

**А.Т.Ахмедиярованың 6D070300-Ақпараттық жүйелер мамандығы  
бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін ұсынылған «S-  
гипержелілер теориясын қолданып мегаполис көлік жүйелерін  
математикалық модельдеу» диссертациялық жұмысына  
АҢДАТПА**

**Тақырыптың өзектілігі.** Ірі қала тіршілігі мен жұмысын қамтамасыз ету үшін, қаланың кез келген бөлігіне тауар- және адам-ағымдарын уақытында жеткізуді қамтамасыз ете алатын, күрделі дамыған көлік жүйесі қажет. Қазіргі заманауи қалаларда халық санының артуы мен оның автомобильдену деңгейінің көтерілуі сияқты қайтымсыз беталыстар байқалуда. Сонымен бірге автожолдардың жиынтық ұзындығының өсу қарқыны автопарктың өсу қарқынынан едәуір артта қалып отыр.

Қазақстан Республикасының «Нұрлы жол» инфрақұрылымдық дамуының мемлекеттік бағдарламасының міндеттерінің бірі Қазақстанның заманауи көліктік инфрақұрылымын қалыптастыру, сондай-ақ оның халықаралық көлік жүйесіне интеграциялануын қамтамасыз ету болып табылады. Мемлекет басшысы Нұрсұлтан Назарбаевтың анықтамасына сәйкес, «көліктік инфрақұрылым - бұл біздің индустриалдық экономикамыздың қоғамдағы айналым жүйесі».

Қазақстан автомобильдену деңгейі бойынша Орталық Азияның сөзсіз көшбасшысы болып табылады. ХХІ ғасырдың басында біздің елімізде миллион жеңіл көлік болған, ал қазір бұл сан төрт есеге дейін көтерілген. Экономисттердің көзқарастары бойынша автомобильдер мөлшері адамдардың әл-ауқат деңгейімен тікелей байланысты. 2018 жылғы 1 қаңтардағы санақ бойынша Қазақстан Республикасында тіркелген автокөліктердің саны 3 851 600 бірлікті құрады (stat.gov.kz). Автомобильдер санының өсу қарқыны халықтың өсу қарқынынан озып отыр. Қазіргі уақытта Қазақстанда жүз адамға 21,4 автомобильден келеді (салыстыру үшін: Өзбекстанда 100 адамға 6,7 жеңіл көліктен келеді). Осы көрсеткіш бойынша Қазақстан Бразилия мен Оманның ортасында орналасқан. Ал әлемдік көшбасшылар Монако мен АҚШ болып табылады, мұнда әрбір азаматта автомобиль бар.

Техас көлік институты жыл сайын қалалардың көлік мәселелеріне арналған баяндама жасайды. Көлік магистральдарындағы жүктелім жоғары күйзелістік деңгейге жақындауда. Зерттеушілердің бағалауы бойынша Штаттар тұрғындары жылына 5,5 млрд сағат жол кептелістерінде өткізетін болады. Уақыт шығыны мен артық жанармай ақысы 121 млрд долларды құрайды (елдің 0,85% ЖІӨ). Әрбір америкалық жүргізуші көлік кептелістерінің кесірінен жылына 38 сағат жеке уақыты мен 86 литр бензин жоғалтады, ал бұл 818 долларды құрайды. Бұл көрсеткішке, ақша баламасы түрінде көрсету қиынға соғатын, артық автомобиль амортизациясы, денсаулыққа зияны (физикалық және психикалық) және экологиялық зақымы қосылмаған.

Алматы қаласында 467 мың бірлік көлік тіркелген, сонымен қатар, Алматы облысында ресми түрде 300 мыңға жуық көлік бар. Алматыда күн сайын 700 мыңға жуық көлік сағатына 19 км/сағ орташа жылдамдықпен жүреді. Мысалы,

халық саны Алматы қаласына жуық Будапешт пен Варшава қалаларындағы автокөліктердің қозғалыс жылдамдығы 1,5 есе жылдам. Сарапшылардың бағалауы бойынша, Алматы экономикасының кептелістерден күнделікті шығыны 600 млн. теңгеден асады.

Ресми түрде Алматы қаласында 1801713 адам тұрады (1 қаңтар 2018 жылғы мәлімет). Күнделікті олардың үштен екі бөлігі жұмысқа, оқуға және кері қарай автобустармен, өз көліктерімен, таксимен барады. Барлығын қоса есептегенде 90 миллиард теңге немесе жартымиллиард доллардан көбірек жұмсалады.

Алматы әкімдігінің ақпараты бойынша Алматыдағы атмосфералық ауаның сапасы өте төмен. Ауа ластануының көрсеткіші көптеген жылдар бойы төтенше жағдайдың критерийіне сәйкес келетін 10 бірліктен асады. Түтін қаланың көп бөлігін қамтиды, ал осы түтіннің 90% -ы көліктен келетін зиян.

Статистика бойынша жыл сайын Алматы қаласының автопаркі 40-60 мың автомобильге артып отырады. 3-4 жылдың ішінде қаладағы автомобильдер кептелісте бір сағат емес, екі-үш сағат тұруы мүмкін.

Заманауи қаланың автокөлік ағымдарын зерттеу мен модельдеу өте маңызды мәселелердің бірі. Бірнеше академиялық журналдар тек автомобиль қозғалысының динамикасына арналған. Олар: Transportation Research, Transportation Science, Mathematical Computer Simulation, Operation Research, Automatica, Physical Review E, Physical Reports және т.б.

Көлік ағымдарын (КА) басқарудың түрлі әдістерін жасау мен тиімділігін зерттеу мәселелерін келесі ғалымдар қарастырған: Д. Дрю, Т. Хамада, В. Сильянов, Ф. Хейт, В.А.Черепанов, М.С.Фишельсон, В.В.Зырянов, Г. И. Клинковштейн, И.Н.Пугачев, В.Т.Капитанов, М.П.Печерский, М.В.Яшина, Л.С.Абрамов және т.б.

Көлік ағымдары теориясы бойынша әдебиет көздеріне талдау жасалды (Сильянов В.В., Дрю Д., Лобанов Е.М., Фишельсон М.С., Черепанов В.А., Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б., Трибунский В.М., Буслаев А.П., Приходько В.М., Таташев А.Г., Новиков А.В., Яшина М.В., В.В.Яворский, А.Н.Хамитов және т.б.), бұдан көлік инфрақұрылымын басқару тиімділігін арттыру есептерінде жүйелік байланыстарды зерттеу мен есепке алу жоғары мәнге ие болуда деген қорытындыға келеміз.

Жүйелік талдау объектісі ретіндегі көлік инфрақұрылымының көпқырлылығы оның күрделілігін анықтайтын сипаттама болып табылады. Интеллектуалды көлік жүйесінің гетерогендік ішкі жүйелерінің қызметтік, институционалды және ақпараттық интеграция мәселелерінің шешімі, дәлме-дәл модельдерді құруға және олардың негізінде көлік инфрақұрылымын басқару есептерінің барлық түрін шешуге арналған жан-жақты білімдерді алуға, жинақтауға және пайдалануға мүмкіндік беретін әдістер мен құралдардың тапшылығына байланысты тоқтап тұр.

Байланыстың математикалық моделі, күрделі жүйелердің құрылымдық моделі мен әдістері, S-гипержелілер теориясының қайсыбір аспектілері мен қалалық көлік жүйелерін модельдеу В.К.Попков еңбектерінде қарастырылған.

«Ғаламдық технологиялар» ЖШС компаниясы Қазақстан Республикасы аумағында 2002 жылы 15 қарашада құрылған. Ол ақпараттық технологиялар саласында өзіндік зерттеулер жүргізетін, ақпараттық жүйелер саласында талдаулар жасайтын, жаңа жоғары технологиялық өнімдерді енгізетін және қызмет көрсететін жетекші табысты және тұрақты дамып отыратын отандық компаниялардың үлгісі болып табылады. Компанияның «Көлік ағымдарын бақылау автоматтандырылған жүйесі» өнімі келесі мәселелерді шешуге арналған:

- жол қадағалау орны арқылы өтетін көлік құралдарын тіркеу үшін автоматтандырылған деректер қорын қалыптастыру;
- жол қадағалау орындарын автоматтандырылған режимде басқару;
- жол қадағалау орындарынан өткен көлік құралдарына қатысты деректерді талдау және есеп берулерді қалыптастыру.

Ақпаратты өңдеудің құралы ретінде паттерн негізінде көлік жүйелерін объектілі-бағдарланған талдау мен жобалаудың әдіснамалық және құрал-саймандық жабдықталуы болуы мүмкін. Объектілі-бағдарланған жобалау эксперимент барысында алынатын жаңа мәліметтер есебінен зерттеу объектісі туралы білімдерді түзететін және толықтыратын модельдерде ақпаратты өңдеу үдерісінің түрленгіштігін және автоматтандырылған эволюциялық зерттеу технологияларын табиғи сүйемелдеуін қамтамасыз етеді. S-гипержелілер теориясын пайдаланатын жаңашыл ақпаратты өңдеу технологияларының арқасында жаңа мүмкіндіктер ашылады.

Сонымен, S-гипержелілер теориясын қолданып қаланың көлік жүйелерін математикалық модельдеу өзекті ғылыми мәселе болып табылады.

**Жұмыстың мақсаты.** Жұмыстың мақсаты S-гипержелілер теориясын қолданып қаланың көлік жүйелерін математикалық модельдеу болып табылады.

Зерттеудің негізгі нәтижесі ретінде, S-гипержелілер теориясын қолданып бақылау, модельдеу, болжау және оңтайландыру кибер-физикалық жүйелерін пайдаланып, кешенді шешімдерді құру негізінде қаланың көлік ағымын басқару жылдамдығын арттыру мүмкіндігі қарастырылады.

#### **Зерттеу міндеттері:**

1 Мегаполистің көлік жүйелерін басқару әдістері, модельдері мен есептеріне талдау жасау, оның элементтерінің интеграция принциптерін қалыптастыру, мегаполистің көлік жүйелерінің есептерін жүйелендіру және құрылымдық моделін анықтау.

2 Көше қиылыстарындағы көлік қозғалыстарын модельдеу мен басқару әдістеріне зерттеулер жүргізу және көлік инфрақұрылымын басқару логикасын дұрыс жүзеге асыратын математикалық модельдерді құру.

3 Көлік инфрақұрылымы жағдайына бейімделетін бағдарларды эксперттік құрылымдау мен зерттеуге арналған сәйкестендірілген негіз құру.

4 Жол қозғалысын ұйымдастыру сипаттамаларын жақсартуға арналған шешім қабылдауды модельдеу мен сүйемелдеудің пәндік-бағдарланған ортасын құру үшін ұсынылып отырған синтез технологиясын қолдану.

5 Алынған теориялық нәтижелерді әдістеме, алгоритм және қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз ету түрінде мекемелер мен оқу үдерісінде жүзеге асыру және ендіру.

**Зерттеу объектілері.** Диссертациялық жұмыстың зерттеу объектісі көше-жол желісін, жол қозғалысы мен көлік ағымдарын ұйымдастырудың техникалық құралдарынан тұратын, қаланың көлік инфрақұрылымын басқару жүйесі табылады.

**Зерттеу пәні мен әдістері.** Жұмыстың әдіснамалық негізі ретінде жүйелік талдау, көлік ағымдарын басқару әдістері, графтар теориясы, S-гипержелілер теориялары пайдаланылған.

#### **Ғылыми жаңалығы**

1 S-гипержелілер теориясына сүйенетін, зерттелетін объектілердің динамикалық құрылымын модельдеудің жаңа тәсіліне негізделген, жол қозғалысын ұйымдастыру сипаттамаларын жақсартуға бағытталған, көлік қозғалысын модельдеу мен басқару әдістерінің теориялық базасы құрылған.

2 Компоненттерінің әртектілігін ескере отырып көлік инфрақұрылымын құрылымдық-қызметтік ұйымдастыру мәселелерін кешенді шешуді қамтамасыз ететін, мегаполистің көлік жүйелерінің математикалық моделі құрылған.

3 Көлік инфрақұрылымы жағдайына динамикалық бейімделуге мүмкіндік беретін S-гипержелілер теориясын қолдануға негізделген көлік бағдарларын құрудың жаңа әдісі ұсынылған.

4 Берілген аумақта орнатылған камералар санын барынша азайтуға мүмкіндік беретін алгоритм мен бағдарлама ұсынылған.

5 Көлік жолайрығының түрін анықтау үшін В.К.Попков әдісі қолданылған.

#### **Қорғауға шығарылатын қағидалар**

- мегаполистегі көлік қозғалысын модельдеу мен басқарудың жаңа әдістері;
- жол қиылысындағы көлік қозғалысын модельдеу мен басқару әдісі;
- мегаполистегі көлік ағымдарын басқарудың математикалық модельдері.

#### **Диссертацияға қойылатын талаптарға сай ғылыми нәтижелер**

Кіріспеде таңдаған диссертация тақырыбының өзектілігі негізделген, зерттеу объектілері мен субъектілері анықталған, диссертацияның мақсаты тұжырымдалған; қойылған мақсатқа жету үшін жұмыс барысында тағайындалған және шешімін табуы қажет міндеттер атап өтілген, жұмыстың практикалық құндылығы және оның элементтерінің жаңалығы ашылған.

Бірінші бөлімде мегаполистің инфрақұрылымы, көліктің негізгі түрлері үшін S-гипержелі түрінде математикалық модельдеу талданған. S-гипержелілер теориясы көптеген желілік құрылымды жүйелер үшін, сонымен қатар табиғаты әртүрлі күрделі жүйелердің желі аралық құрылымдық өзара байланысын талдау үшін қолдануға болатындығы анықталған және көрсетілген. S-гипержеліде маршруттар мен метрикалардың математикалық тұжырымы берілген, ол арнайы тұрғызылған граф, орграф, гиперграф және ультраграф үшін белгілі әдістердің көмегімен алшақтық пен қашықтықты есептеуге мүмкіндік береді.

Екінші бөлімде бағдаршаммен басқару кезінде анық емес логиканы пайдаланып жолайрығы мен жолайрығы блогын модельдеу қарастырылған. Бағдаршам нысандарында жеделдету бағдаршамы арқылы көлік ағымын басқару әдістері талданған. Жүргізілген талдаулар негізінде жеделдету бағдаршамын қолданудың тиімділіктері айқындалған. Жолайрығының әрбір түрі үшін математикалық модель тұрғызылған. Берілген жол торабын автокөлікпен жүріп өту уақытын және шығынды неғұрлым азайтатын тиімді жолайрығын тұрғызу алгоритмі ұсынылған.

Үшінші бөлімде көлік ағымы имитациялық моделінің және басқарушы көлік жүйесінің тұжырымдамасы құрылған. Имитациялық модельдеу шеңберінде ағымдарды жол-көліктік желі аумағында модельдеу жүзеге асырылған және көліктің тек бір бағытта қозғалуының тиімділігі айқындалған. Жол-көліктік желі аумағының өткізу қабілетін есептеу мысалдары келтірілген. Бағдаршамның жұмыс тәртібіне өзгерістер енгізіп, осы бағыттың қапталындағы қосымша кептелістерді жоюға арналған алгоритм құрылған. Бағдарлау алгоритмі мен кестесі құрылған және тиімділік принципі тұжырымдалған. Бағдарлаудың математикалық есебі бағытталмаған графта ең қысқа жолды табуға келтіріледі. Нақты электр көлігі желісін неғұрлым толық бейнелейтін математикалық модель және берілген уақыт аралығында екі бекет арасындағы қысқа жолды табу алгоритмі құрылған.

Қорытынды бөлімде диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері мен зерттеу нәтижелерін практикалық қолданысқа енгізу туралы ақпарат берілген.

### **Зерттеу нәтижелерінің апробациясы**

Зерттеудің негізгі қағидалары мен нәтижелері келесілерде баяндалған: «Күрделі жүйелерді оңтайландыру мәселелері» атты Сегізінші халықаралық азиялық мектеп-семинар, (Омбы қ., 2012); Қазақстан Республикасы тәуелсіздігінің 20-жылдығына арналған, «Ақпараттық-инновациялық технологиялар, ғылым, білім мен бизнес интеграциясы» атты II Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (ҚазҰТУ, 2012); «Есептеу және қолданбалы математиканың өзекті мәселелері» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Новосибирск, 2014); «Инновациялық ғылым және қазіргі қоғам» атты V Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (г.Уфа, 2015); «Қазіргі кездегі жаратылыстану және математикалық ғылымдар» XXVII халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Новосибирск, 2015); «International Conference on Information Science and Management Engineering» (Пхукет, Таиланд, 20-21 желтоқсан, 2015), «Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар: білім, ғылым, тәжірибе» атты II Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Алматы, К.Сатпаев атындағы ҚазҰТУ, 3-4 желтоқсан, 2015 жыл); «Қазақстан жолы-2050: Бір мақсат, бір мүдде, бір болашақ» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Алматы қ., Каспий университеті, 17-18.03.2016 ж.)№

Диссертация Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің "Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты" математикалық кибернетика және есептеуіш технологиялар лабораториясында жасалған.

**Басылымдар.** Диссертация тақырыбы бойынша 30 жұмыс жарияланған, оның 8 – ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда жарияланған, 1 мақала Scopus мәліметтер қорына кіретін басылымда жарияланған, 1 мақала Thomson Reuters мәліметтер қорына кіретін басылымда жарияланған, 15 мақала халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция жинақтарында жарияланған.

**Диссертация құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан, библиографиялық тізімнен және қосымшадан тұрады, негізгі мәтін 134 парақты құрайды (85 сурет, 15 кесте). Библиографиялық тізім 75 әдебиетті қамтиды.