

Ж.Б. Ахаева<sup>1</sup>, Г.Т. Мерзадинова<sup>2</sup>, В.А. Жмудь<sup>3</sup>, А.Б. Закирова<sup>2</sup>, Т.К. Жукабаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астана халықаралық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<sup>3</sup>Новосибирск мемлекеттік техникалық университеті, Новосибирск, Ресей

(E-mail: <sup>1</sup>ahaeva07@mail.ru, <sup>2</sup>merzadinova\_gt@enu.kz, <sup>3</sup>oao\_nips@bk.ru, <sup>2</sup>alma\_zakirova@mail.ru, <sup>2</sup>tamara\_kokenovna@mail.ru)

## Ақылды қаланың интеллектуалды көлік жүйесі моделіндегі үлкен деректерді өңдеу процесі

**Аңдатпа.** Мақалада Нұр-Сұлтан қаласының ақылды қала жол көлігі қозғалысын талдау міндеттерін шешуге арналған үлкен деректерді талдауды қолдану процесі қарастырылды. Мегалополистің көлік жүйесін дамытудың зияткерлік жүйесі моделінің өзектілігі негізделіп, көлік жүйелерін дамыту мен зияткерлендіру саласындағы заманауи тәсілдерге шолу жасалады. Сонымен қатар, логикалық-алгоритмдік тілде жүйенің формальды дамуы жүзеге асырылып, оның сыртқы және ішкі құрылымы сипатталды. Ұсынылған шешім Flowmap.blue параллельді есептеу моделіне негізделген. Екі тәжірибелік жағдай талданды: автобустардың орналасу тарихын талдау негізінде қоғамдық көліктің сапасын бағалау және жұмыс күндері мен демалыс күндері көлік карталарынан билеттерді сатып алу тарихын талдау арқылы жолаушылардың ұтқырлығын бағалау. Екі экспериментке де Қазақстан Республикасының Нұр-Сұлтан қаласындағы қоғамдық көлік жүйесінің нақты дерекқоры пайдаланылды.

**Түйін сөздер:** мегалополистің көлік жүйесі, интеллектуализация, интеллектуалды даму жүйесі, басқару, ақылды қала, үлкен деректер.

DOI: [doi.org/10.32523/2616-7263-2021-137-4-64-75](https://doi.org/10.32523/2616-7263-2021-137-4-64-75)

### Кіріспе

Заманауи қалалар қарқынды дамып, оларда жаппай урбанизация тенденциясы байқалуда.

[1] Бұл қоғам дамуындағы қалалар рөлінің артуымен сипатталып, өз кезегінде қала халқының үлесінің артуына және ауыл шаруашылығының азаюына ықпал етуде. Урбанизация біздің мыңжылдықтағы көптеген мәселелердің себептерінің бірі болып табылады.

Қазіргі уақытта қаланың кеңеюіне байланысты көлік пен жолаушылар ағынын қалыптастыратын және тартатын нүктелер арасындағы қашықтық ұзартылып, азаматтардың жеке көліктерге тәуелділігін арттырды. Осыған байланысты бірқатар сұрақтар туындайды, олар мына мәселелерді қамтиды [2]: әлеуметтік мәселелер; кептеліс; ластану; шу кернеуі; жол-көлік оқиғалары; табиғи ресурстарды шектеуге байланысты мәселелер.

Сондықтан бүгінгі таңда «Ақылды қала» жүйесін, сондай-ақ оның жекелеген компоненттерін енгізу мәселесін шешуге ерекше талаптар қойылады, олардың ішінде [3]:

- қолжетімді қалалық инфрақұрылымның болуы;
- жоғары ұтқырлық;
- қала аумағының қауіпсіздігі;
- экологиялығы;
- дамыған қала үкіметі.

«Ақылды қала» тұжырымдамасына көшу – бұл қалаларды өмір сүруге қолайлы және икемді ететін, демек, жаңа сын-қатерлерге көбірек жауап беретін бірқатар қадамдардан тұратын процесс. «Ақылды қала» – бұл тұрақты жасыл қаланы құру, бәсекеге қабілетті және

инновациялық сауда жасау және қаланы басқару мен қызмет көрсетудің қарапайым жүйесімен өмір сүру сапасын арттыру үшін жаңа технологияларды қолдана отырып, адамдарды, ақпаратты және қалалық элементтерді біріктіретін жоғары технологиялық, қарқынды және дамыған қала.

«Ақылды қала» құру тұжырымдамасын қарастыра отырып, бір жағынан алты негізгі сегментті анықтауға болады: ақылды адамдар, ақылды өмір, ақылды басқару жүйесі, ақылды экономика, ақылды қоршаған орта, ақылды ұтқырлық. Екінші жағынан, «Ақылды қаланы» әртүрлі қалалық ішкі жүйелердің объектілері тұрғысынан қарастыруға болады: ақылды инфрақұрылым, ақылды ғимараттар, ақылды көлік құралдары және т.б.

«Ақылды қаланы» құруда адамдардың өмірін жақсартатын технологиялар (білім беру, медицина, қызмет көрсету) ерекше орын алады, сонымен қатар ақылды бола алады. Айта кету керек, қандай технологиялар қолданылса да, экономиканың кез-келген саласындағы процестерді көліксіз ұйымдастыру мүмкін емес. Көлік уақыт өте келе қоғамның қалыптасуы мен дамуына негізгі әсер етеді. Бұл ретте қаланың көлік жүйесін дамыту негізгі мәселелердің бірі болып табылады, өйткені ол жұмыс орындары мен демалыс орындарына қолжетімділікті қамтамасыз етеді. Бұл тұрғыда көлік жүйесі «Ақылды қаланың» негізгі зияткерлік жүйелерінің бірі болып табылады.

«Ақылды қала» тұжырымдамасында көлік жүйесін дамытуды қарастыра отырып, екі негізгі бағытты атап өткен жөн:

- қаланың қолданыстағы жол желісін қазіргі заманғы жағдайларға оңтайландырудан және халықтың қажеттіліктері мен қаланың сәулет-жоспарлау құрылымын ескере отырып, жаңасын жобалаудан тұратын қаланың жолдары желісін жетілдіру;

- соңғы тұтынушыларға үлкен ақпарат мазмұны мен қауіпсіздікті қамтамасыз ететін көлікті басқарудың ақпараттық технологияларды қолдану [4].

Көлік жүйесін жетілдіру - «Ақылды қала» құрудың маңызды кезеңі. Қалалық инфрақұрылым, әдетте, тұрғындардың автокөліктенуінің қазіргі деңгейін және көптеген басқа көрсеткіштерді ескермей салынған және бүгінгі күні ол көлік жүктемесін көтере алмайды. Үлкен өткізу қабілеті қажет болатын қалалық аудандардың көпшілігінде жеткілікті жаңа жолдар салу немесе қайта құру мүмкін емес. Сондай-ақ, жаңа жолдар салу қымбат және қоршаған ортаға зиян келтіруі мүмкін екенін атап өткен жөн.

Жол желісін оңтайландырудың мақсаты сәйкес пункттер арасындағы ең қысқа маршрутты анықтау болып табылады. Жол желісін дамытуды маршрут бойынша қозғалыс уақытын қысқартуға және қаланың көлік жүйесіндегі қаржылық шығындарды барынша азайтуға болатындай етіп жоспарлау қажет.

Ақылды қалалардың міндеттерінің бірі қала тұрғындарына көрсетілетін қызметтердің сапасын арттыру мақсатында қала шаруашылығының ресурстарын басқару үшін ақпараттық және коммуникациялық технологияларды пайдалану болып табылады. Бұл технологияларды пайдалану инфрақұрылымдық және пайдалану шығындарын азайтуға, ресурстарды пайдаланудың тиімділігін арттыруға және тұрғындар мен әкімшілік арасындағы өзара әрекеттесуді жақсартуға мүмкіндік береді [5]. Көбінесе мұндай технологиялар қазіргі заманғы қала өміріндегі басты рөлге байланысты көлік қызметтері саласында қолданылады.

### Пәндік саланы талдау

Ақылды көлік инфрақұрылымын нөлден құру қажет емес. Қала билігінің басты міндеттерінің бірі – өсіп келе жатқан жүктемені ескере отырып, көлік инфрақұрылымының өткізу қабілетінің қорын құруға мүмкіндік беретін технологиялық шешімдерді енгізу. Сонымен бірге, көлік экожүйесінің жаңа элементтерін жаңғырту және құру ғана емес, осыған дейін болған экожүйе элементтерін тиімді пайдалану да маңызды.

Мысалы, американдық Сан-Диего АҚШ-тағы бірнеше шақырымдық кептелісі бар ең проблемалы қалалардың бірі болды, ал қазір ол елдегі ең үлкен қалалық заттар интернеті платформасы орналастырылған ақылды қала. Оның негізін CityIQ датчиктерімен жабдықталған 3500 көше шамдарынан тұратын жарықтандыру жүйесі құрайды. Әрбір осындай шам енді жарқырап қана қоймай, сонымен қатар орнатылған сенсорлардың – камералардың, микрофондардың, динамиктердің және қоршаған орта сенсорларының арқасында қаланы көріп, естиді. Осы деректерге сүйене отырып, автоматты жүйе трафик ағынын басқарады және автотұрақ орындарының жеткіліктілігін бақылайды, көше жарығының қарқындылығын реттейді және ауа сапасын бақылайды. Ресейдің 13 қаласында қолданушыға бос орындары бар көлік тұрақтарының цифрлық картасын ұсынатын мобильді қосымша жұмыс істейді. Картада қалалық көше көлік тұрақтары, муниципалды және ақылы автотұрақтар көрсетілген. Тұрақ ақысын байланыстырылған банк картасымен немесе танымал төлем қызметтерінің көмегімен бірден төлеуге болады. Қалаға арналған қосымшаның құндылығы – бұл тұрақ қозғалысын оңтайлы түрде таратуға мүмкіндік беретіндігінде: яғни, көлік неғұрлым тез тұрақ орнын тапса, соғұрлым ол негізгі көлік ағынына аз уақыт жұмсайды. Осылайша, инфрақұрылымдық жобаларға шығынсыз қаланың жол желісіне жүктеме азаяды.[6]

Қалалық логистиканы басқаруда динамикалық және мультимодальды ақпаратты пайдалану үрдісі байқалуда. Үлкен деректер автомобиль датчиктерінен, бақылау камераларынан, RFID белгілерінен, жол сенсорларынан және теміржол кенептерінен жиналады. Қалалық жол жүйелерінің, транзиттік жүйелердің, веложолдар мен жаяу жүргіншілер аймақтарының жағдайы туралы деректер жолаушылар ағынына, бизнес қажеттіліктеріне, қоршаған орта жағдайларына байланысты көлік ағындарын оңтайландыруға, сондай-ақ жолдардың жағдайын бақылауға қызмет етеді. Мұндай жүйелер басқару мен қызмет көрсетудің кешенді тәсілін, яғни институционалдық кедергілерді жоюды талап етеді.

Жолаушылар ағынын ішінара оңтайландырып, саяхаттың жоғары сапасын сақтау үшін сегменттерде бағдарламалық өнімдер қолданылады:

- Райдшеринг. Жолаушылар санын көбейтпей, көлік құралын бірлесіп пайдаланып, жолдардағы кептелістерді азайтатын жүйе.

- Веложарыс/велосһеринг. Велосипедтерге арналған жол инфрақұрылымының дамуы қала үшін қалалық жалға беру қызметтерінің белсенді қолданылуына әкелді, бұл адамдарды қала ішінде жүру үшін велосипедтерді жиі пайдалануға шақырады.

- Кардшаринг. Жаңа технологиялар компаниялар мен тұтынушыларға көліктерді сағатына/тәулігіне жалға алуға мүмкіндік берді.

- Сұраныс бойынша тасымалдау. Яндекс-такси және индрайвер қарапайым жүргізушілерге пайдаланушы сұраныстары бойынша көліктерін такси ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай қызметтер мобильді және GPS-технологиялармен жабдықталған, олар өз қызметтерінің бәсекеге қабілеттілігін арттырады.

Қоғамдық көлікке арналған интеллектуалды көлік жүйесі мыналарды қамтиды:

- Рейстер мен маршруттардың өтуін бақылауға арналған навигациялық деректер, оқиғаларды тіркеу;

- Көлік кешенін басқару мен бақылаудың сыртқы жүйелерімен интеграция;

- Нақты жолаушылар ағынын есепке алу;

- Жолаушылар тасымалын жүзеге асырудағы жағдайды үздіксіз бақылау;

- Көлік құралдары паркіне қызмет көрсету шығындарын оңтайландыру;

- Көлік құралдарының техникалық жағдайын қашықтықтан бақылау.

Автобустардың аялдама пунктіне келу кестесі туралы нақты уақытта алынатын ақпарат, қолжетімді автокөлік және велопарктар туралы ақпарат жол жүру уақытын қысқартуға және

тұрақ орнын іздеуге мүмкіндігін береді. Ал автоматтандырылған тұрақтар тұрақ кеңістігін тиімді пайдалануға ықпалын тигізеді.

Соңғы жылдары динамикалық көлік жүйесінің моделін құрудың сәтті математикалық және есептеу әдістері жасала бастады. Әлемнің дамыған елдерінде жеткілікті сынақтан өткен динамикалық көлік жүйелеріне арналған бағдарламалық өнімдердің қатарына мыналарды жатқызуға болады: DYNASMART [8], Dynameq [9], AIMSUN [7]. Осы бағдарламаларда жол желісінің модельдерін құру көптеген элементтерді (параметрлерді) қамтитын және көптеген коэффициенттерді калибрлеудің ұзақ процесін қажет ететін өте қиын міндет болып табылады.

2012 жылдан бастап Қазақстанда Нұр-Сұлтан қаласының инфрақұрылымын көлік, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық қызметтерінің сапасын жақсарту, инженерлік желілерді жаңарту, өмір сүру қауіпсіздігін арттыру, әлеуметтік бағдарламалардың жаңа түрлерін іске асыру арқылы жаңғыртуға бағытталған «Ақылды қала» жобасы іске асырылуда.

Тұжырымдама еуропалық «Ақылды қалаларды» дамыту моделіне негізделген. Тұжырымдаманы іске асыру шеңберінде қалалардың қауіпсіздігін қамтамасыз етудің «Тіршілікті кешенді қамтамасыз ету жүйесі» және көлік жүйесін жаңғырту жөніндегі негізгі жобалар айқындалды.

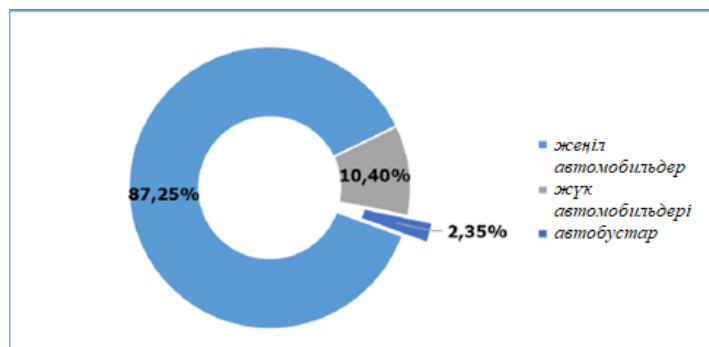
«Интеллектуалды көлік жүйесі»:

- Нұр-Сұлтан қаласындағы «Тіршілікті кешенді қамтамасыз ету жүйесі» (ТҚКЖ) жобасы қалада тұру қауіпсіздігін арттыруға бағытталған. Жобаның негізгі мақсаты қоғамдық тәртіпті қорғау жөніндегі іс-шараларға тартылған құрылымдардың қызметін үйлестіру, қаладағы жедел жағдайдың өзгеруіне ден қоюды жеделдету, сондай-ақ әртүрлі төтенше жағдайлар туындаған кездегі іс-қимылдар үшін қазіргі заманғы құрал жасау болып табылады.

- Нұр-Сұлтан қаласындағы «Интеллектуалды көлік жүйесі» жобасының басты мақсаты-қозғалысты бейімді басқару, қоғамдық көліктің басымдылығы, жол қозғалысының қауіпсіздігі, зиянды шығарындыларды азайту, қозғалыс жылдамдығын арттыру және кептелісті жою.

Қазақстан Республикасында қоғамдық көлік ірі қалаларда жақсы дамыған. Нұр-Сұлтан қаласының және жалпы Қазақстан Республикасының қоғамдық көліктерінің көлік қызметтері нарығына зерттеу жүргізілген болатын. Көптеген қалаларда көлік жүйесі автобустар мен маршруттық таксилерден тұрып, елдегі жалғыз троллейбус желісі Алматы қаласында жұмыс істейді. Бұдан басқа, Павлодар, Теміртау және Өскемен қалаларында трамвай бағыттары жұмыс істейді. Қазақстандағы жалғыз метро жүйесі Алматы қаласында орналасқан.

Жалпы алғанда, елдің қалалары бойынша автомобиль көлігі көліктің ең ұтқыр түрі болып табылады, ол көліктің барлық түрлерімен жолаушылар мен жүктерді тасымалдаудың жалпы көлемінің үлкен пайызын құрайды. Сонымен қатар, қазақстанның жалпы жолаушы мен жүк айналымында автомобиль көлігінің үлесі басым. 2020 жылдың соңындағы – 2021 жылдың басындағы деректер бойынша Қазақстан Республикасында 10,2 млрд. астам автокөлік құралдары, оның ішінде 3,6 млн. жеңіл автомобильдер, 429 мың жүк және арнайы автомобильдер және 34 автовокзал мен 138 автостанцияда қызметін жүзеге асыратын 97 мыңға жуық автобус тіркелген. [10]



Сурет 1 – 2020 жылғы деректер бойынша Қазақстанның Жолаушылар тасымалы нарығындағы түрлі автокөлік түрлерінің арақатынасы, %

Электронды диспетчерлік және билеттерді сату мақсатында заңнамалық деңгейде автобустарды навигациялық жүйе құрылғыларымен жабдықтау нормалары көзделген. Қалалық маршруттарды электрондық диспетчерлеу Астана және Алматы қалаларында, сондай-ақ Ақтөбе, Атырау, Павлодар, Жамбыл, Қарағанды, Солтүстік Қазақстан және Батыс Қазақстан облыстарында, сондай-ақ қалааралық және халықаралық жолаушылар маршруттарында енгізілді.

Соңғы 7 жылда Қазақстандағы көліктердің жалпы саны екі есе өсті [10]. 2006-2013 жылдар аралығында көлік құралдарының саны 2131,9 мыңнан 4200 мың бірлікке дейін өсті. [11]. Қазақстанның ресми автомобиль нарығы 2020 жылғы қаңтар-қазанда 3% - ға өсім көрсетті, бұл 134 мың автокөліктен сәл аз.

### Модельдің сыртқы құрылымын сипаттау

Көлік желісінің математикалық моделі «Ақылды қаланы» жобалау мәселесінің жаңалығы нәтижесінде пайда болды; модельді әзірлеу барысында жүйеде жүретін процестер туралы бастапқы түсініктерді алуға болады. Модельдеу нәтижесінде «Ақылды қала» жүйесіндегі процестерді ұйымдастырудың негізгі принциптері белгіленді. Жол желісінің математикалық моделін құру өте қиын, өйткені модельге енгізілген көптеген параметрлерді ескеру қажет.

Жол желісінің математикалық моделін құру үшін бағдарланған график түрінде ұсынуға болады. Жол желісі бағанының негізгі элементтері түйіндер (жөнелту және келу пункттері) мен түйіндер арасындағы байланысты білдіретін қабырғалар (доғалар) болып табылады. Жол желісін модельдейтін F графигі әрдайым графиктің барлық түйіндері болуы үшін міндетті түрде байланыстырылуы керек. Бұл ретте F бағанының жиектерін сипаттайтын сандарды графиктің түйіндері, уақыты немесе жол жүру құны арасындағы маршруттың ұзақтығы түрінде білдіруге болады. Жол желісінің графигі мынадай элементтерден тұрады (2 сурет):

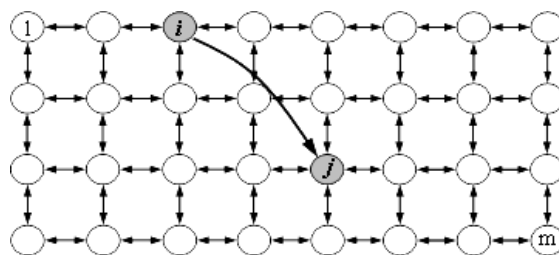
$m$  – F графының тізбектелген нөмірленген түйіндерінің жиынтығы;

$Z$  – F графының ретімен нөмірленген жиектерінің жиынтығы;

$I$  – шығу нүктелері болып табылатын түйіндер;

$i \subseteq m, J$  – келу пункттері болып табылатын түйіндер;

$i \cap j = \emptyset$ ,  $M_{ij} - i \in I$  шығу пункттері мен  $j \in J$  келу пункттері арасындағы көптеген маршруттар жиыны.



Сурет 2 – Түйіндер жиынымен және олардың арасында байланыс бар түйін жұптары жиынымен анықталатын жол желісінің графының моделі.

Бірыңғай көлік жүйелерінің көпшілігі электрондық төлем карталарын енгізуге негізделген. Қоғамдық көліктің жолаушыларын отырғызу/түсіру орындары, басым бағыттар және желілік кептелісі туралы деректерді талдау қала әкімшілігіне Нұр-Сұлтан қаласының көлік инфрақұрылымын дамытудың басым бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді. Қоғамдық көлікті пайдаланушылар үшін қозғалыс қарқындылығы мен қоғамдық көліктің жұмысындағы үзілістер туралы ақпарат бағытты тиімді жоспарлауға пайдалы.

Көлік компаниялары көлік паркіндегі жүктемені икемді жоспарлау үшін көлік аналитикасының өнімдерін пайдаланады.

Нұр-Сұлтан қаласының көлік жүйесі Transcend төлем картасына негізделген және 2011 жылдан бастап жұмыс істей бастады. 2011 жылдың сәуір айында Нұр-Сұлтан қаласы әкімдігінің қаулысымен Нұр-Сұлтан қаласының көлік және жол инфрақұрылымын дамыту басқармасы жанынан «Астана LRT» компаниясы құрылып, 2020 жылғы 26 маусымнан бастап «City Transportation Systems» ЖШС болып өзгертілді.

Бүгінгі таңда «CTS» ЖШС қаланың көлік стратегиясын құрып, қолданыстағы және әлеуетті жобаларды жүзеге асыра отырып, жаңа стандарттар қоюда:

- Интеллектуалды көлік жүйесі (ITS)
- Қоғамдық көлікті диспетчерлеу жүйесі
- Жол қозғалысына қатысушыларға арналған ақпараттық жүйе
- City Bus 1, 2, 3
- Қоғамдық көліктің маршруттық желісін жаңғырту
- Жол ақысын төлеудің электрондық жүйесі
- Ақылы тұрақтар
- School bus (мектеп тасымалдары)
- Нұр-Сұлтан қаласының электрондық көлік моделі

Сонымен қатар, «City Transportation Systems» ЖШС көліктік зерттеулерді, қаланың жол желісін, жолаушылар ағынына талдауды, Нұр-Сұлтан қаласы көлік мамандарының біліктілігін арттыру, «Systra», «Typsa», «Swarco», «EBRD», «Bureau Veritas», «PwC» және т.б. жетекші әлемдік компаниялардың халықаралық консультанттарын тарта отырып сапарлар корреспонденциясын жүргізеді. [12]

Деректерді жинаумен және талдауды Нұр-Сұлтан қаласының көлік басқармасы (City Transportation Systems CTS) айналысады. CTS аналитикалық жүйесі жолаушылардың қозғалысы туралы деректерді өңдеп, қоғамдық көлік жүйесін тұрғындардың қажеттіліктеріне бейімдейді.

Сурет 3 және сурет 4-те жұмыс және демалыс күндері Нұр-Сұлтан қаласы тұрғындарының қозғалысы көрсетілген.

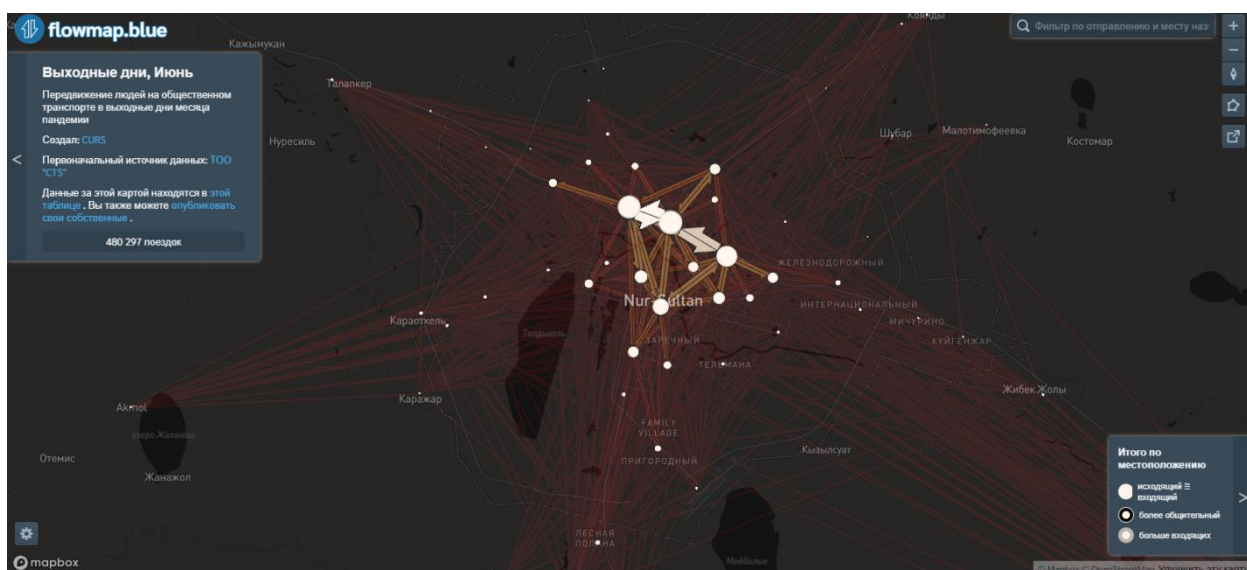
2021 жылғы маусым айындағы жұмыс күндері 3 458 134 сапар жасалған.





Сурет 3– Нұр-Сұлтан қаласы тұрғындарының жұмыс күндері қозғалысы

Демалыс күндері 2021 жылдың маусым айында 480 297 сапар жасалған.



Сурет 4– Нұр-Сұлтан қаласы тұрғындарының демалыс күндері қозғалысы

Бұл практикалық мысалда автобустарда орнатылған GPS навигаторларының деректерін қолдана отырып, қоғамдық көлік жүйесінің қызмет көрсету сапасын есептеу міндеті қарастырылған. Covid-19 пандемиясы кезінде Нұр-Сұлтан қаласы тұрғындарының жұмыс және демалыс күндері қозғалысы. Бұл суреттерде қала тұрғындары жиі баратын белгілі бір нүктелер айқын көрінеді. Негізінен бұл нүктелер қала орталығында шоғырланған.

Деректер әр автобустың белгілі бір уақытта орналасқан жері туралы ақпаратты қамтиды. Бұл ақпарат әр 10-30 секунд сайын жаңартылады. Қоғамдық көлік жүйесі жұмысының тиімділігін анықтау үшін негізгі міндет – тиісті деректерді енгізу, мысалы:

1) әр автобустың қаладағы алдын-ала белгіленген және орындар арасындағы жолға кететін нақты уақыты;

2) кептеліс орындарын анықтау үшін нақты маршруттағы әрбір автобустың кідірісі туралы статистикалық ақпарат.

Аптаның әртүрлі күндерінде, сондай-ақ тәуліктің әртүрлі уақыттарында жолаушылар ағыны мен көлік кептелісі заңдылықтарын анықтау үшін деректер тиісті түрде ұйымдастырылуы тиіс.

Қала тұрғындарының қозғалысы туралы мәліметтерді пайдалана отырып, қалалық көлік бағыттарын реттеуге болады.

Өзірленген жүйе пайдалы болатын кем дегенде екі мақсатты топ бар: жолаушылар мен қала әкімшілігі. Тарихи деректер мен нақты уақыттағы деректерді өңдеу негізінде алынған ақпараттың көмегімен қоғамдық көлік жүйесін пайдаланушы өзінің қозғалысы туралы тиімді шешімдер қабылдай алады (мысалы, белгілі бір автобус бағытын таңдап, басқа автобусқа ауыса алады). Бұл ақпарат ақылды мобильді қосымша немесе сайт арқылы берілуі мүмкін. Қала әкімшілігі үшін мұндай ақпарат автобус бағыттарының ұзақ мерзімді өзгеруін, қозғалыс кестесін, аялдамалардың жағдайын жоспарлау, сондай-ақ нақты проблемалық жағдайларды анықтау үшін пайдалы.

Автобустар орналасу деректерін бұлттық серверге жібереді. Серверде нақты уақытта әртүрлі автобустардың жиналған GPS деректері өңделеді. Есептеу нәтижелері соңғы пайдаланушылардың пайдалануы үшін мобильді қосымшаларға және қала әкімшілігінің пайдалануы үшін мониторингтік қосымшасына жіберіледі.

Алдын ала есептеу кезеңінде жетекші процесс қажет емес ақпаратты сақтайтын жазбаларды (мысалы, зақымдалған GPS деректері) фильтрлеу арқылы деректерді дайындайды. Сонымен қатар, деректер тек пайдаланушы белгілеген уақыт аралығынан жазбаларды қосатындай етіп сүзіледі. Кезеңнің соңында жазбалар автобустың сәйкестендіру нөмірі бойынша сұрыпталады, бұл келесі кезеңнің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Үлестірілген есептеу кезеңінде жетекші процесс алдыңғы кезеңде алынған фильтрленген GPS жазбаларының жиынтығын бөліктерге бөліп, оларды басқарылатын процестер арасында таратады. Әр бөлімде белгілі бір автобус бағытының орналасқан жері мен уақыты туралы жазбалары бар. Осылайша, басқарылатын процестердің тәуелсіздігі қамтамасыз етіледі және бұл есептеу өнімділігін арттырады. Әрбір басқарылатын процесс маршруттағы әрбір белгіленген орындар арасындағы жолға кететін уақытты есептейді. Жинақтау қадамында есептеу нәтижелері пайдаланушыға берілетін қызмет сапасының статистикасын анықтау үшін қолданылып, нәтижелер автобус бағыттары бойынша және белгіленген орындар бойынша сұрыпталады. Кезеңнің соңында әрбір басқарылатын процесс нәтижелерді топтастырып, қолданушыға қорытынды нәтижені шығаратын жетекші процеске нәтижелерді қайтарады [13].

Эксперименттік бағалау Astana Innovation АҚ ұсынған Cluster RING бұлтты инфрақұрылымы негізінде жүргізілді.

Эксперименттік талдау үшін Нұр-Сұлтан қаласындағы Astana Innovation АҚ компаниясы ұсынған нақты деректер пайдаланылды.

Зерттеу формальды-логикалық және аналитикалық зерттеу әдістерін қамтитын жалпы ғылыми талдау әдістеріне негізделген. Зерттеудің тұжырымдалған міндеттері аясында мәселені шешу үшін қолданылатын әдістер осы мәселенің эмпирикалық даму заңдылықтарымен анықталды және мыналарды қамтиды: модельдеу әдісі, графикалық әдіс, статистикалық әдіс, таратылған әдіс. Осыған сүйене отырып, зерттеуде қолданылатын әдістер Smart City-де зияткерлік көлік жүйесінің деректерін имитациялық модельдеу процесін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.



## Қорытынды

Қорытындылай келе, «Ақылды қала» тұжырымдамасына көшу жағдайында тұрақты көлік жүйесін құру «Пайдаланушы-көлік құралы-жол қозғалысы-көлік инфрақұрылымы – басқару технологиялары және қауіпсіздік» жүйесі түрінде қарастырылуы керек деп айта аламыз. Осы жүйе шеңберінде қаралатын құбылыстарды физикалық талдауға математикалық модельдер арқылы көшу жүзеге асырылатын көлік құбылыстарының (жүйелерінің) инженерлік сипаттамасын қарау қажет. Бұл тәсіл көлік ағындарын жедел басқару функцияларын орындауға бағытталған ITS негізіндегі басқару жүйелерін сипаттауға да қолданылады. Covid-19 пандемиясы кезінде жұмыс және демалыс күндері Нұр-Сұлтан қаласы тұрғындарының қозғалысы туралы деректерді қарап, тұрғындардың жаппай қозғалу нүктелерінде маршрутта белгілі бір көлік қозғалысы маршрутын және автобустар санын салуға болады.

Ақылды қалалық көлікті бақылау, талдау және басқару үшін цифрлық технологиялар ірі қалалардан алдымен орташа, содан кейін шағын қалаларға тез таралады. Көлік жүйесін жаңғырту қала тұрғындарымен үлкен ағартушылық жұмыстарымен қатар жүруі тиіс. Адамдар үшін инновацияның өмір сапасын қалай арттыратынын білу өте маңызды, өйткені бұл бізге қажет басты себеп.

## Әдебиеттер тізімі

1. Архипов О.П. Пути создания автоматизированной системы управления инновационным «Умным городом» // Информационные системы и технологии. – 2011. – Т. 68. – № 6. – С. 85–94.
2. Сапир Ж. От регионоведения к «Умным городам»: интеллектуальное наследие и возможные проблемы // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 25–40.
3. Славин О.А. Разработка методологии создания логико-математической модели движения транспорта на этапе создания концепции Умного города // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2013. – Т. 63. – № 3. – С. 31–41.
4. Черний Ю.С. Разработка концепции экспертной системы для оптимизации направления «Умный транспорт» на примере Новосибирска // Творчество и современность. Сетевое издание. – 2018. – №3(7). [Электрон. ресурс] - URL: <http://www.nsktvs.ru/node/177>. (дата обращения: 01.05.2021).
5. Deakin M., & Al Waer H. From intelligent to smart cities // Intelligent Buildings International. – 2011. - Vol. 3. - № 3. - P. 140-152.
6. ООО "Гротек" – ведущий российский издательский дом. [Электрон. ресурс] - URL: <https://www.secuteck.ru/articles/umnyj-transport-kak-chast-ehkosistemy-tehnologij-umnogo-goroda> (дата обращения: 01.05.2021).
7. Barcelo J. Dynamic Network Simulation with AIMSUN // Simulation Approaches in Transportation Analysis. – 2005. – P. 57–98. [Электрон. ресурс] - URL: [https://www.researchgate.net/publication/225945073\\_Dynamic\\_network\\_simulation\\_with\\_AIMSUN](https://www.researchgate.net/publication/225945073_Dynamic_network_simulation_with_AIMSUN). (дата обращения: 01.05.2021). doi: 10.1007/0-387-24109-4\_3.
8. Florian M. Application of a simulation-based dynamic traffic assignment model // Simulation Approaches in Transportation Analysis: Recent Advances and Challenges. New York. – 2005. – P. 1–22.
9. Mahmassani H.S. Dynamic network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications // Networks and Spatial Economics. – 2001. – Vol. 1. - № 3/4. – P. 267–292.

10. Данные Департамента статистики города Алматы. [Электрон. ресурс] - URL: <http://rus.almaty.gorstat.kz/transport> (дата обращения: 01.05.2021)
11. Проект ГЭФ/ПРООН Устойчивый транспорт г. Алматы. [www.unecse.org](http://www.unecse.org) Исследование инвестиционной привлекательности Казахстана. [Электрон. ресурс] - URL: [www.eu.com/attractiveness](http://www.eu.com/attractiveness). -2014 (дата обращения: 01.05.2021)
12. Astana transport card. [Электрон. ресурс] - URL: <https://transcard.kz/ru/about-us/> (дата обращения: 01.05.2021).
13. Институт системного программирования Российской академии наук. г.Москва, 2016. [Электрон. ресурс] - URL: <https://www.ispras.ru/upload/uf/5a8/5a8c0a25c3ee111da8e5846bc9355652.pdf> (дата обращения: 01.05.2021)

Ж.Б. Ахаева<sup>1</sup>, Г.Т. Мерзудинова<sup>2</sup>, В.А.Жмудь<sup>3</sup>, А.Б.Закирова<sup>2</sup>, Т.К.Жукабаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Международный университет Астана, Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup>Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

### Процесс обработки больших данных в модели интеллектуальной транспортной системы «умного города»

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс применения анализа больших данных для решения задач анализа движения дорожного транспорта в Умном городе Нур-Султан. Обосновывается актуальность модели интеллектуальной системы развития транспортной системы мегаполиса. Выполняется обзор современных подходов в области развития и интеллектуализации транспортных систем. На логико-алгоритмическом языке осуществляется формальная разработка системы. Описывается ее внешняя и внутренняя структура. Предложенное решение базируется на модели параллельных вычислений Flowmap.blue. Анализируются два экспериментальных случая: оценка качества общественного транспорта на основе анализа истории местоположения автобусов, и оценка мобильности пассажиров при помощи анализа истории покупок билетов с транспортных карт в будние дни и в выходной день. Оба эксперимента используют реальную базу данных системы общественного транспорта в городе Нур-Султан Республика Казахстан.

**Ключевые слова:** транспортная система мегаполиса, интеллектуализация, интеллектуальная система развития, управление, умный город, большие данные.

Zh.B. Akhayeveva<sup>1</sup>, G.T. Merzadinova<sup>2</sup>, V.A.Zhmud<sup>3</sup>, A.B.Zakirova<sup>2</sup>, T.K.Zhukabaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Astana International University, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

### The process of processing Big data in the model of an intelligent transport system of a Smart city

**Abstract.** The article discusses the process of applying big data analysis to solve the problems of traffic analysis in the Smart city of Nur-Sultan. There is substantiated relevance of the model of the intellectual system of development of the transport system of the metropolis.

There is carried out review of modern approaches in the field of development and intellectualization of transport systems. The formal development of the system is carried out in a logical-algorithmic language. The article describes its external and internal structure. The proposed solution is based on the Flowmap.blue parallel computing model. There are analyzed two experimental cases such as assessment of the quality of public transport based on the analysis of the history of the location of buses, and assessment of passenger mobility by analyzing the history of ticket purchases from transport cards on weekdays and weekends. Both experiments use a real database of the public transport system in the city of Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** megalopolis transport system, intellectualization, intelligent development system, management, smart city, big data.

### References

1. Arkhipov O.P. Puti sozdaniya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya innovatsionnym «Umnym gorodom», *Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Ways to create an automated control system for an innovative "Smart City", *Information systems and technologies*], 6(68), 85–94 (2011). [in Russian]
2. Sapir Zh. Ot regionovedeniya k «Umnym gorodam»: intellektual'noe nasledie i vozmozhnye problem, *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [From regional studies to "smart cities": intellectual heritage and possible problems, *Economic and social changes: facts, trends, forecast*], 3(11), 25–40 (2018). [in Russian]
3. Slavin O.A. Razrabotka metodologii sozdaniya logiko-matematicheskoy modeli dvizheniya transporta na etape sozdaniya kontseptsii Umnogo goroda, *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiyskoy akademii nauk* [Development of a methodology for creating a logical-mathematical model of traffic at the stage of creating the concept of a Smart City, *Proceedings of the Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences*], 3(63), 31–41 (2013). [in Russian]
4. Cherniy Yu.S. Razrabotka kontseptsii ekspertnoy sistemy dlya optimizatsii napravleniya «Umnyy transport» na primere Novosibirska, *Tvorchestvo i sovremennost'. Setevoe izdanie* [Development of the concept of an expert system for optimizing the direction "Smart transport" on the example of Novosibirsk, *Tvorchestvo i sovremennost'. Online edition*], 3(7), 2018. [Electronic resource] - Available at: <http://www.nsktvs.ru/node/177>. (Accessed: 01.05.2021).
5. Deakin M., & Al Waer H. From intelligent to smart cities, *Intelligent Buildings International*, 3(3), 140-152 (2011).
6. ООО "Grotek" – vedushchiy rossiyskiy izdatel'skiy dom. [Electronic resource] - Available at: <https://www.secuteck.ru/articles/umnyj-transport-kak-chast-ehkosistemy-tekhnologij-umnogo-goroda> (Accessed: 01.05.2021).
7. Barcelo J. Dynamic Network Simulation with AIMSUN, *Simulation Approaches in Transportation Analysis*, 57–98 (2005). [Electronic resource] - Available at: [https://www.researchgate.net/publication/225945073\\_Dynamic\\_network\\_simulation\\_with\\_AIMSUN](https://www.researchgate.net/publication/225945073_Dynamic_network_simulation_with_AIMSUN). (Accessed: 01.05.2021). doi: 10.1007/0-387-24109-4\_3.
8. Florian M. Application of a simulation-based dynamic traffic assignment model, *Simulation Approaches in Transportation Analysis: Recent Advances and Challenges*, New York, 1–22 (2005).
9. Mahmassani H.S. Dynamic network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications, *Networks and Spatial Economics*, 1(3/4), 267–292 (2001).
10. Dannye Departamenta statistiki goroda Almaty [Data from the Department of Statistics of the city of Almaty]. [Electronic resource] - Available at: <http://rus.almaty.gorstat.kz/transport> (Accessed: 01.05.2021)

11. Proekt GEF/PROON Ustoychivyy transport g. Almaty. www.unece.org Issledovanie investitsionnoy privlekatel'nosti Kazakhstana [GEF/PROON Almaty Sustainable Transport Project. www.unece.org Investment Attractiveness Study of Kazakhstan]. [Electronic resource] - Available at: www.ey.com/attractiveness. -2014 (Accessed: 01.05.2021)

12. Astana transport card. [Electronic resource] - Available at: <https://transcard.kz/ru/about-us/> (Accessed: 01.05.2021).

13. Institut sistemnogo programmirovaniya Rossiyskoy akademii nauk. g.Moskva, 2016 [Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2016]. [Electronic resource] - Available at: <https://www.ispras.ru/upload/uf/5a8/5a8c0a25c3ee111da8e5846bc9355652.pdf> (Accessed: 01.05.2021)

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Ахаева Ж. Б.** – Астана Халықаралық университетінің 2 курс докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Мерзудинова Г.Т.** - техника ғылымдарының докторы, коммерцияландыру және интернационалдандыру жөніндегі проректор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Жмудь В. А.** – техника ғылымдарының докторы, Новосибирск мемлекеттік техникалық университетінің профессоры, Новосибирск, Ресей

**Закирова А.Б.** – педагогика ғылымдарының кандидаты, Информатика кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Жукабаева Т.К.** - PhD докторы, Ақпараттық жүйелер кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Akhayeva Zh.B.** – The 2<sup>nd</sup> year Ph.D. student, Astana International University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

**Merzadinova G.T.** - Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Science, Commercialization and Internationalization Education L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Zhmud V.A.** - Doctor of Technical Sciences, Professor of Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

**Zakirova A.B.** - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Zhukabayeva T.K.** - PhD, Associate Professor of the Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan