sukhoruchkina, 2023) ГАЗ аудандардарға келетін көліктің қажеттілігін талдау және логистиканы оңтайландыру мақсатында пайдаланылады. Осылайша, әлемдік тәжірибеде ГАЗ тек картографиялық құрал болудан қалды — ол қалалық мобильділікті кешенді басқаруға арналған аналитикалық платформаға айналып, көптеген дереккөздерді біріктіріп, интеллектуалды көлік басқару сценарийлерін қалыптастыра алатын жүйеге айналды (Pali et al., 2023).

ГАЗ-ды машиналық оқыту, жасанды интеллект (AI), үлкен деректер (Big Data) және Заттар интернеті (IoT) сияқты басқа технологиялармен интеграциялау нақты уақыт режимінде өзгермелі жағдайларға бейімделе алатын «ақылды» көлік жүйелерін құрудың жаңа мүмкіндіктерін ашады (Karunakaran et al., 2025). Бұл әсіресе ірі қалалар үшін өзекті, себебі көлік ағындарын оңтайландыру халықтың өмір сүру сапасына, экологиялық қауіпсіздікке және қалалық инфрақұрылымның экономикалық тиімділігіне айтарлықтай әсер ете алады (Mirovic et al., 2024). Мұндай шешімдер Сингапур, Сеул және Лондон сияқты «ақылды қалаларда» кеңінен қолданылады, мұнда интеллектуалды көлік платформалары бейнекамералардан, Bei Dou ғаламдық (жерсеріктік) навигация жүйесінен және түрлі сенсорлардан алынған деректерді талдап, бағдарламалардың жұмысын реттейді және көлік ағындарын қайта бөледі.

Зерттеудің өзектілігі ГАЗ, көліктер интернеті (Internet of Vehicles, IoV), көлік құралдарын автоматты басқару жүйелері (автопилот) және жасанды интеллект элементтерін (Wolniak & Stecula, 2024) біріктіретін қалалық көлік жүйесін талдау мен басқарудың кешенді алгоритмін әзірлеу қажеттілігімен анықталады.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Цифрландыру жағдайында қалалық көлік жүйесі жол инфрақұрылымы мен көлік құралдары есептеу және ақпараттық компоненттермен тығыз өзара байланысқан бірыңғай жүйе ретінде қарастыруға болады. Бұл жүйеде физикалық нысандар (жолдар, көліктер, инфрақұрылым) цифрлық элементтермен (датчиктер, басқару алгоритмдері, талдау платформалары) интеграцияланады. Мұндай өзара байланыс дәстүрлі қозғалысты басқарудан смарт-технологиялар негізіндегі интеллектуалды көлік басқаруына көшуге мүмкіндік береді (Куценко & Устюжанинова, 2024).

(Qin, 2023) авторы көлік техникасын басқару жүйесінде AI, IoV және ГАЗ технологияларын біріктірудің маңыздылығын атап өтеді. Бұл технологиялар көлік құралдарының қозғалысы, жол желісінің жай-күйі және сыртқы факторлар туралы деректерді жинауға, талдауға және түсіндіруге мүмкіндік береді, осылайша интеллектуалды көлік басқару ортасын қалыптастырады.

Зерттеудің әдіснамалық негізі көлік жүйесін өзара байланысқан ақпараттық және деректер ағындары арқылы біріктірілген біртұтас құрылым ретінде қарастыруға мүмкіндік беретін жүйелік тәсілге негізделген. Әдіснаманың негізгі элементтері мыналарды қамтиды:

- көлік трафиі туралы кеңістіктік-уақыттық деректерді талдау, ол үшін Яндекс.Пробки онлайн-сервисі пайдаланылады. Бұл қызмет қозғалыс тығыздығы, көлік ағындарының жылдамдығы және жолдағы оқиғалар туралы деректерді нақты уақытта жинап, бейнелеуге мүмкіндік береді;
- көлік жүйесін деңгейлер бойынша құрылымдау: бағыттарды модельдеу үшін 2GIS қосымшасы, көлік құралдары мен инфрақұрылым арасындағы өзара әрекетті қамтамасыз ететін IoV желісі, навигация, AI және басқару механизмдері;
- адаптивті бағдарлау алгоритмі, ол сыртқы және ішкі ГАЗ деректерін пайдалана отырып, қалалық ортадағы нақты жағдайларды, жол жүктемесін және шектеулерді ескере отырып қозғалысты модельдеуге мүмкіндік береді;
- координаттарды тексеру және бағдарды модельдеу үшін 2GIS қосымшасын қолданып тәжірибе жүргізіледі.

Сонымен қатар, ГАЗ сыртқы және ішкі болып бөлінеді.

Сыртқы ГАЗ қалалық жол желісінің сандық картографиясын, көлік ағындарының тығыздығы мен бағыттары туралы деректерді, жолдағы жағдайлар, жөндеу жұмыстары және ауа райы туралы ақпаратты қамтиды. Мұндай деректер сыртқы платформалар мен онлайн-сервисстер (мысалы, Яндекс.Пробки) арқылы нақты уақытта жиналып, жаңартылып отырады. (Li & Kunyov, 2024) еңбегінде көрсетілгендей, сыртқы ГАЗ пайдалану жолдардағы нақты жағдайды бейнелеуге ғана емес, сонымен қатар трафикті талдау және оның алдын ала болжамы негізінде кептеліс ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді.

Қалалық ортаның инженерлік-геологиялық жағдайларын талдау да сыртқы ГАЗ құрамындағы маңызды аспектілердің бірі болып табылады. Өйткені ол бағыттарды жоспарлау және көлік жүктемесін бағалау кезінде экологиялық факторларды ескеруге мүмкіндік береді. (Apshikur et al., 2024) зерттеуінде ауаның ластану деңгейі мен зиянды заттардың таралу картограммасына негізделген аумақтарды аймақтарға бөлу әдістемесі ұсынылады. Бұл тәсіл әсіресе Өскемен сияқты өнеркәсіптік қалаларда көлік ағындарын оңтайландыру кезінде экологиялық тәуекелдерді ескеруге мүмкіндік береді. Қалалық ортаның экологиялық жағдайы туралы деректерді интеграциялау тек кептелістердің алдын алуға ғана емес, сонымен қатар көліктің қоршаған ортаға тигізетін теріс әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

Ішкі ГАЗ көлік құралының навигациялық жүйесінің бағдарламалық және аппараттық бөлігі болып табылады. Ол сандық карталарды, навигациялық деректер базасын, GPS-модульдерді, камераларды, лидарларды, өлшеу құралдарын, сондай-ақ бұлтты сервисстермен байланыс интерфейстерін қамтиды. (Liu, Zhang & Yang, 2022) зерттеуіне сәйкес, ішкі ГАЗ деректерін сыртқы дереккөздермен біріктіру көлік құралының орналасуын анықтау дәлдігін арттырып, тығыз қалалық жағдайларда навигациялық шешімдердің сапасын жақсартады.

Сондай-ақ, IoV (Internet of Vehicles) технологиясы «ақылды қала» (жол желісі) мен интеллектуалды көлік құралы арасындағы байланыстырушы буын болып табылады. IoV көмегімен көліктер мен сандық инфрақұрылым өзара әрекеттесетін таратылған желі қалыптасады.

V2V (vehicle-to-vehicle), V2I (vehicle-to-infrastructure) және V2X (vehicle-to-everything) технологиялары ақпарат алмасуды қамтамасыз етеді, атап айтқанда: апаттық сигналдар, жол жағдайының өзгеруі, жаяу жүргіншілер мен велосипедшілер туралы мәліметтер.

Негізгі өзара әрекеттесу технологиялары мыналарды қамтиды:

- V2V (vehicle-to-vehicle) – көлік құралдары арасында жылдамдық, қозғалыс бағыты және кедергілер туралы деректермен алмасу;

- V2I (vehicle-to-infrastructure) – жол инфрақұрылымының элементтерімен (бағдаршамдар, камералар, датчиктер) байланыс;

- V2X (vehicle-to-everything) – қозғалысқа қатысушылардың барлығын кешенді түрде біріктіру;

- IoV технологиясы «ақылды трафик» жүйесін қалыптастыруға және жол-көлік оқиғаларының ықтималдығын азайтуға ықпал етеді.

Интеллектуалды автокөліктердің өзара әрекеттесу сипатын зерттеу үшін «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ базасында Лу Бань шеберханасы ашылған (https://ektu.kz/departments/sc_mecheng/about_dep/lubanworkshop.aspx?lang=kz/дата обращения: 02.10.2025). Мұнда интернетке қосылған басқару желілері бар және 3-деңгейлі автопилоттау жүйесінің тәжірибелік жабдығымен жабдықталған CHANGAN DEEPAL SL03 маркалы автокөліктер (1-сурет) орналасқан.



1-сурет. Интеллектуалды көлік құралдары мен жол қозғалысын реттеу жабдығы
Ескерту – автор (Муздыбаев, 2025) негізінде құрастырған

Бұл үлгіде жасанды интеллект (AI) элементтері бар автопилот нейрондық желілер мен машиналық оқыту алгоритмдері негізінде жүзеге асырылатын автоматтандырылған жүргізудің өзегі болып табылады.

Автопилот модульдері сыртқы және ішкі ГАЖ-дан, сенсорлардан, бейнекамералардан, лидардан, радардан және борттық жүйелерден алынған үлкен деректер жиынтығын талдайды (2-сурет).

Талдау нәтижелері негізінде қозғалыс траекториясын таңдау, жылдамдықты реттеу және жол қиылыстарында немесе басқа да учаскелерде қозғалыс сипатын түзету жүзеге асырылады (Li & Kunyov, 2024).



а



б

2-сурет. CHANGAN DEEPAL SL03 көлігінің борттық есептеу блогы және сенсорлық жүйелерін қосу: а – интеллектуалды көлік құралындағы автопилоттау жүйесінің сыртқы көрінісі; б – автопилоттау жүйесіндегі техникалық құрылғылар кешені

Ескерту – автор (Мұздыбаев, 2025) негізінде құрастырған

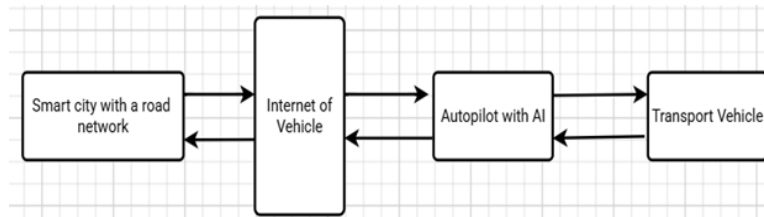
Сандық инфрақұрылымды және аппараттық қамтуды дамытуға қоса, көлік құралдарын басқару жүйесіне интеллектуалды жүйелерді енгізу қажет. Атап айтқанда, автопилот жүйесіне көліктің тежеу жүйесін, рульдік басқару механизмдерін және басқа да техникалық жүйелерін басқаруға рұқсат беру керек. Бұған рульдік басқару жүйесі (электр күшейткіштер, бұрылу бұрышының сенсорлары), тежеу жүйесі (электронды тежеу басқаруы), сондай-ақ қозғалтқышты автоматтандырылған басқару жүйелері (электронды басқару блоктары, ECU) жатады. Бұл компоненттер автомобильдің аппараттық бөлігі мен жасанды интеллект алгоритмдері арасындағы өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. Нәтижесінде басқарудың жабық контуры қалыптасады, мұнда шешімдер жүргізушінің қатысуынсыз қабылданып, іске асырылады.

Осылайша, аталған компоненттердің барлығын бірыңғай интеллектуалды платформаға біріктіру тұрақты, бейімделгіш және қауіпсіз көлік жүйесінің негізін қалайды. Мұндай жүйе қалалық тығыз құрылыс жағдайында, көлік жүктемесінің өзгеруі мен қозғалыс режимдерінің динамикалық ауысуына бейімделе отырып жұмыс істей алады.

Сондықтан интеллектуалды көлік құралдары, бағдарламалық қамтамасыз ету және «ақылды қала» элементтерін қамтитын көлік жүйесі компоненттерінің өзара әрекеттесу моделін іске асыру үшін көлік жүйесін талдау және басқару алгоритмі ұсынылады (3-сурет).

Ұсынылған қалалық қозғалысты талдау және басқару алгоритмінен көрініп тұрғандай, қалалық жол инфрақұрылымы мен трафиктің ағымдағы жағдайы туралы деректерді нақты уақыт режимінде жинау және талдау сыртқы ГАЗ және ақпараттық платформалар (мысалы, Яндекс.Пробки) негізінде жүзеге асырылады. Бұл платформалар қозғалыс тығыздығы, жолдағы оқиғалар, ауа райы жағдайы, тәулік уақыты, көлік ағындарының ағымдағы жылдамдығы және кептеліс деңгейі туралы өзекті ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Аталған деректер ақпараттық-талдау платформасына түседі, мұнда кеңістіктік-уақыттық талдау жүргізіліп, жол жағдайының дамуын болжау жүзеге асырылады. Көлік жүйесіне кіріктірілген интеллектуалды алгоритмдер тек ағымдағы жағдайды тіркеп қана қоймай, сонымен қатар трафик параметрлерінің қысқа және орта мерзімді өзгерістерін болжауға мүмкіндік береді.



3-сурет. Интеллектуалдық қалалық көлік жүйесі компоненттерінің өзара әрекеттесуінің блок-схемасы

Ескерту – автор (Абеджанова, 2025) негізінде құрастырған

Көлік құралының ағымдағы координаттарын анықтау Bei Dou ғаламдық (спутниктік) позициялау технологиялары (4-сурет), сондай-ақ көлік құралындағы камералар мен лидарлар сияқты борттық сенсорлар арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.



4-сурет. CHANGAN DEEPAL SL03 көлігінде сенсорлық жабдықтар мен спутниктік байланыс құрылғыларының орналасуы

Ескерту – автор (Муздыбаев, 2025) негізінде құрастырған

Координаттардың дәлдігін арттыру бейнекамералар мен сандық карталардан алынған деректер негізінде танылатын қосымша визуалды бағдарлар — жол белгілері, маңдайшалар, ғимарат атаулары мен қиылыстарды пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Мұндай тәсіл спутниктік сигнал әлсірейтін немесе шағылатын тығыз құрылысты аймақтар мен тоннельдер жағдайында навигация жүйесінің тұрақтылығын арттырады.

Баламалы бағыттарды құру бірнеше нұсқаны қарастыратын алгоритм арқылы орындалады. Мұнда негізгі критерийлер ретінде жол жүру уақытының аздығы, ең қысқа қашықтық, бағыттың жүктелу деңгейі, бағдаршамдар мен қиылыстар саны, жөндеу учаскелерінің және жол-көлік оқиғаларының болуы, сондай-ақ экологиялық көрсеткіштер (мысалы, ауаның ластануы жоғары аймақтар арқылы қозғалыс) ескеріледі. Көпфакторлы талдау барысында әр критерийге салмақтық коэффициент берілетін салмақталған оңтайландыру моделі қолданылады. Мысалы, қызметтік көлік (жедел жәрдем, қоқыс тасушы, қоғамдық көлік) үшін басты критерий – жеткізу уақыты, ал коммуналдық қызметтер үшін – шығарындылар мен жүріс қашықтығын азайту.

AI бар автопилот жүйесі берілген параметрлерге (жылдамдық, кептелістер, бағдаршамдар) сәйкес бағыттарды бағалап, ең тиімді бағытты таңдайды. AI-модуль трафик, ауа райы және жол жағдайлары туралы деректер негізінде оқытылған нейрондық

желілер мен машиналық оқыту әдістерін қолданады. Кіріс деректерді талдау негізінде бағыт нақты уақытта бейімделеді – мысалы, жол-көлік оқиғасы орын алған жағдайда немесе бағдаршам режимі өзгерген кезде.

Бағыт таңдалғаннан кейін жүйе көлік құралының атқарушы механизмдеріне берілетін командаларды қалыптастырады:

- рульдік басқару (электр күшейткіштер, сервожетектер);
- тежеу жүйесі (EBS, ABS, ESP);
- қозғалтқыштың электронды басқару жүйесі (ECU).

Осылайша, алгоритм көлік құралының барлық әрекеті деректерді талдау негізінде жүзеге асырылатын және сыртқы жағдайларға бейімделетін жабық басқару контурын қамтамасыз етеді.

Эксперименттік зерттеулер және нәтижелерді талдау.

Осы зерттеуде эксперимент жүргізу үшін 2GIS бағдарламалық өнімі қолданылды.

Негізгі артықшылықтары:

- қала (аймақ немесе аудан) бойынша егжей-тегжейлі сандық картаның болуы – мысалы, Шығыс Қазақстан облысы, Өскемен қаласы;
- жол шектеулері, біржақты қозғалыс және бағдаршам нысандарын ескере отырып, қадамдық навигация мен бағыт құру тетігінің болуы;
- нақты уақыт режимінде координаттық деректерді алу және желі тораптары арасындағы қашықтықтарды талдау мүмкіндігі;
- Яндекс.Пробки қосымшасы арқылы сыртқы дереккөздермен интеграция (ішінара кептеліс және қоғамдық көлік аялдамалары туралы мәліметтер).

Эксперименттік модельдеу үшін Өскемен қаласындағы нақты бағыт таңдалды. Эксперименттің мақсаты – навигация дәлдігін, координаттарды анықтау дұрыстығын және қалалық ортада көлік ағыны өзгерген жағдайда бағыттың тұрақтылығын бағалау.

Бастапқы нүкте – Амбулаториялық орталық (Абай даңғылы, 18), соңғы нүкте – Шығыс Қазақстан облыстық ауруханасы, Стационар (Протозанов көшесі, 7).

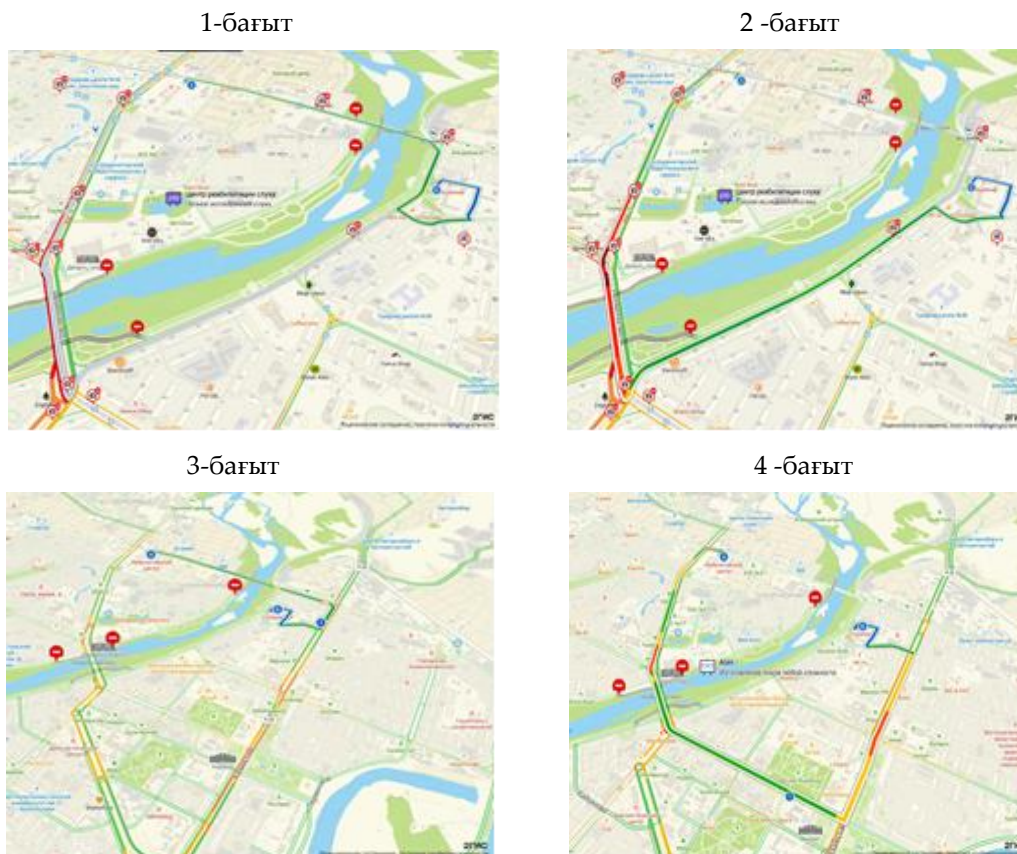
Бұл бағыт әлеуметтік маңызға ие, себебі ол Жедел медициналық жәрдем станциясы мен Облыстық аурухана арасындағы көлік байланысын қамтамасыз етеді. Бағыт шұғыл медициналық көліктер үшін тән және мұнда ең аз қозғалыс уақыты, бағыт сенімділігі мен кептеліс аймақтарын айналып өту мүмкіндігі маңызды.

2GIS бағдарламасы маршруттарды құру және бақылау нүктелерінде координаттарды тіркеу үшін пайдаланылды. Бағыт қаланың негізгі көлік бағыттарын қамтиды және навигация жүйесінің орта және жоғары жүктеме жағдайларындағы жұмысын бағалауға мүмкіндік береді. Талдау үшін ұзындығы, бағыты және жүктелу деңгейі бойынша ерекшеленетін төрт бағыт құрылды. 5-суретте 2GIS жүйесінде салынған зерттелген бағыттардың сұлбалары көрсетілген.

Бірнеше маршруттарды таңдау салыстырмалы талдау жүргізуге, қозғалыстың оңтайлы бағыттарын анықтауға және қалалық ортаның әртүрлі жағдайларында навигациялық жүйенің жұмысын бағалауға мүмкіндік берді. Бағыттар Өскемен қаласының негізгі көлік артериялары-Абай, Шәкәрім даңғылдары, Қазақстан, Протозанов, Нұрмағамбетов көшелері және Үлбі өзені арқылы өтетін көпір арқылы өтті. Эксперимент жан-жақты нәтижелерге қол жеткізу үшін әртүрлі трафиктері бар учаскелерді қамтыды.

Модельдеу нәтижелері бойынша ең қысқа және тікелей болып Шәкәрім даңғылы арқылы өтетін №1 бағыт анықталды, алайда оның өткізу қабілеті таңғы және кешкі қарбалас уақытта шектеледі, себебі қала орталығында көлік тығыздығының артуы байқалады.

№ 2 бағыт, Ульба көпірі арқылы өтетін бағыт, ұзындығы жағынан үлкен болғанымен, қаланың орталық бөлігіндегі уақытша жабылулар кезінде неғұрлым тұрақты бола алады. Дегенмен, көпір бөлігі қозғалыс қарқыны жоғары кезеңдерде жиі кептелістерге ұшырайды.



5-сурет. Бағыттарды 2GIS көмегімен құру

Ескерту – автор (Абеджанова, 2025) негізінде құрастырған

№ 3 бағыт теңгерімді сипатқа ие: орташа жүктеме кезінде орталық бөліктерді айналып өтуге мүмкіндік береді және жол уақытының қолайлы ұзақтығын сақтайды.

№ 4 бағыт жол жөндеу немесе төтенше жағдайлар кезінде балама айналма жол ретінде қолданылады, бірақ қозғалыс уақыты ұзарады (2-кесте).

2-кесте. Бағыттар туралы мәлеметтер

Бағыттың №	Бағыт	Арақашықтық	Уақыт	Ескертпе
1	Абай д., 18 → Шакарим д. → Протозанов к., 7	~2 км	5 мин	Қала орталығы арқылы тікелей бағыт. Қарбалас уақытта кідірістер болуы мүмкін.
2	Абай д., 18 → Үлбі өзені арқылы өтетін көпір → Протозанов к., 7	~3 км	9 мин	Таңертеңгі және кешкі уақытта көпір арқылы жүру кезінде жүктемелі болуы мүмкін.
3	Абай д., 18 → Шакарим д. → Қазақстан к. → ул. Протозанов к., 7	~2,5 км	7 мин	Бағыт Қазақстан көшесі арқылы өтеді. Ірі даңғылдармен қиылыса- тын жерлерде кептелістер болуы мүмкін.
4	Абай д., 18 → Үлбі өзені арқылы өтетін көпір → Нурмағамбетов к. → Казах- стан к. → Протозанов к., 7	~4,0 км	12 мин	Бірнеше көше арқылы өтетін ұзағырақ бағыт. Ол қаланың ортасын айналып өту кезінде пайдалы болуы мүмкін.

Ескерту – автор (Абеджанова, 2025) негізінде құрастырған

Осылайша, «уақыт–қашықтық–жүктелу» критерийлері бойынша бағыттарды салыстыру AI жүйесіне және навигациялық алгоритмдерге жол жағдайларына байланысты траекторияны динамикалық түрде бейімдеуге мүмкіндік береді.

Координаттар деректері GPS жүйесі мен 2GIS интерфейсіне біріктірілген визуалды бағдарлар арқылы тіркелді. Қозғалыс уақыты шамамен көрсетілген және ағымдағы жол жағдайына байланысты өзгеруі мүмкін.

2GIS бағдарламасы қазіргі нұсқасында бағыттарды модельдеуге және координаттарды жазуға ыңғайлы, алайда оны көлікті интеллектуалды басқару жүйесіне толық енгізу үшін келесі жетілдірулер қажет:

- көлік құралымен IoV және автопилот жүйелері арқылы біріктіру;
- жол қозғалысы туралы нақты уақыттағы деректерді көрсету;
- бағыттарды талдау және қозғалыс уақытын AI негізінде болжау;
- кеңейтілген шындық (AR) элементтері бар жол оқиғаларын визуализациялау;
- API мүмкіндіктерін кеңейту (бағыт нүктелері, уақытша кідірістер, бағдаршамдар және жол қозғалысының ерекшеліктері туралы деректерге терең қолжетімділік), бұл көлікті басқару командаларын беру үшін нейрожелілік алгоритмдер мен қаланың сандық егіздерімен интеграциялауға жағдай жасайды.

Алынған координаттар қаланың көлік желісінің сандық егізін құру кезінде нейрондық желілерді оқытуға және күрделі қалалық жоспарлау жағдайларында навигациялық жүйелердің тұрақтылығын бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Осылайша, эксперимент 2GIS бағдарламасының модельдеу және навигация құралы ретінде қолдануға жарамдылығын дәлелдеді және оны интеллектуалды көлік басқару міндеттеріне бейімдеу бағыттарын анықтады.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Өскемен қаласының қалалық көлік жүйесі бағыттарында жүргізілген модельдеу мен эксперименттік сынақ нәтижесінде сыртқы және ішкі геоақпараттық жүйелердің (ГАЗ) интеграциясы көлік құралдарының орналасуын анықтаудың дәлдігін айтарлықтай арттыратыны анықталды. Алынған деректерге сәйкес, тек GPS жүйесін қолдану кезінде координаттарды анықтау қателігінің орташа мәні 12,4 метрді құрады, ал 2GIS платформасын пайдалану кезінде бұл көрсеткіш 10,1 метрге дейін төмендеді. Бұл кеңістіктік ақпаратты өңдеудің кешенді тәсілінің артықшылығын дәлелдейді. 3-кестеде позициялау қателігінің орташа мәндері келтірілген.

3-кесте. Деректер көзіне байланысты позициялау қателіктері

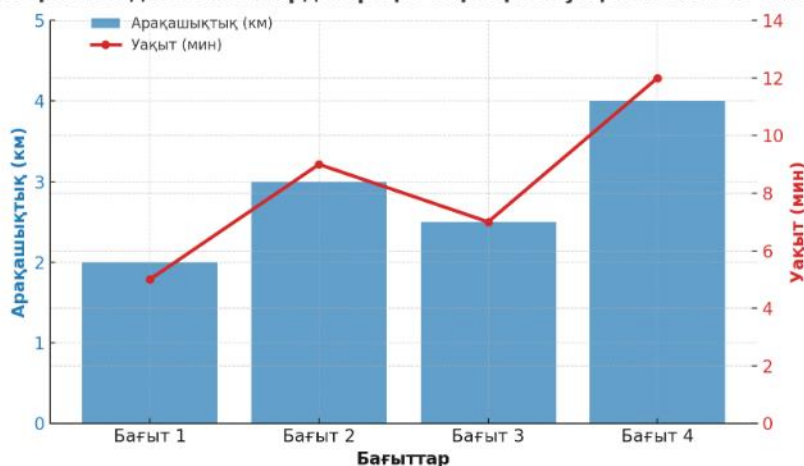
Деректер көзі	Орташа қате (м)
GPS	12.4
2GIS	10.1

Ескерту – автор (Абеджанова, 2025) негізінде құрастырған

Бұл талдау 2GIS жүйесінің болжам дәлдігі критерийі бойынша артықшылығын көрсетеді. Бағыттар бойынша салыстырмалы талдау жүргізілді – қашықтық пен қозғалыс уақыты көрсеткіштері, сондай-ақ жолдағы кептелістер ескерілді.

6-суреттегі графикті талдау көрсеткендей, ең тиімді бағыт әрдайым ең қысқа бағытқа, әсіресе жол қозғалысы жағдайы үнемі өзгеріп отыратын кезде сәйкес келмейді. Машиналық оқыту алгоритмдерін енгізу және жолдағы ағымдағы жағдайлар (мысалы, кептелістер, жол жөндеу жұмыстары) туралы деректерді пайдалану жүйеге бағыттарды бейімдеп түзетуге, яғни қозғалыс уақытының азаюына мүмкіндік береді.

Өскемен қаласындағы бағыттарды арақашықтық пен уақыт бойынша салыстыру

**6-сурет.** Бағыттардың уақытын әртүрлі критерийлер бойынша салыстыру

Ескерту – автор (Абеджанова, 2025) негізінде құрастырған

Эксперименттік нәтижелер көрсеткендей, интеллектуалды жүйе арқылы құрылған балама бағыттарды қолдану 18-23 %-ға дейінгі кешігулерді азайтады. Бұл дамыған көлік инфрақұрылымы бар мегаполистерде жүргізілген ұқсас зерттеу нәтижелерімен сәйкес келеді. Internet of Vehicles (IoV) технологиялары мен интеллектуалды басқару алгоритмдерін біріктіру көлік құралдары мен қалалық инфрақұрылым арасындағы тұрақты өзара әрекеттесуді қамтамасыз етіп, бейімделгіш көлік желісін қалыптастырады. Зерттеу барысында сыртқы сервистерден (мысалы, Яндекс.Пробки) және көліктің ішкі сенсорларынан алынған деректерді біріктіру жолдағы жағдайдың өзгеруіне жедел әрекет етуге, көлік жүйесінің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды.

Жүргізілген салыстырмалы талдау 2GIS жүйесінің сыртқы деректер көздерімен біріктірілген нұсқасы тек Bei Dou навигациясын қолдануға қарағанда бағыттарды есептеу дәлдігі мен жылдамдығы бойынша артық екенін көрсетті. Алайда интеллектуалды көлік жүйелеріне толық интеграциялау үшін бағдарламалық интерфейстерді жетілдіру және автопилоттық пен IoV-технологияларымен өзара әрекеттесу мүмкіндіктерін кеңейту қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Смарт-технологиялар мен ГАЖ әдістерін біріктіру Өскемен қаласының көлік желісінің жүктелу деңгейін шынайы бағалауға және көлік жүйесінің құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесу моделін әзірлеуге мүмкіндік берді.

Құрылған модель желінің әлсіз тұстарын анықтауға, трафиктің дамуын болжауға және әртүрлі жол-көлік жағдайларында қозғалысты жоспарлау кезінде негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Әзірленген көлік жүйесінің құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесу моделі басқа қалаларға да бейімделіп, масштабталуы мүмкін, бұл ұсынылған тәсілдің әмбебаптылығы мен қайта қолдануға жарамдылығын дәлелдейді. Интеллектуалды көлік жүйелерін одан әрі дамыту үшін навигациялық платформаларды IoV және автопилоттық жүйелермен біріктіру, API мүмкіндіктерін кеңейту, сондай-ақ көлік ағындарын болжау мен басқаруға арналған машиналық оқыту алгоритмдерін енгізу қажет.

Зерттеу нәтижелері қалалық мобильділікті оңтайландыру, көлік инфрақұрылымының қауіпсіздігі мен тұрақтылығын арттыру және көлік ағындарының қоршаған ортаға тигізетін теріс әсерін азайту тұрғысынан практикалық маңызға ие.

МҮДДЕЛЕР ҚАЙШЫЛЫҒЫ: Авторлар мүдделер қайшылығы жоқ екенін мәлімдейді.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ

ХАБАРЛАМА: Ғылыми мақалалардың авторлары өз еңбектерін дайындау барысында жасанды интеллект (ЖИ) құралдарын қолданбады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Abedzhanova, A.S., Dzhaxylykov, A.F., Rasskazov, P.A., Apshikur, B. & Islyam, G. (2023). Automated system for optimizing the movement of urban passenger transport using GIS. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. 2023, 48(5/W2-2023). P. 1–8. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W2-2023-1-2023>.
- Apshikur, B., Maksimov, V.A., Toleubekyzy, I.T. & Alimkulov, M.M. (2024). Current assessment of atmospheric pollution by industrial enterprises in Ust-Kamenogorsk based on GIS technologies. InterCarto. InterGIS. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2024. V. 30. Part 2. P. 469–481. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2024-2-30-469-481>.
- Karunakaran, L., Rathnayaka, R., Seneviratna, D. & Kithulwatta, W.M.C.J.T. (2025). Artificial Intelligence in Smart Cities and Urban Mobility: A Systematic Literature Review. 4. 10. URL: <https://ir.kdu.ac.lk/handle/345/8912>.
- Li, W. & Kunyoun, P. (2024). Quantitative analysis and model prediction of urban traffic flow optimization by geographic information technology. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2024. V. 9. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-3265>.
- Liu, J., Zhang, T. & Yang, X. (2022). High-precision vehicle positioning by fusion of GPS and IMU in complex urban environments. Sensors, 2022, 22(1), 55. <https://doi.org/10.3390/s22010055>
- Mirovic, V., Mitrović Simić, J., Milicic, M. & Ruskic, N. (2024). Smart Mobility in Smart Cities. Jhttp - journal of traffic and transport theory and practice. <https://doi.org/10.7251/JTTTP2402083M>.
- Pali, P., Verma, S., Patel, A., Pathak, V. & Soni, V. (2023). Intelligent Urban Transportation Systems (Iuts): A Survey of AI-Driven Innovations and Future Directions. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 12. 8068-8073. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2023.1205498>.
- Qin, X. (2023). Research on Big Data-Driven Urban Traffic Flow Prediction Based on Deep Learning. IJITSA. 2023. V.16. P. 1–20. <https://doi.org/10.4018/IJITSA.323455>.
- Radovic Markovic, M., Vukovic, N. & Mityagin, S. (2021). ICT and Smart Cities: Case Studies of Moscow and Saint-Petersburg. IPSI BgD Transactions on Internet Research. 2021.V. 17. P. 10-14. URL: <https://ipsitransactions.org/journals/papers/tir/2021jan/p3.pdf>.
- Sukhoruchkina, I.N. & Sukhoruchkina, A.A. (2023). Artificial intelligence and information technology support for smart city projects in Russia. Scientific and technical information. Series 1: Organization and methodology of information work. 2023, P. 21-27. <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2023-10-4>.
- Tarissa, D. (2023). Comparison of Smart City Program in Indonesia and China Study Case: Jakarta and Beijing. Journal of Infrastructure Policy and Management. 2023, 6. 77-88. <https://doi.org/10.35166/jipm.6.2.77-88>.
- Wolniak, R. & Stecula, K. (2024). Artificial Intelligence in Smart Cities—Applications, Barriers, and Future Directions: A Review. Smart Cities 2024, 7(3), 1346-1389; <https://doi.org/10.3390/smartcities7030057>.
- Yamamura, S., Fan, L. & Suzuki Y. (2017). Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning. Procedia Engineering. 2017, 180, P.1462-1472. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.309>.

- «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ. Лу Бань шеберханасы. URL: https://ektu.kz/departments/sc_mecheng/about_dep/lubanworkshop.aspx?lang=kz/ (дата обращения: 02.10.2025). // «D. Serikbaev atyndaǵy Şyǵys Qazaqstan tehnikalyq universiteti» KEAQ. Lu Bān şeberhanasy [D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University NJSC. Lu Ban Workshop]. URL: https://ektu.kz/departments/sc_mecheng/about_dep/lubanworkshop.aspx?lang=kz/ (data obrashcheniya: 02.10.2025). (In Kaz.)
- Купенко С.М., Устюжанинова Д.С. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения в транспортных системах // Экономика и предпринимательство. 2024. С. 1360–1362. URL: <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.164.3.265/> (дата обращения: 04.09.2025). // Kutsenko S.M., Ustyuzhaninova D.S. Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta i mashinnogo obucheniya v transportnykh sistemakh [The use of artificial intelligence and machine learning in transport systems] // Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and Entrepreneurship]. 2024. P. 1360–1362. URL: <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.164.3.265/> (data obrashcheniya: 04.09.2025). (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Муздыбаев Мурат Сеитович – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Муздыбаев Мурат Сеитович – кандидат технических наук, профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Muzdybayev Murat Seitovich – Candidate of Technical Sciences, Professor, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,
e-mail: MMuzdybayev@ektu.kz,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-0921>



Абеджанова Арай Сайлаубеккызы – докторант, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Абеджанова Арай Сайлаубеккызы – докторант, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Abejanova Aray Saylaubekkyzy – Phd student, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,
e-mail: Aabedzhanova@ektu.kz,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9435-7217>



Petr Bouchner – Ph.D., Прагадағы Чехия техникалық университеті, Прага қаласы, Чехия

Petr Bouchner – Ph.D., Чешский технический университет в Праге, г.Прага, Чешская Республика

Petr Bouchner – Ph.D., Czech Technical University in Prague, Prague, Czech Republic,

e-mail: petr.bouchner@cvut.cz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8308-1656>



Муздыбаева Альфия Сеиткызы – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Муздыбаева Альфия Сеиткызы – кандидат технических наук, профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Muzdybaeva Alfia Seytkyzy – Candidate of Technical Sciences, Professor, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: AMuzdybaeva@ektu.kz ,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6949-9108>



Мырзабекова Динара Мырзабекқызы – PhD докторы, қауымдас-тырылған профессор, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Мырзабекова Динара Мырзабекқызы – доктор PhD, ассоцииро-ванный профессор, Восточно-Казахстанский технический универ-ситет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Myrzabekova Dinara Myrzabekkyzy – PhD, Associate Professor, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: DMyrzabekova@ektu.kz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4493-6102>