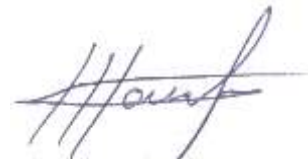


**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ**

**Логистика және көлік академиясы АҚ**

ӘОК 622.276

Қолжазба құқығында



**ЖАМАНБАЕВ БАУРЖАН УАЛИХАНОВИЧ**

**«Тараз қаласындағы жолаушылар көлігінің маршруттық  
желілерін оңтайландыру»**

6D090100 – «Тасымалдауды, қозғалысты ұйымдастыру және көлік  
пайдалану»

Философия докторы (PhD) дәрежесін  
алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесші  
техника ғылымдарының  
докторы, профессор,  
Бекжанова С.Е.

Шетелдік ғылыми кеңесші  
техника ғылымдарының  
докторы, профессор,  
Вуйчик В.

Қазақстан Республикасы  
Алматы, 2023

## МАЗМҰНЫ

<b>НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР</b>	4
<b>АНЫҚТАМАЛАР</b>	5
<b>БЕЛГІЛЕР, ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ</b>	6
<b>КІРІСПЕ</b>	7
<b>1 ТАРАЗ ҚАЛАСЫНЫҢ ҚАЛАЛЫҚ ЖОЛАУШЫЛАР КӨЛІГІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫН ЖӘНЕ ҰЙЫМДАСТЫРУЫН ТАЛДАУ</b>	11
1.1 Тараз қаласының қалалық жолаушылар көлігінің қазіргі жай- күйін априорлық зерттеу нәтижелері	11
1.2 Жолаушы көлік маршруттарында халыққа қызмет көрсету сапасын талдау	17
1.3 Қаладағы қоғамдық көлік аялдамалардың орналасу тиімділігі	20
1.4 Қалаларда жолаушылар тасымалын ұйымдастыру мен басқарудың қолданыстағы әдістерін талдау	29
1.5 Тарау бойынша тұжырымдама	34
<b>2 ҚАЛАЛЫҚ ЖОЛАУШЫЛАР КӨЛІГІНІҢ МАРШРУТТЫҚ ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУДЫҢ НЕГІЗГІ ҒЫЛЫМИ ТЕОРИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІ</b>	35
2.1 Қаладағы қоғамдық көлік жүйесін ұйымдастырудың негіздері	35
2.2 Қала тұрғындарының есептік жылжығыштығын болжау	47
2.3 Қоғамдық көлікке сұраныс пен ұсынысты модельдеу	51
2.4 Қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін оңтайландыру	62
2.5 Тарау бойынша тұжырымдама	74
<b>3 ТАРАЗ ҚАЛАЛЫҚ МАРШРУТТЫҚ ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН АЛГОРИТМІН ӘЗІРЛЕУ</b>	75
3.1 Тараз қаласындағы қоғамдық көлік аялдамаларының орналасуын теориялық және эксперименттік негіздеу	75
3.2 Жолаушылардың қалауларына сәйкес қоғамдық көлік желісін таңдауын зерттеу	91
3.3 Құмырсқалар колонияларының классикалық алгоритмі	100
3.4 Мультиколониялық құмырсқалар жүйесінің әдісін жасау	104
3.5 Тарау бойынша тұжырымдама	109
<b>4 ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕР ЖӘНЕ ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН ЭКОНОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ</b>	110
4.1 Маршрутты оңтайландыру әдістемесінің теориялық негіздері	110
4.2 Жолаушылардың жылжу маршруттарын таңдау	115
4.3 Тараз қаласы мысалында практикалық мәселелерді шешу	119
4.4 Қалалық жолаушыларды тасымалдау тарифтерінің экономикалық-математикалық моделі	123

4.5 Жаңа маршруттық желіні енгізудің экономикалық тиімділігін анықтау	125
4.6 Тарау бойынша тұжырымдама	127
<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b>	128
<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ</b>	130
<b>ҚОСЫМША А</b> Тараз қаласының маршруттық желісінің негізгі көрсеткіштері	136
<b>ҚОСЫМША Б</b> Аялдама бойынша жолаушы болжамы	137
<b>ҚОСЫМША В</b> Аралық арасындағы аялдамалар саны	138
<b>ҚОСЫМША Г</b> Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін оқу үрдісіне енгізу кесімі	140
<b>ҚОСЫМША Д</b> Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін өндіріске қабылдау туралы енгізу актісі	141
<b>ҚОСЫМША Е</b> Құмырсқа алгоритміне негізделген маршрутты отайландыру бағдарламасының бастапқы мәтіні	143

## **НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**

Ұсынылып отырған диссертацияда келесі құжаттар мен стандарттарға сілтемелер пайдаланылған:

ҚР БЖҒМ 2011 жылғы 31 наурыздағы № 127 Бұйрығымен бекітілген Дәрежелерді беру қағидалары.

МЕСТ 7.32-2017 Ақпарат бойынша стандарттар жүйесі, кітапханалық және баспалық жұмыс. Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп. Безендіру құрылымы мен ережелері;

МЕСТ 7.9-95 (ИСО 214 -76) Ақпарат бойынша стандарттар жүйесі, кітапханалық және баспалық жұмыс. Реферат және аннотация. Жалпы міндеттер.

МЕСТ 8.417-2002 Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесі. Шама бірліктері

ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 Қала құрылысы. қалалық және ауылдық елді мекендерді жоспарлау және құрылысын салу.

ҚР ЕЖ 3.03-101-2013 Автомобиль жолдары.

РИ-АЛТ-36 Рабочая инструкция «Положение о диссертационном совете»

РИ-АЛТ-67 «Порядок оформления и написания докторской диссертации»

## АНЫҚТАМАЛАР

**Жолаушы** – тасымалдаушымен ауызша немесе жазбаша нысанда тасымалдау шартын жасасқан жеке тұлға;

**Жолаушы ағыны** – бұл көлік торабының белгілі бір бөлігіндегі жолаушылардың қозғалысы.

**Жолаушыларды тасымалдау үдерісі** – бұл билет сату және жолаушыларды жасақтау, жолаушыларды көлікке отырғызу және түсіру, сондай-ақ көлік құралын беру операцияларын қамтитын жолаушылардың жылжу үдерісі.

**Жолаушы тасымалдаудың технологиясы** – бұл көліктік қызмет көрсетудің, тасымалдау үдерісін ұйымдастыру мен жүзеге асыру әдістерінің және жылжымалы құрам мен линиялық ғимараттарды пайдалану түрлерінің жиынтығы.

**Маршрут** – бұл тағайындалған және тасымалдауды ұйымдастыру үдерісінде үйлестірілген автобустың, шағын автобустың, троллейбустың белгіленген бастапқы және соңғы пункттер аралығындағы жолаушы тасымалдау құралының жүретін жолы.

**Рейс** – маршруттың бастапқы пунктінен соңғы пунктіне дейінгі автобустың, шағын автобустың, троллейбустың жолы;

**Көлік** – бұл экономиканың барлық салалары мен тұрғындардың жүктер мен жолаушылар тасымалдауларындағы қажеттілігін қанағаттандыратын шаруашылық қызмет түрі.

**Автобус** (француздың autos – өзі және латынша (omni)bus, яғни баршаға арналған деген сөзінен шыққан) — жүргізушімен қоса есептегенде 9 және одан да көп адамды алып жүруге арналған, қорабы вагон түріндегі автокөлік.

Аялдама – жолаушыларды отырғызу, түсіру және көлік құралдарын күту үшін жабдықталған тұрақты тасымалдау бағыты бойынша қоғамдық көліктің тоқтау орны. Жолаушыларды қонуға және түсіруге арналған (автобус, троллейбус, трамвай, маршруттық такси).

**PTV Visum** – қалалардың, мегаполистердің, елдер мен өңірлердің көлік жүйелерін дамыту бойынша ұсынылған шешімдерді бағалайтын математикалық көлік модельдерін жасауға мүмкіндік беретін қолданбалы бағдарлама.

**MATLAB** – техникалық есептеу мәселелерін шешуге арналған қолданбалы бағдарламалар пакеті

**Корреспонденция** – деп кездеспелі және (немесе) қайталамалы қозғалуларға ие болған екі пункттің арасындағы орнықты көліктік байланыстарды айтады.

**Тұрғындардың жылжығыштығы** - жылына бір тұрғынға шаққандағы қозғалыстардың орташа саны ретінде есептелетін статистикалық көрсеткіш. Көліктік жылжығыштығы тек көліктің көмегімен жасалған қозғалыстарды ескереді.

## БЕЛГІЛЕР, ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

ҚР	–	Қазақстан Республикасы;
АКК	–	автокөлік кәсіпорын
ҚЖК	–	қалалық жолаушы көлігі
ЖҚ	–	жылжымалы құралы
КҚ	–	көлік құралы
КЖТ	–	көше жол торабы
МЖ	–	маршруттық жүйе
АО	–	аялдама орны
ЖШС	–	жауапкершілігі шектеулі серіктестік
ЭЕМ	–	электрондық есептеуіш машина
ГАЗ	–	геоақпараттық жүйе
ЖКО	–	жол-көлік оқиғасы
ҚазККА	–	Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы
ЖӨӨ	–	жалпы өңірлік өнім
ХКЖ	–	Халықтың көліктік жылжығыштығы
ПАЗ	–	Павлов автомобиль зауыты;
ЖҚЕ	–	жол қозғалысының ережесі;
АКК	–	автокөлік кәсіпорыны;
ЭЕМ	–	электронды есептеу машинасы;
ҚЖ	–	құмырсқалар жүйесі
ҚКО	–	құмырсқалар колонияларын оңтайландыру
$T_{жылжу}$	–	жылжуға жұмсалған уақыт, мин
$E_{өнім}$	–	еңбек өнімділігі
$D_{AB}$	–	жолаушы ағынының тығыздығы, жолаушы/км
$Z_{ij}$	–	корреспонденция матрицасы, яғни $i$ және $j$ аялдамасы арасында өткен жолаушылар саны, жолаушы
$t_1$	–	жаяу жүргіншілердің аялдамаға келу уақыты, с
$t_2$	–	жолаушының көліктегі сапар уақыты, с
$W$	–	сәйкестік коэффициенті
$p_{x,i}^k(t)$	–	$t$ итерациясында $i$ шыңын таңдау $x$ колониясына жататын $k$ тобындағы қалыпты ықтималдықпен құмырсқа шешімі
$q_{орта}$	–	жылжымалы құрамдардың шартты сыйымдылығы
$S_{жолаушы}$	–	жолаушы тасымалдаудың өзіндік құны
$L_{м.л}$	–	жылжымалы құрамның жалпы жүрісі
$\mathcal{E}_{тиім}$	–	экономикалық тиімділік

## КІРІСПЕ

**Зерттеудің өзектілігі.** Еліміздің экономикасы және әлеуметтік әл ауқат көрсеткіштері бойынша дамыған елдердің деңгейіне шығу қалалық жолаушылар көлігі жүйесін ұйымдастыруға жаңа талаптар қояды. Халықтың көлік қызметтеріне деген қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қажетті жағдайлар жасау қала билігінің маңызды міндеті болып табылады. Өңір экономикасын одан әрі дамыту міндеттерін шешу кезінде мемлекеттік және жергілікті билік органдары үшін қалалық жолаушылар көлігі болып табылатын әлеуметтік маңызы бар сектордың тиімді жұмысы ерекше маңызға ие болып отыр.

Қазіргі кезеңдегі қалалық жолаушы тасымалдауды басқаруда ақпараттық жүйелерді қолдану қажеттігі туып отыр. Өйткені қалалар жоғары қарқынмен өсуде, көшеде жылжымалы құрамның саны күрт артуда, жаңа маршруттар жасақтау және т. б. мәселелер туындауда. Осының нәтижесінде шұғыл шешім қабылдау үшін есепке алынатын және талданатын ақпараттардың көлемі айтарлықтай артуда. Бұл ақпараттар көлемін арнайы бағдарламалар мен компьютер жәрдемінде ғана өңдеуге болады. Компьютерлік технологиясыз қалалық жолаушы тасымалдаудың одан әрі дамуы мүмкін емес [1].

Көлік инфрақұрылымын қалыптастыру және дамыту міндеттерін шешу қаланың техникалық даму көрсеткіштеріне, кәсіпорындар мен халық қажеттіліктерінің өсуіне, ресурстық мүмкіндіктерге байланысты көптеген факторларды ескеруді талап етеді. Ресурстық шектеулердің уақытша динамикасын ескере отырып, шешілетін міндеттер мен көлік-жол ресурстарына қажеттіліктердің динамикасымен бірге қалалық және аймақтық деңгейде негізгі көлік байланыстарын жетілдіру үдерістерін оңтайландыруға мүмкіндік беретін ғылыми негізделген тәсілді тұжырымдаудың объективті қажеттілігіне әкеледі.

Аталған мәселелерді әзірлеу және зерттеу тиімділігін әр түрлі тарихи кезеңдерде, олардың даму заңдылықтары негізінде жинақталған тәжірибелерге сүйене отырып, ғылыми және әдіснамалық жұмыстар орындалған. Бірақ отандық қалалық жолаушылар тасымалдау желілерін басқа мемлекеттің, тіпті басқа қалалардың қолданыстағы ұтымды жүйелерімен желілерін көшірме ретінде пайдалануға болмайды. Өйткені әрбір қаланың орналасуымен тұрғындарының менталитеті, қозғалыс қажеттіліктерімен ағымдары бір-біріне сәйкес келмейді, сондықтан кез-келген қаланың өзінің ерекшеліктеріне сәйкес жоспарлауды және ұйымдастыруды қажет етеді.

Қорыта айтқанда жалпы қалалардың көлік жүйелерінің дамуы мен жұмыс істеуінің теориялық-әдістемелік негіздерін жетілдіру және қалалардың жол желілері бойынша көлік ағындарының үздіксіз және қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз ету, қалалық көлікпен тасымалдаудың барлық түрлерінде көлік шығындарын азайту бүгінгі таңдағы ең өзекті мәселелердің бірі екені айқын.

**Жұмыстың мақсаты** қала тұрғындарының қажеттіліктерін толық, уақтылы және сапалы қанағаттандыру мақсатында қоғамдық жолаушылар көлік желілерін оңтайландыру болып табылады.

**Зерттеу міндеттері:**

– Тараз қаласы бойынша жолаушылар көлік жүйесінің қазіргі кездегі жағдайын, яғни сандық-сапалық көрсеткіштері тұрғысынан талдап белгілеу;

– қалалық көлік жүйесінде тиімді желілерді құрудың заманауи ғылыми теориялық негіздеудің ірге тасын зерттеу;

– қоғамдық көлік аялдамаларының орналасу орындарын анықтау әдісін зерттеу және әзірлеу;

– қоғамдық көлік жүйесінде мультиколониялық құмырсқа әдісі негізінде жолаушылардың оңтайлы жүру маршруттарының алгоритмін әзірлеу және қолданбалы бағдарлама көмегімен шешу әдісін әзірлеу;

– Тараз қаласының қоғамдық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін оңтайландырудың эксперименттік зерттеуді мен тиімділігін бағалауды жүргізу.

**Зерттеу әдістері.** Зерттеу әдістері ретінде есептеу математикасы, жүйелік талдау, графикалық теориялар, ықтималдықтар теориясы, математикалық статистика және жасанды интеллект технологиялары, сондай-ақ компьютерлік және эксперименталды модельдеу әдістері қолданылады.

**Зерттеу объектілері.** Тараз қаласындағы қоғамдық көлік желілері, аялдамалар, жолаушылар және көрсетілетін қызметтер сапасы болып табылады.

**Зерттеудің теориялық-әдіснамалық негіздері.** Зерттеу жаңа ғылыми-әдістемелік тәсілдерді қалыптастыру және жолаушылар тасымалын ұйымдастыру саласындағы отандық және шетелдік ғалымдардың көптеген еңбектері негізінде ұсыныстарды ғылыми дәлелдеу арқылы жүргізілді.

**Ғылыми жаңалығы:**

– маршруттық желілерді және аялдамалардың орналасуын талдауға мүмкіндік беретін Тараз қаласының көлік байланыстарының графикалық-аналитикалық моделі жасалды;

– қалалық көлік жүйесіндегі барлық қатысушылардың мүдделерін ескеретін қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін оңтайландыру критерийі ұсынылды;

– маршруттық желілерді оңтайландыру бойынша шешімдерді қабылдаудың тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін қоғамдық көлік аялдамаларының орналасқан жерін анықтау әдісі әзірленді;

– жалпыланған оңтайландыру шешімін табуға бірнеше колониялар өзара әрекеттесетін мультиколониялық құмырсқалық жүйе әдісі ұсынылды;

– қалалық жолаушылар көлік жүйесінің қарама-қайшы мүдделерін ескеруге мүмкіндік беретін қалалық жолаушылар көлік жүйесін оңтайландырудың моделі әзірленді.

**Зерттеу нәтижелері** қолданбалы сипатқа ие және басқару ұйымдары қалалардың автокөлік жүйелерін дамытудың кешенді бағдарламаларын жасау



кезінде қолдана алады. Осы мақсатта ұсынылған авторлық куәлікпен заңдастырылған әдістемелер: «Жолаушылардың қоғамдық көлік желісін таңдау тәсілі», «Өлшемдер теориясы негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі», «Қалалық жолаушыларды тасымалдау тарифтерінің экономикалық-математикалық моделі».

**Жұмысты іске асыру.** Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін Тараз қаласының әкімшілігі қалалық жолаушылар қоғамдық көлігі жүйесін дамыту кезінде өндіріске енгізді, сонымен қатар Тараз қаласының жолаушылар көлігін дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған бағдарламасын әзірлеу кезінде қолданды.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясында ғылыми-техникалық конференцияларында (2019-2021 ж. ж.), «Көлік құралдары мен жүйелерінің прогресі» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында, «Көлік құралдарының сапасы мен пайдалану проблемалары» халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында, «Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікті пайдалану» кафедрасының ғылыми семинарында, «Көлік техникасы және технология» кафедраның отырысында баяндалды, талқыланды және мақұлданды.

**Жарияланымдар.** Диссертациялық жұмыстың тақырыбына сәйкес 5 мақала басып шығарылған, ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің ғылым және жоғарғы білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынылған басылымдарда: «Логистика және көлік академия» баспасы «Қазақ көлік және коммуникациялар академия хабаршысы» журналында 3 мақала. «Scopus» ақпараттық базаларына құрамына кіретін халықаралық рецензияланған ғылыми журналдардағы 2 мақала жарияланды.

**Жұмыстың құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, мазмұннан, 4 негізгі тараудан, қорытындыдан, қосымшалардан құралған. Жұмыстың мазмұны 135 беттен, 38 суреттен, 28 кестеден, 91 әдебиет тізімінен тұрады.

Кіріспеде диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі негізделді, зерттеу мақсаты, міндеттері, әдістері мен объектісі тұжырымдалды, ғылыми жаңалығы сипатталды, алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы көрсетілді.

Бірінші тарауда қалалық жолаушылар көлігін дамытудың басымдықтары, қалалық көліктің жұмысын ұйымдастырудағы қалалық маршруттық желінің көрсеткіштерін бағалау мәселелері қарастырылған. Ғылыми жұмыстардың көптеген авторларының тәжірибесіне сүйене отырып, ұтымды және маршруттық желіні модельдеу мәселелеріне талдау жасалған. КҚ маршруттарын оңтайландыру міндеттерінің кеңейтілген жіктемесі және жолаушылар ағынын тексерудің қолданыстағы әдістері келтірілген. Қолданыстағы жолаушылар ағындарына, маршруттық желілерге шолу және талдау және маршруттардағы автобустардың жұмысын ұйымдастыру, Тараз қаласының мысалында қалалық жолаушылар көлігін ұйымдастырудың

ерекшеліктері мен даму перспективалары анықталған, сондай-ақ диссертациялық зерттеудің міндеттері негізделген.

Екінші тарауда жұмысшылардың еңбек өнімділігі, еңбек қозғалысына жұмсалған уақытқа байланысты зерттеулермен нақтыланды. Халықтың көлік қозғалыс шамасының болжамын сызықтық типті тәуелділікті пайдалану арқылы, соңғы 13 жыл ішінде қалада жолаушылар көлігімен тасымалданған халықтың көлік қозғалысы үшін регрессия теңдеуі жасалған. Автобус аялдамалары іргелес аудандармен байланысты қамтамасыз ету үшін тиімті түрде орналастыру мәселелері қарастырылған.

Үшінші тарауда априорлық ақпарат негізінде факторлардың априорлық рейтингі жасалды және өлшемдер теориясын қолдана отырып, ұсынылған математикалық модель екі кезеңде қарастырылды: жаяу жүргіншілердің аялдамаға дейін қозғалысы және жолаушының транзиттік аялдамаға дейін жүруі. Қоғамдық көлік жүйесінде автобус желісін таңдау кезінде жолаушылардың қалауын бағалау әдістемесі әзірленген. Ұсынылған тәсіл логикалық математикалық аппаратқа негізделген және жолаушылардың қалауын анықтайтын тиістілік функцияларын есептеу үшін сауалнама деректерін пайдаланады. Құмырсқа алгоритмінің модификациясы оны көлік маршруттау мәселесін шешу құралы ретінде қолдану үшін зерттелді. Нәтижесінде оңтайландыру мәселелерін шешу үшін жасанды интеллекттің жаңа әдісі, көп колониялық құмырсқалар жүйесі ұсынылды және жасалды.

Төртінші тарауда жаңа көп колониялық құмырсқа алгоритмінің эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері ұсынылған. Қойылған міндеттерге сәйкес мақсатты функцияларға зерттеулер жүргізілді, зерттеулер нәтижесінде олардың алынған шешімдерге әсері анықталды. Жұмыста ұсынылған іс-шараларды өндіріске енгізу халыққа көліктік қызмет көрсету шығындарын едәуір қысқарту резервтерін бағалауға мүмкіндік береді. Орындалған есептеулерді қолданудың экономикалық тиімділігі бұрынғы және оңтайлы сұлбада қалалық жолаушы көлік паркін пайдалану нәтижелерін салыстыру арқылы анықталады және қажетті көлік құралдарының санын азайту арқылы қол жеткізіледі.

Қорытындыда жұмыстың негізгі нәтижелері келтірілген және сипатталған, тиісті тұжырымдар жасалған.

# 1 ТАРАЗ ҚАЛАСЫНЫҢ ҚАЛАЛЫҚ ЖОЛАУШЫЛАР КӨЛІГІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫН ЖӘНЕ ҰЙЫМДАСТЫРУЫН ТАЛДАУ

## 1.1 Тараз қаласының қалалық жолаушылар көлігінің қазіргі жай-күйін априорлық зерттеу нәтижелері

Қаланың жоспары, жоспарлау шешімдері, қаланың келешектегі дамуы және қалалық жолаушы тасымалдау көлігі кешенді түрде қарастырылуы қажет. Жекеменшік автокөліктердің қозғалыс қарқындылығын, қоғамдық тасымалдау көлігінің қозғалысына кедергі жасамайтындай етіп ескеру де өте маңызды. Дегенмен, қоғамның, басқарудың және саясаттың мүдделерін бір нүктеде түйісетіндей етіп, қала құрылысының тарихи ерекшеліктерін де ескеру керек [2].

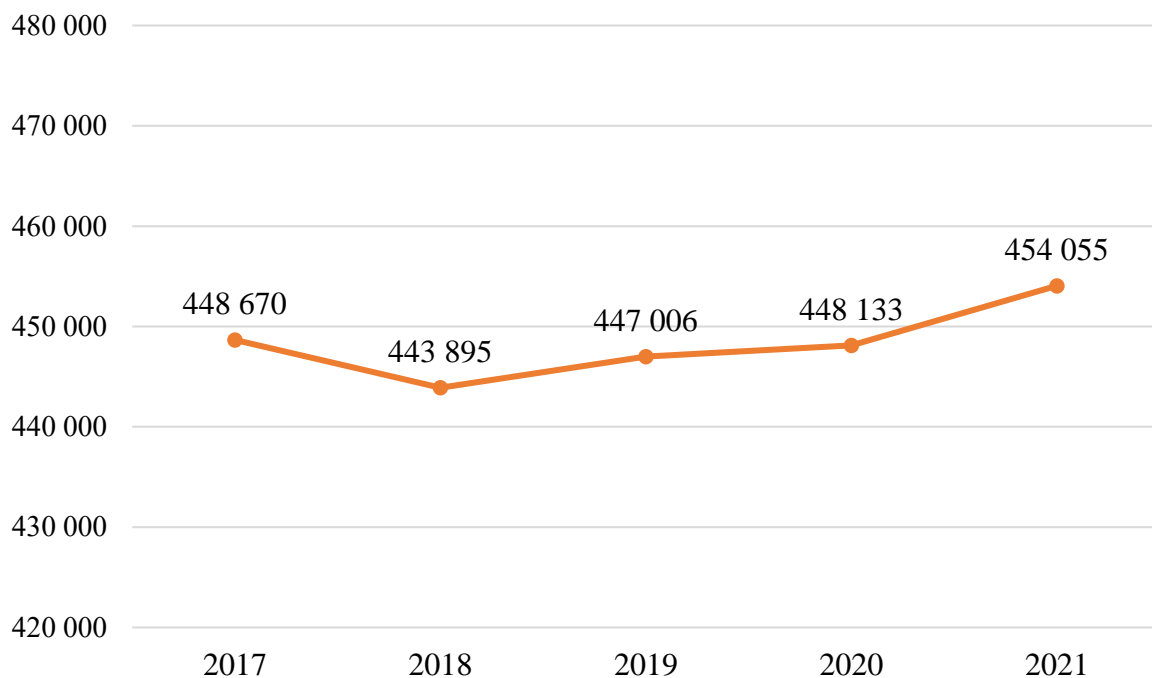
Тараз қаласы – Қазақстандағы ең көне қала, ол Жамбыл облысының оңтүстігінде, Қырғызстанмен шекаралас жерде, Талас өзенінің бойында орналасқан әкімшілік орталық. Тараз Қазақстанның ірі автомобиль және теміржол магистральдарының қиылысындағы маңызды қала болып табылады: қаланың халықаралық әуежайы, теміржол станциясы, автовокзалдары бар. Климаттық жағдайы – қатал континенттік.

Жергілікті атқарушы органдардың қолдау хаттары мен Жамбыл облысы жұртшылығының тілектерін ескере отырып, Қазақстан Республикасы Үкіметінің жанындағы Мемлекеттік ономастика комиссиясының қорытындысы негізінде 1997 жылдың 8-қаңтарында Қазақстан Республикасы Президентінің Жарлығымен Жамбыл қаласына оның ежелгі тарихи Тараз атауы қайта берілді [3].

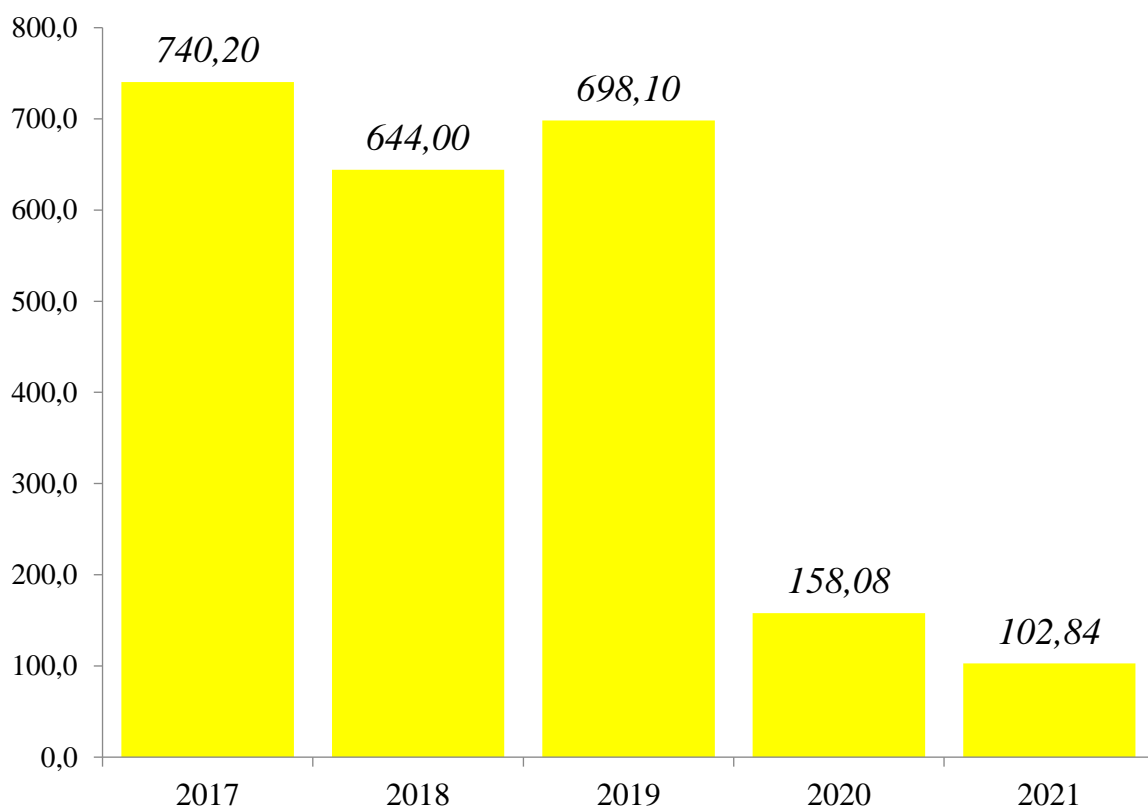
ҚР Статистика комитетінің 2022 жылғы деректері бойынша [4] Тараз қаласының тұрғындар саны 460,1 мың адамды құрады (1.1-сурет), яғни, Алматы, Астана, Шымкент, Қарағанды және Ақтөбеден кейінгі республиканың ірі қалаларының бірі ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 [5] болып табылады. 2013 жылмен салыстырғанда Тараз қаласында халық санының өсуі 2022 жылы 7,7%-ті құрады. Қала маңындағы елді мекендерді қосу халық өсімінің негізі болып табылады, сонымен қатар «Астана» (12) және «Бәйтерек» (13) шағын аудандары, «Арай», «Барысхан», «Бурыл-А-Б» және т. б. тұрғын алаптары салынды. Егер 2005 жылы Тараз қаласының ауданы 110 км<sup>2</sup> болса, ағымдағы 2022 жылы 199 км<sup>2</sup> ге жетті және негізінен жазық орналасқан. Халықтың орташа тығыздығы 1 шаршы шақырымға 1866 адамнан келеді. Қала тұрғындары санының артуы сөзсіз қалалық көлік қызметін пайдаланатын жолаушылар санының және жеке көлік иелері санының көбеюіне әкеледі.

2021 жылы Тараз қаласында жолаушылар тасымалы 644 млн. жолаушыны құрады [6,7], яғни 2003 жылмен салыстырғанда бұл көрсеткіш 2 есеге артты. Қалалық жолаушылар көлігінің дамуын талдау нәтижелері жолаушылар ағынының жалпы динамикасының артқанын көрсетті. 15 жыл ішінде тасымалданған жолаушылар көлемінің өзгеру сипаты 1.2-суретте көрсетілген.

Тараздағы троллейбус жүйесі 1979 жылы пайда болды. 1991 жылы қалалық автобус парктері жекешелендірілді. Қалада 10 бағыт бойынша жүретін 76 дана ЗиУ-682 троллейбусы болды. 2013 жылдан бастап Қалалық электр көлігінің жұмысы тоқтады. Бүгінгі таңда Тараз қаласындағы қалалық жолаушылар көлігінің жалғыз түрі бар, ол – автомобиль көлігі.



Сурет 1.1 – Тараз қаласындағы халық санының өзгеруі



Сурет 1.2 – Тараз қаласында жолаушы тасымалдау динамикасы

Бүгінде Таразда 37 қалалық автобус және шағын автобус маршруттары бойынша жолаушылар тасымалдаумен 11 автотасымалдаушы кәсіпорын айналысады («№1 Тараз автобус паркі» ЖШС, «ТаразПассТранс» ЖШС, «ӘулиеатаТрансПасс» ЖШС, «Саяхат-99» ЖШС, «Саят» ЖШС, «Экспресс-05» ЖШС, «ДамРус» ЖШС, «ТаразТрансМоторс» ЖШС, «Мерей-2002» ЖШС, «СапарТранс-2012» ЖШС, «МД-Транс» ЖШС.) Резервтегілерін қоса алғанда, автобустардың жалпы саны 650 бірлікті құрайды, қазіргі уақытта автобустардың 50%-ті ескірген (орташа жасы 10 жылдан асады). Маршруттарға қалалық маршруттарда жолаушыларды тасымалдауды үлкен қаржылық пайдасы бар бизнес деп санайтын жеке тасымалдаушылар қызмет көрсетеді. Көбірек пайда табуды көздеген тасымалдаушы жолаушыларды тасымалдау үшін тозу дәрежесі жоғары, ескірген үлгідегі, сыйымдылығы аз автобустарды да көптеп пайдаланады. Тасымалдаушылардың көпшілігінде дайындықты дұрыс ұйымдастыруға және дайындық үдерісін толықтай және сапалы жүзеге асыруға мүмкіндігі жете бермейтін, ескірген, өнімділігі төмен өндірістік-техникалық базалары бар. Қалалық жолаушылар көлігі жүйесіне көлік құралдары паркін жаңғырту қажет, бұл жолаушыларға қызмет көрсету сапасын арттыруға және көлік жүйесі жұмысының экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді. Жаңа автобустар үлкен сыйымдылыққа ие, бұл әсіресе қала тұрғындарының көлікпен жылжу белсенділігі жоғары кезде маңызды. Сондай-ақ, автобус паркін қатаң экологиялық талаптарға жауап беретін жаңа модельдермен ауыстыру олардан шығатын зиянды заттардың деңгейін төмендетуге мүмкіндік беретінін атап өткен жөн.

Жеке автобустардан тұратын қалалық жолаушылар көлігінің қалалық маршруттық желісінің жай-күйін бағалау және қалалық маршруттық желінің сипаттамаларын анықтау үшін қаланың маршруттық сұлбасы жасалды.

Жолаушылар тасымалын ұйымдастыруда қажетті ақпараттың көзі қаланың көлік желісі болып табылады. Маршруттық желінің көрсеткіштерін және қала тұрғындарын жолаушылар көлігімен қамтамасыз етуді анықтау үшін Тараз қаласының маршруттарының сипаттамалары зерттелді.

Тараз қаласының жалпы пайдаланымдағы автомобиль жолдарының желісі 996 км құрайды, оның ішінде: қатты жабынмен жабылғаны – 731,9 км, қиыршық таспен жабылғаны – 264,1 км (1.3-сурет).

Автобус маршруты желісінің негізгі параметрлері 1.1-кестеде келтірілген. Толық мәлімет А қосымшасында келтірілген

Кесте 1.1 – Тараз қ. маршруттық желісінің негізгі параметрлері

Маршруттық желінің көрсеткіштері	Өлшем бірлігі	Мәні
Қала аумағының ауданы	км <sup>2</sup>	187,0
Жалпы пайдаланудағы көлік құралдары жүретін көшелердің ұзындығы	км	282,7
Желі бағыттарының жиынтық ұзындығы	км	828,2
Қаланың барлық көшелерінің жиынтық ұзындығы	км	996,0

Тараз қаласының қалалық көлігінің қалыптасқан маршруттық желісін бағалау үшін мынадай негізгі көрсеткіштер қолданылады:

- көлік желісінің тығыздығы;
- желінің қамту коэффициенті;
- маршруттық коэффициент;
- маршруттардың түзу сызықты еместік коэффициенті.

Көлік желісінің тығыздығы – қала көлігі желілерінің ұзындығының құрылыс салынған аумақ ауданына қатынасы, км/км<sup>2</sup>:

$$\sigma = \frac{L_{\text{кж}}}{S}, \text{ км/км}^2 \quad (1.1)$$

мұндағы  $L_{\text{кж}}$  – көлік желісінің ұзындығы, км;

$S$  – құрылыс салынған аумақтың ауданы, км<sup>2</sup>.

Д.С. Самойлов көлік желісінің орташа өлшенген тығыздығын қаланың көлеміне байланысты қабылдауды ұсынады (кесте 1.2).

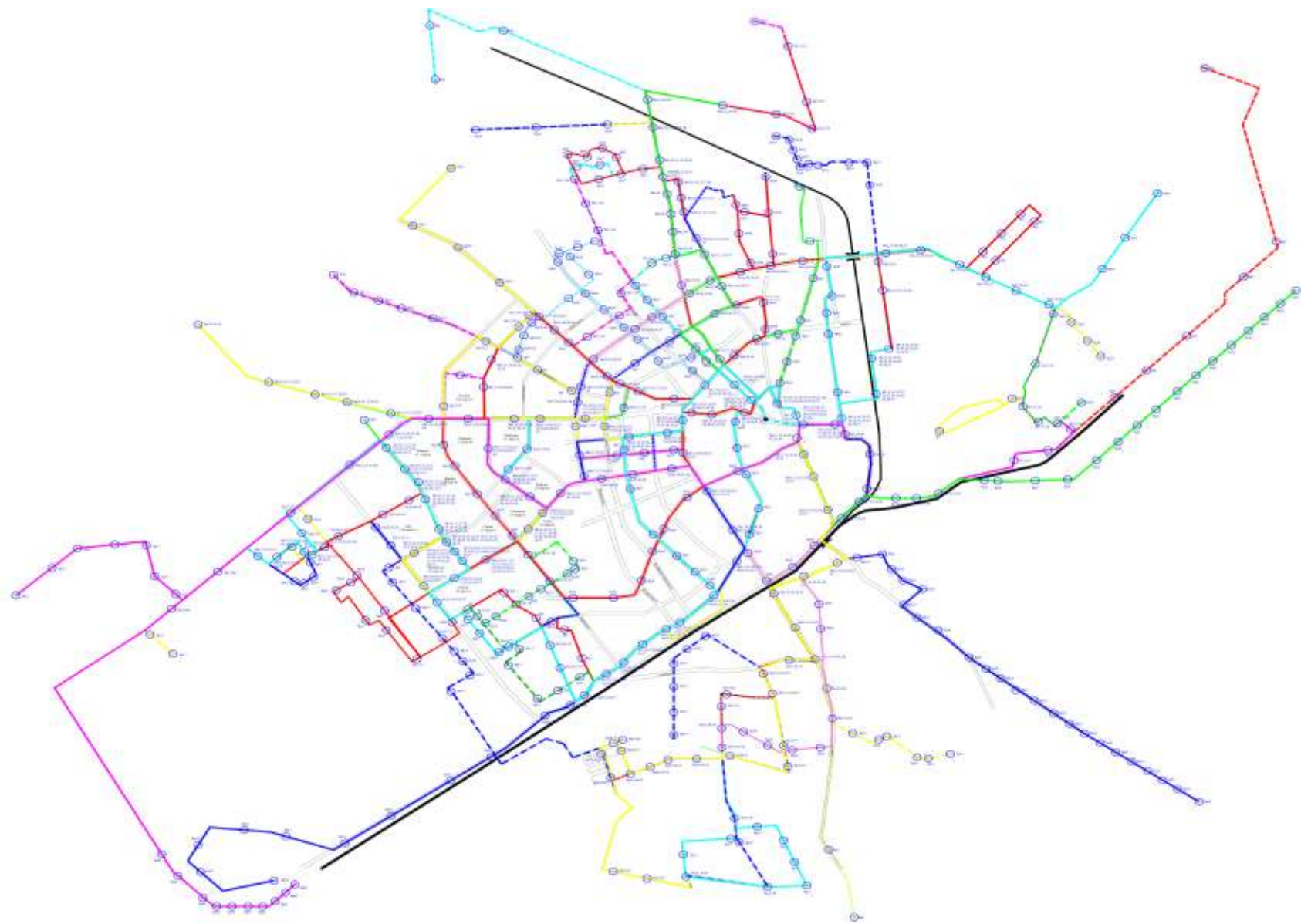
Кесте 1.2 – Көлік желісі тығыздығының ұсынылатын мәндері (Д.С. Самойлов бойынша)

Тұрғындар саны, мың адам	500–1000	250–500	100–250	50–100
Көлік желісінің оңтайлы тығыздығы, км/км <sup>2</sup>	2,3–2,6	2,0–2,3	1,7–2,0	1,4–1,6

Тұрғындар саны 250-500 мың адам болатын қалаларда ұсынылатын маршруттық желінің тығыздығы 2...2,5 км/км<sup>2</sup> шегінде болуы тиіс. Маршруттық желінің тығыздығы неғұрлым жоғары болса, тұрғындар қажетті аялдамаға жақындауға соғұрлым аз уақыт жұмсайды. Тараз қаласында қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық қозғалысы ұйымдастырылған көше-жол желісінің жалпы ұзындығы 828,2 км құрайды. Сондай-ақ, қала аумағының едәуір бөлігі жолаушылар көлігінің аялдама пункттері тұрғындардан үлкен қашықтықта орналасқан және жолаушы оған жету үшін көп уақыт жұмсауға тура келеді. Көлік желілерін тығыздығы бойынша жіктейтін болсақ Тараз қаласы 1,50...1,90 арасындағы орташа тығыздық дәрежесі бар қалаға жатады [7].

Желінің қамту коэффициенті деп маршруттық желіге қаланың қанша көшесі қосылғанын көрсететін шаманы айтады. Оның сан мәнін төмендегі өрнектен анықтайды:

$$k_0 = \frac{L_{\text{кж}}}{\sum_{i=1}^n L_{\text{көш.}i}}, \text{ км/км} \quad (1.2)$$



Сурет 1.3 – Тараз қаласындағы маршруттар желісі

Желінің қамту коэффициенті 0,28 құрады, бұл қала көшелері жолдарының тек 28%-ті желіге қамтылғанын көрсетеді.

Маршруттық желінің тармақталуы. Маршруттар санының тармақталу дәрежесі мен жеткіліктілігін бағалау маршруттық коэффициент болып табылады, оның мәні маршруттық желі ұзындығының көліктік желі ұзындығына қатынасымен анықталады:

$$k_m = \frac{\sum_{i=1}^n L_{m,i}}{L_{кж}}, \text{ км/км} \quad (1.3)$$

мұндағы:  $L_m$  – маршруттық желінің ұзындығы, км;  
 $L_{кж}$  – көліктік желінің ұзындығы, км.

Тараз қаласының маршруттық коэффициентінің мәні 2,93 құрады. Көлемі неғұрлым үлкен болған қаланың немесе аймақтың аумағы да соғұрлым үлкен болады. [7] зерттеулеріне сәйкес нашар дамыған желілер үшін  $k_m = 1,2...1,4$  км/км, ал тығыздығы жеткілікті желілер үшін –  $k_m = 2...4$  км/км және одан жоғары болады.

Негізінен барлық қалалық және қала маңындағы бағыттар шағын аудандарда шоғырланған, олардың көпшілігі Сейфуллин көшесі арқылы өтеді. Сондықтан бұл көшеде маршруттық тармақталу коэффициентінің максималды мәні өте жоғары болып, оның мәні 19-22 бірлікке дейін жетеді. Бұл жағдайда коэффициенттің ұлғаюы қала көшелері бойынша маршруттардың тығыз бөлінуімен емес, аталған көше арқылы қала желілерінің айтарлықтай көп саны жүріп өтетіндігімен түсіндіріледі.

Маршруттарды сызудың және трассалаудың ұтымдылығы маршруттың түзу сызықты еместік коэффициентпен бағаланады, оның мәні төмендегі формула бойынша анықталады:

$$k_{тс} = \frac{L_m}{L_{эуе}}, \text{ км/км} \quad (1.4)$$

мұндағы:  $L_m$  – көлік желісі бойынша маршруттың соңғы пункттері арасындағы қашықтық, км;  
 $L_{эуе}$  – әуе (яғни, түзу сызықты) желісі бойынша маршруттың соңғы пункттері арасындағы қашықтық, км.

Барлық маршруттық жүйе үшін түзу сызықты еместік коэффициентінің орташа мәні төмендегі формула бойынша анықталады

$$k_{тс} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{L_{m,i}}{L_{эуе,i}}}{n}, \text{ км/км} \quad (1.5)$$

Тараз қаласы маршруттарының түзу сызықты еместік коэффициентінің орташа мәні 2,3 бірлікке тең. Тараз қаласының көше-жол желісі жағдайында



бұл коэффициенттің ең төменгі мәні 1,37 бірлікті құраса, ең жоғарғы мәні 9,23 бірлікті құрайды. Бұл коэффициенттің шамасына төмендегі факторлар әсер етеді: көшелердің маршруттармен қамтылу деңгейі, қала жоспарының өзендермен, теміржолмен, жартастармен бөлінуі, кедергілерді айналып өту қажеттігі және т.б.

Кесте 1.3 – Тараз қ. Маршруттық желісінің негізгі көрсеткіштері

Маршруттық желінің көрсеткіштері	Формула	Мәні	Ұсынылған
Көлік желісінің тығыздығы, км/км <sup>2</sup>	$\sigma = L_{\text{КЖ}} / S$	1,51	2...2,5
Желіні қамту коэффициенті, км/км	$k_0 = L_{\text{КЖ}} / \Sigma L_{\text{көші}}$	0,28	
Маршруттық коэффициент, км/км	$k_M = \Sigma L_{\text{М.і}} / L_{\text{КЖ}}$	2,93	2...4
Тіке еместік орташа коэффициенті, км/км	$k_{\text{ТС}} = L_{\text{М}} / L_{\text{өүе}}$	2,3	

Келтірілген коэффициенттер (маршруттық желі көрсеткіштері) Тараз қаласындағы маршруттық желіні жетілдіру және оңтайландыру қажеттілігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Көше-жол желісінің жүктемесін азайту автобустардың техникалық жылдамдығын арттырып, кептелістер мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Нәтижеде жолаушылар қызметін көрсету сапасын жақсартуға болады.

Демек, Тараз қаласында қоғамдық көліктің жеткілікті тығыз көлік желісі бар деген қорытынды жасауға болады. Бірақ жолаушы тасымалын ұйымдастырудың кемшілігі бар, ол – көптеген маршруттардың қала негізгі көшелерінде шоғырлануы болып отыр. Бұл төмендегі проблемаларды туғызады:

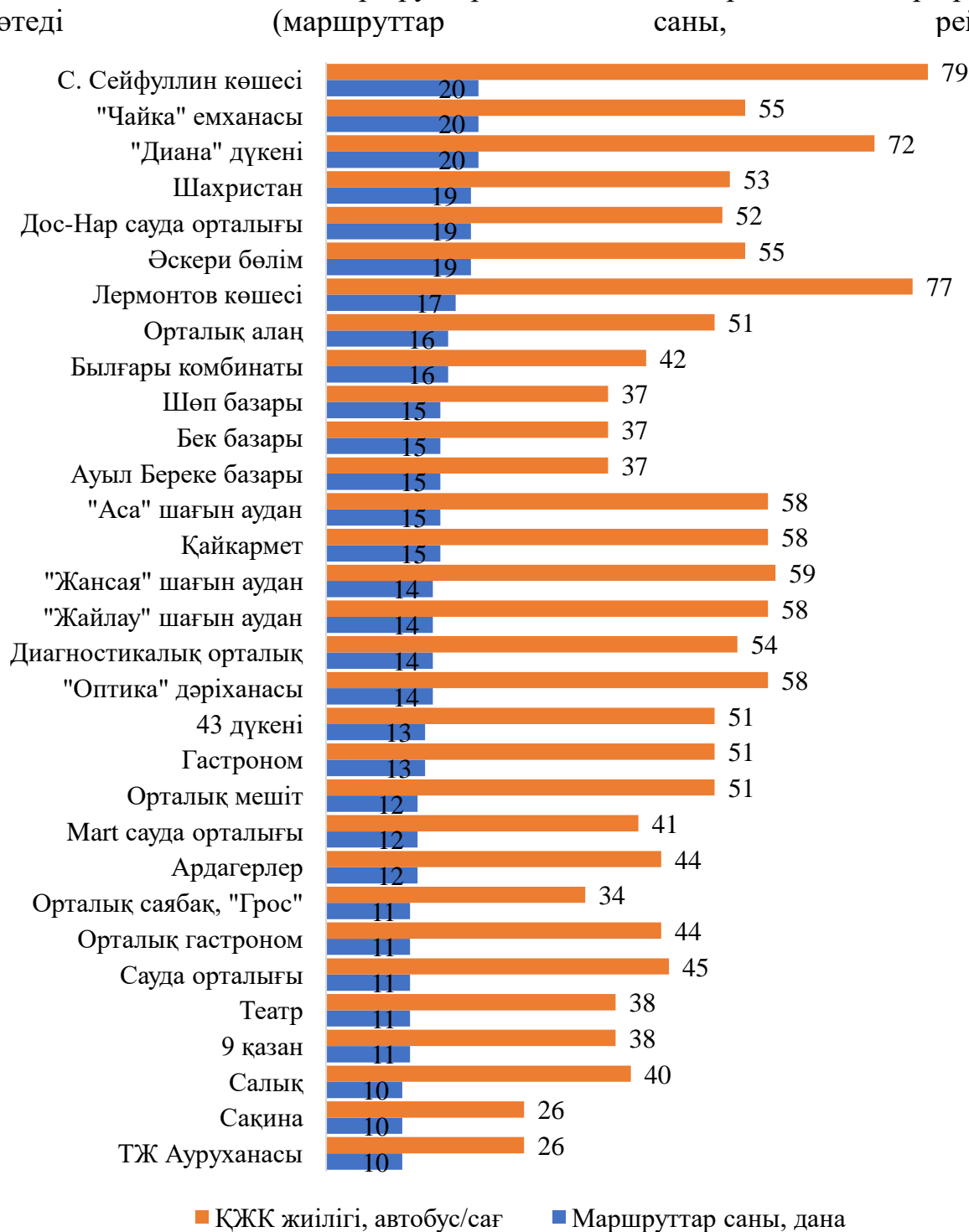
- қазіргі аялдама пункттері көліктің осындай үлкен санын қабылдай алмайды;
- автобустар мен маршруттық таксилер жолаушыларды отырғызу және түсіру үшін бірнеше қатардан тұратын аялдама пункттерінде тоқтауға тура келеді;
- жаяу жүргіншілер мен жолаушылар арасында көшелер мен аялдамаларда жол-көлік оқиғасына және жарақат алуға әкеліп соғатын қауіпті жағдайлардың туындау ықтималдығы бірнеше есе артады.

## 1.2 Жолаушы көлік маршруттарында халыққа қызмет көрсету сапасын талдау

### 1.2.1 Жолаушы көлік қозғалысының қарқындылығын бағалау

ҚЖК қозғалысының қарқындылығы жолдардың кептелуіне және аялдамаларда халыққа қызмет көрсету сапасына әсер етеді. Көше-жол желісі учаскесінде ҚЖК қозғалысының қарқындылығы өтетін маршруттар санына және жылжымалы құрамның қозғалыс жиілігіне байланысты болады. Тараз қаласының маршрут желісінің ерекшелігі – қала манындағы ауылдарды байланыстыратын маршруттар жиналған және олар қала орталықтарына қатынайды.

Қаланың көше-жол желісінің учаскелері бойынша бір мезгілде өтетін маршруттар санын талдау нәтижесінде 15-тен астам маршрут жүретін 10 аралық және 14 соңғы аялдама пункттері анықталды. Маршруттардың және автобустардың ең көп саны бар аялдамалар туралы деректер 1-суретте келтірілген. Суретке назар салар болсақ болсақ бірінші орында С.Сейфуллин көшесі екені байқалады. Бұл көшеде 20 жолаушы тасымалдаудың маршруттық желісі болып, олардан сағатына 79 автобус өтеді екен. Талдау жасайтын болсақ, ең көп өтететін маршруттар келесі аялдамалар мен көшелер арқылы өтеді



Сурет 1.4 – ҚЖК қозғалысының қарқындылығы

бойынша орналасқан): С. Сейфуллин көшесі (20), «Чайка» емханасы (20), «Диана» дүкені (19), Шахристан (19), Дос-Нар сауда орталығы (19), Әскери бөлім (19), Лермонтов көшесі (19), Орталық алаң (19). Ал ең көп өтетін автобустар келесі аялдамалар мен көшелерде байқалды (автобус саны): С. Сейфуллин көшесі (79), Лермонтов көшесі (79), «Диана» дүкені (79), «Жансая» шағын аудан (79), «Оптика» дәріханасы (79), «Жайлау» шағын аудан (79), Қайқармет базары (79), «Аса» шағын ауданы (79). Бұл жерде аялдамадан өтетін маршруттар рейтингісі, автобустар саны рейтингісімен бірдей емес екен. Бұл аялдамалардың көп бөлігі қаланың шағын аудандарында орналасқан. Ал ең қарқынды қозғалыс қаланың келесі көшелерінде орын алады: Сейфуллин көшесі, Лермонтов көшесі, Б.Момышұлы және Жансүгіров көшесі.

Бұл аялдамаларда барлық ҚЖК маршруттары жолаушылармен ең көп жүктелген. Осы аялдамаларда жолаушы көлігінің қозғалыс жиілігі 55-79 автобус/сағатты құрайды, сондықтан таңертеңгі «пик» сағатта жолаушы көлігінің қозғалыс интервалы 0,5 минутты құрайды, шынында автобустар өзінің қозғалыс интервалын дұрыс сақтамағандықтан жолаушы көлігінің қозғалыс интервалы 1..5 секундқа дейін кемиді.

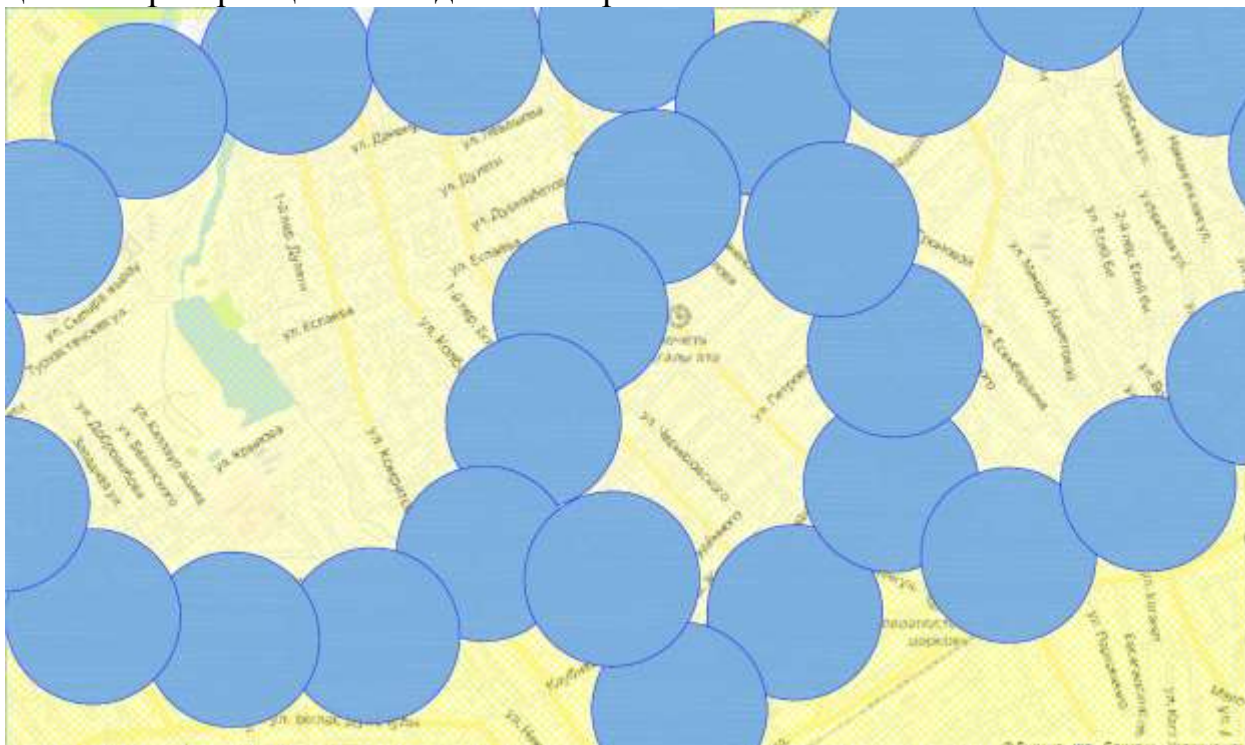
Мұндай жоғары қозғалыс қарқындылығы аялдамаға кіру және күту кезінде ЖҚ-ның ұзақ тоқтап қалуына және жолаушыларға қызмет көрсетудің сапасыздығына байланысты аялдама пункттерін жүктелуін бөлу қажеттілігін көрсетеді.

### **1.2.2. Жолаушы көлік аялдамаларына дейін жаяу жүргіншілердің қолжетімділігін бағалау**

Қалалық жолаушылар көлігі аялдамаларына дейін жаяу жүргіншілерге қолжетімділік ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 құжатын талаптарымен регламенттеледі, соған сәйкес қоғамдық көлік аялдамаларының жаяу жүргіншілерге жақындау орналасуы, қашықтығы 500 м-ден аспауы, қаланың орталық бөлігінде 250 м – ден аспауы, өндірістік және коммуналдық-қойма аймақтарында – кәсіпорындарынан 400 м-ден аспауы; бұқаралық демалыс және спорт аймақтарында – негізгі кіреберістен 800 м артпауы тиіс. Қант зауыты, Барысхан массиві, Қарасу және т.б. аудандарында қалалық жолаушылар көлігінің аялдамаларына жаяу жүргіншілердің қол жетімділік деңгейі төмен.

Тараз қаласының кейбір ауданы үшін тұрғын үй құрылыс аймақтары үшін жасалған жаяу жүргіншілерге қол жетімділік мәселелерін талдау нәтижесінде кейбір аудан аумағында жаяу жүргіншілерге қол жетімділігі қалалық жолаушылар көлігі аялдамаларына дейін арналған нормативтен асып түсетін аумақтардың бар екенін көрсетті. Мысалы, қаланың орталық ауданға жақын аумағында (1.5-суретті қараңыз) тіпті жаяу жүргіншілерге қолжетімділік аймақтарына кірмейтін учаскелер бар – бұл аталған аумақтар шегінде негізінен аз қабатты жеке құрылыс аудандары көп. Бұл аймақтардағы қоғамдық көлік қызметтеріне сұраныс шамалы. Бірақ бұл аймақтар арқылы маршрут желісі өтетін болса, маршруттардың ұзындығын қысқартуға болады.

Осындай бір қабатты жер үйлер және жаңадан құрылыс салынып жатқан көп қабатты үйлерге қол жетімділік нашар.



Сурет 1.5 – Қаланың орталық ауданындағы қалалық жолаушылар көлігі аялдамаларына дейін жаяу жүргіншілерге қолжетімділік картограммасы (500м)

### **1.3 Қаладағы қоғамдық көлік аялдамалардың орналасу тиімділігі**

Қалалық жолаушы көлігінің жұмысына көптеген факторлар әсер етеді, сондықтан тасымалдау үдерісінде болатын құбылыстарды аналитикалық жолмен сипаттап беру қиындық туғызады. Осыған байланысты, тұрғындарға көліктік қызмет көрсетудің көрсеткіштерін және қаланың өмірде бар көлік торабының тиімділігін, алуан түрлі көптеген факторлардың әсерін ескере отырып, анықтау үшін, бұқаралық қызмет көрсету жүйесінің математикалық аппаратына негізделген имитациялық модельдерді пайдалану тиімдірек болып келеді.

Қалалық жолаушы тасымалдау көлік жүйесінің жұмыс үдерісі кезінде біркелкі еместік факторы анық байқалады. Бүкіл көлік жүйесінде болсын (тиісті жолаушы сыйымдылығына ие болатын және тиісті жол жүру тарифіне сәйкес келетін белгілі бір көлік түрінің жетіспеуі), сондай-ақ, қаланың түрлі аудандары бойынша болсын (өмірде бар структураның талап етілетін структураға сәйкес келмеуі) көліктік қызмет көрсету деңгейіндегі дисбаланс әрдайым байқалып тұратыны рас.

Сонымен, аудандық шеңберде көліктік қолжетімділіктің деңгейін егжей-тегжейлі бағалау қажет болады.

Мәселе төмендегі көрсеткіштердің сандық мәнін анықтауға келіп саяды:

– көлікпен жүрудің басталуына дейінгі орташа күтіп тұру уақыты;

- көлік түрін таңдаудың жиілігі;
- көлік маршрутын таңдаудың жиілігі;
- маршруттың түрлі бөліктерінде көлік құралының жүктелу ықтималдығы;
- тәуліктің сағаттары бойынша маршрутпен жылжу уақыты;
- берілген уақыт аралығында қызмет көрсетілмей қалудың ықтималдығы.

Математикалық модельді құрастыру.

- тұрғындардың саны;
- құрылыс ауданы;
- еңбек ету орындарының саны;
- массалық сауда орындарының бар болуы;
- дем алу орындарының бар болуы;
- және тағы басқа факторлар.

Модельді құрастырғанда төмендегі болжамды қабылдаймыз: бір аудан шеңберіндегі барлық аялдамалар біртектес және бірдей сипаттамаға ие. Модельдеу кезінде біз түрлі авторлардың осы тақырыпқа тиісті еңбектерінде келтірген деректерін пайдаланатын боламыз.

Аялдаманың қарастырылып отырған жұмыс үдерісі басқарылатын және көпқадамды болып табылады, яғни, шешімді қабылдау үдерісін бірнеше ( $n$ ) кадамға (этапқа) бөлуге болады. Модельдің негізінде төмендегі ситуация жатады: аялдамада көлік күтіп тұрған жолаушы өзі үшін сәйкес келетін көлік түріне және маршрутқа таңдау жасайды, сол таңдауға сәйкес ол өзі таңдаған маршрут бойынша жүретін көлік түрінің келуін күтеді, егер көлік құралында бос орын бар болса, онда аялдамада тұрған жолаушы көлікке отырып, аялдамадан жылжып кетеді, яғни, оған қызмет көрсетіледі.

Аялдама пунктiнiң моделiн сипаттау үшiн ең қолайлысы модульдiк принциптi қолдану болып табылады. Имитациялық модельдiң негiзгi үш модуль болады: аялдамада жолаушы ағынын пайда ету модульi, жолаушы көлiк торабының параметрлерiн анықтау модульi, көлiк түрiн және маршруттың бағытын таңдау модульi.

Аялдамада жолаушы ағынын пайда ету модульi. Бұл модульдi жасауға қаланың тұрғындарының әлеуметтік-экономикалық сипаттамасы және қалалық құрылыс факторлары елеулі әсер көрсетеді.

Қала тұрғындарының әлеуметтік-экономикалық сипаттамасының ортаның факторына жататын себебі, оның өзгеруі ұзақ уақытқа созылады. Ол қаланың және мемлекеттің шаруашылығының жалпы тиімді ұйымдастырылуына, әлеуметтік-демографиялық ситуацияға тәуелді, сондықтан теориялық басқарылымдық тұрғысынан алғанда қысқа және орта ұзақтықтағы мерзім үшін бұл параметрді берілген деп қарастыра беруге болады.

Қаланың тұрғындарының әлеуметтік-экономикалық сипаттамасы төмендегі структуризацияны қамтиды:

– тұрғындардың қамтылғандығы және шаруашылық ету түрі бойынша структурасы;

– тұрғындардың жас ерекшеліктерінің тобы бойынша структурасы;

– тұрғындардың табыс деңгейі бойынша структурасы;

Қалалық құрылыс факторлары.

Қалалық құрылыс факторлары ортаның факторы болып табылады, өйткені қаланың құрылысының өзгеруі ұзаққа созылатын үдеріс. Бұл факторлар тобына жататындар:

– аудан тұрғындарының саны;

– аудан ауданының үлкен-кішілігі;

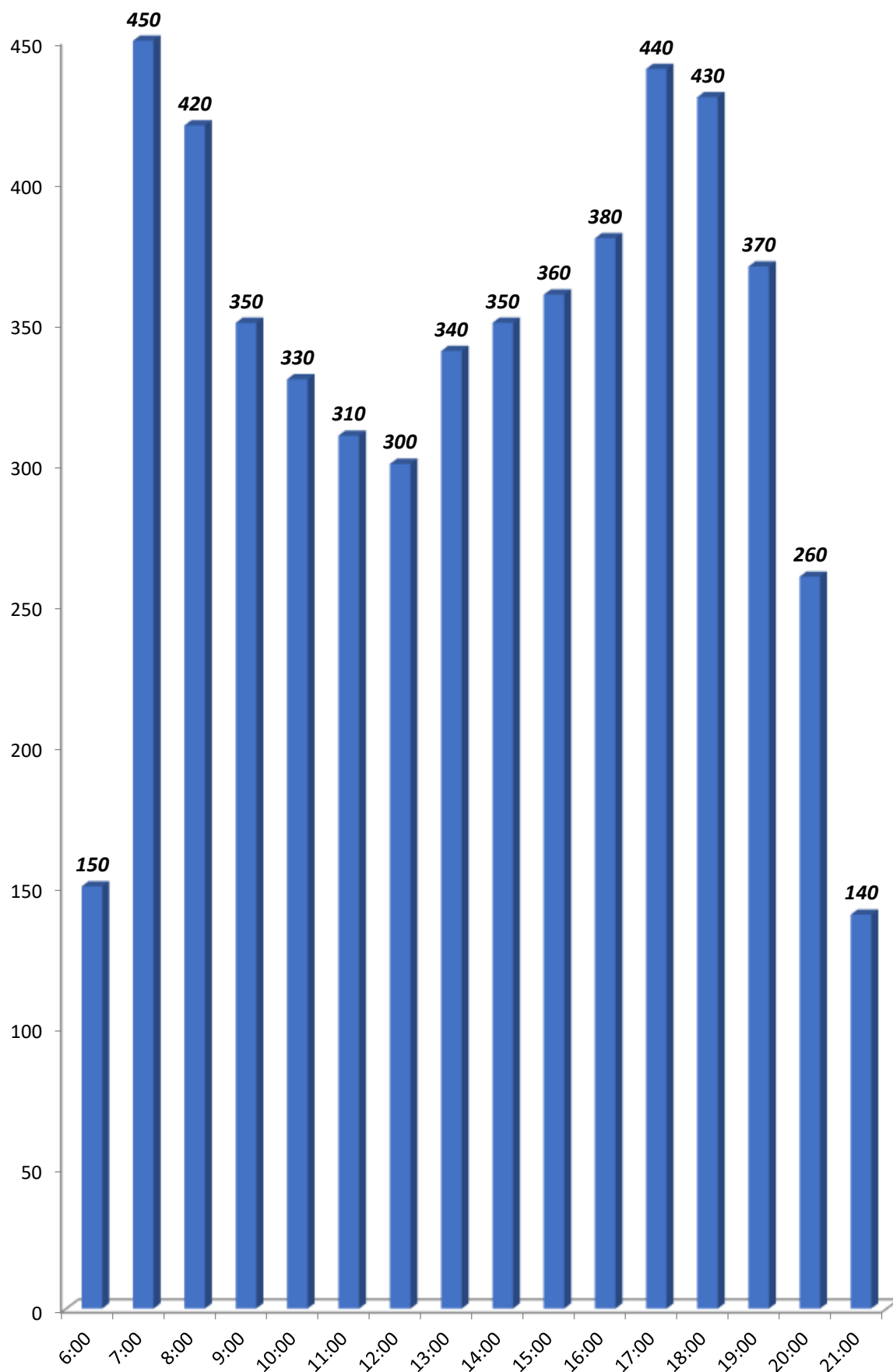
– емдеу, өнеркәсіптік және мәдени-тұрмыстық орталықтардың салыстырма орналасуы және т.б.

Жолаушы пайда етуші факторлар. Бұл факторлар қалақұрылысы факторларының туындысы болып табылады, өйткені жолаушы ағынының пайда болуы тәуліктің сағаты бойынша өзгереді. Қаланың ұйықтамалы аудандарында, көліктік қызмет көрсетуге тапсырыс, көбінесе, уақыттың 6-9 сағат аралығына тура келеді. Қаланың еңбек етуші тұрғындары бар аудандары үшін де осы уақыт интервалын жолаушы жұтатын аймақ ретінде қабылдаймыз. Кешкі пик сағаттарында жағдай өзгереді, яғни, тапсырыстың басым бөлігі еңбек ету аймақтарында болады. Сауда көп жасалатын аймақтарда жолаушы ағыны көбірек пайда болады және осы сауда кешендерінің жұмыс уақыты кезінде ол жолушы жұтушы аймақ ретінде қызмет етеді. Дәл осындай жағдай денсаулықты қорғау нысандары орналасқан аймақтарда да кездеседі.

Жолаушыағындарын зерттеу деректері жасылып мысал ретінде №29 маршруттағы жолаушы тасымалдау көлемінің таралу гистограммасы 1.6-суретте келтірілген [8].

Сонымен, қалалық жылжуда – еңбек ету мақсатында жылжуын, ал, мәдени-тұрмыстық жылжуда – «үйден» (тұрғылықты мекенінен басталатын), «үйден емес» жылжуда (жұмыс орнынан немесе мәдени-тұрмыстық нысандардан), сонымен қатар еңбектік жылжулар (еңбек ету орындарына жылжу), мәдени-көңіл көтеру (мұражайларға, кинотеатрларға және т.б. жылжу), мәдени-тұрмыстық (базарлаға, дүкендерге жылжу), салауатты өмір салтын қалыптастыру мақсатында (ауруханаларға, емханаларға және т.б.), білім алу мақсатындағы жылжулар (институттарға, университеттерге және басқа да жоғарғы оқу орындарына). Дегенмен, нақты деректердің мардымсыз болуына байланысты жылжудың кейбір түрлерін ескермеуге тура келеді.

Жолаушыларды тасымалдауға арналған көлік торабының параметрлерінің модулі. Жолаушы тасымалдау көлігінің қозғалыс кестесіне эсер етуші модульдің параметрін құрастыруға (бастапқы деректер ретінде автобустық көліктің тәулік бойындағы қозғалыс кестесі қызмет етеді, маршруттық таксилер үшін пик сағаттары үшін 4 минут, қалған уақыттар үшін 7 минут) және көлік құралдарының параметрлері, мысалы, жолаушы сыйымдылығы (1.4-кесте).



Сурет 1.6 – №29 маршруттағы тәуліктің сағаттары бойынша жолаушы тасымалдау көлемін бөлістіру гистограммасы

Кесте 1.4 - Маршруттағы қалалық жолаушы көлігінің жылжымалы құрамының маркалары бойынша жолаушы сыйымдылығы

Жылжымалы құрамның маркасы	Сыйымдылық=орындықтар+(N×S)			
	Номинал орын саны	Қалыпты жағдайда (N=3)	Толық (N=5)	Шекті (N=8)
Мерседес	28	58	80	111
ПАЗ-3205	27	49	45	59
МАН-240	45	78	100	133
Донг Фенг	18	28	35	42

Көліктің түрін және жүріс маршрутын таңдау модулі. Жүріс маршрутын төмендегіше негіздейміз: траекториясының бойында еңбек ету орнының және тұрғындардың саны тұрғысынан, сонымен қатар, басқа да аймақтардың бар екендігі тұрғысынан «тартымды» болған нысандар көбірек орналасқан жүріс маршруты таңдау ықтималдығы жоғары болатын жүріс маршруты болып табылады.

Көліктің түрін таңдауға әсер етуші факторлар ретінде жылжу уақытының ұзақтығын және көлікпен жылжу тарифының мөлшерін алуға болады. Әрине, маршруттық таксилер жылжу жылдамдығы тұрғысынан алғанда көлік нарығында қызмет көрсетуші қалған екі көлік түріне қарағанда басымдылыққа ие екендігі дау тудырмайды. Дегенмен, бұл модульде көлік құралын таңдауда көлікпен жылжу жылдамдығынан басқа көлікпен жылжудың жолақысының бағалық (құндық) сипаттамасын да ескеру қажеттігін ұмытпаған жөн. Жолақысының құнына байланысты ұсыныс пен сұраныстың балансы түрліше деңгейде қалыптасады, бұл болса қала тұрғындарының көлікпен жылжуының структурасын өзгертеді. Жолақы бағасының өсуімен жолаушылар, өздерінің табыс мөлшерінің деңгейіне және жылжу қашықтығына байланысты, қалалық жолаушы тасымалдау көлігінен жекеменшік көліктерге және жаяу жүріспен жылжуға ауыса бастайды. Керісінше, көлікпен жылжу жолақы құнының төмендеуі қалалық жолаушы тасымалдау көлігін жолаушылар үшін тартымды етеді. Бұл жерде тартымдылық деңгейі жолақы құнының сұранысқа деген икемділігіне сәйкестік дәрежесіне байланысты болып келеді.

[9] әдебиет авторының деректеріне талдау жасаудың көрсетуінше, табыс деңгейі тіршілік ету минимумының деңгейінен төмен болған адамдардың үлесі 31% пен 40% аралығында жатады екен де, 33% деңгейінде, яғни, тұрғындардың 1/3 бөлігінде, тұрақтану тенденциясы байқалады екен. Сондықтан, әрбір үш жолаушының біреуі көлікпен жүрудің тарифы ең кіші болған көлік түрін таңдайды деп қабылдаймыз. Көліктің бұл түрі осы аялдамаға қызмет көрсетпейтін жағдайда және дәл осындай сипаттамамен қызмет көрсетілетін ең жақын аялдама 1 км радиустан қашық болмаса, жолаушы сол аялдамаға қарай бағытталады. Қалған жағдайларда



шығындардың мөлшері одан кейінгі кезекте тұратын көлік түрін таңдаудың пайдасына шешілетін болады.

Аялдама пунктін зерттеудің нәтижелері 1.7, 1.8-суреттерде келтірілген.

Құрастырылған имитациялық модель төммендегі параметрлерді өзгертуге мүмкіндік береді:

- көлік құралының жолаушы сыйымдылығы;
- көлік құралының жүктелгендік коэффициенті;
- көлік құралының қозғалыс интервалы, соның ішінде қозғалыс интервалының өзгеру интервалын көрсету керек;
- күту уақыты ұзақтығының кризистік мөлшері;
- көлік құралдарын таңдаудың приоритеттері (жолақы құнының критерийі бойынша);
- жолаушылығының параметрлері.

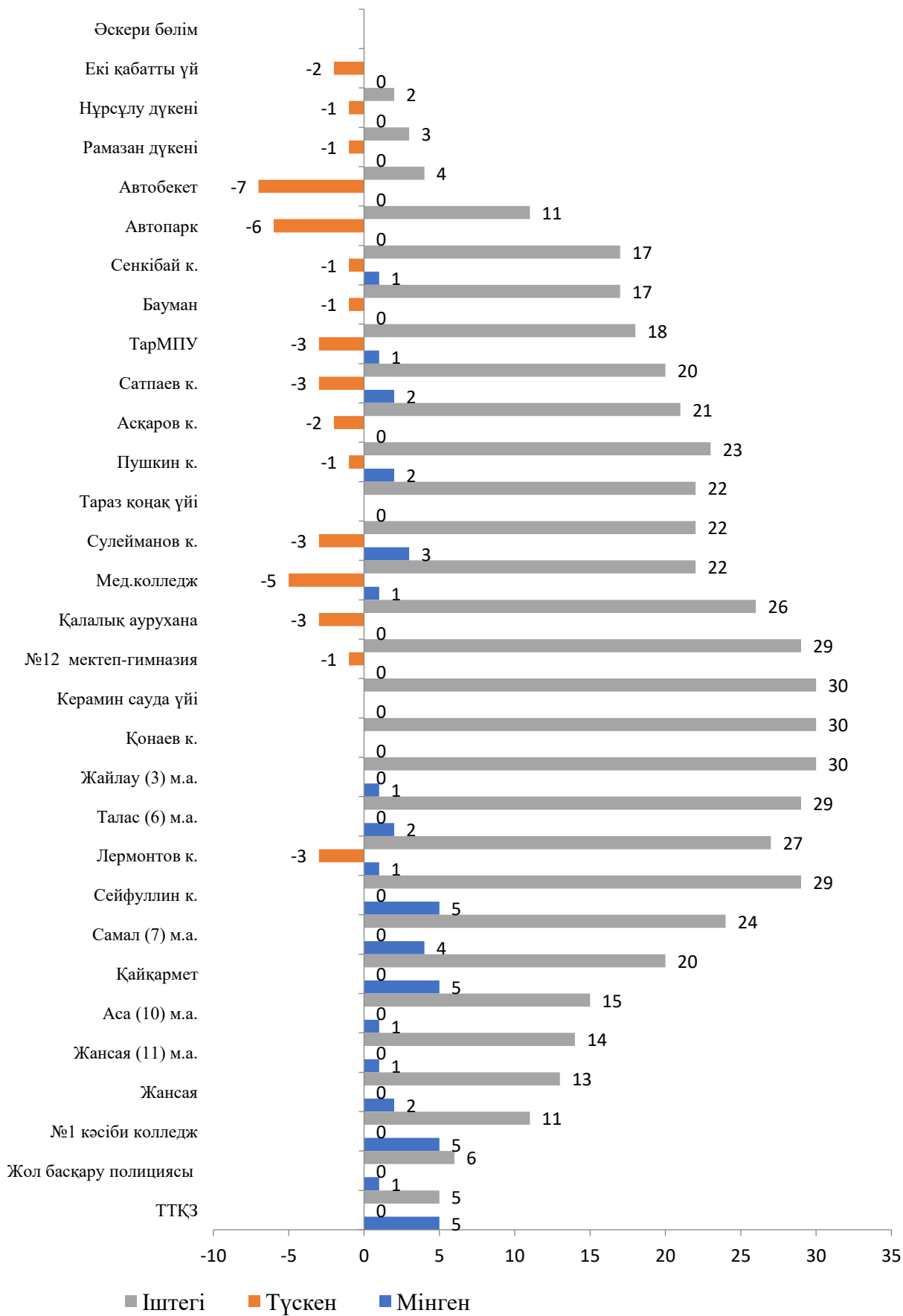
Модельдегі кейбір қолайсыздықтарды туғызатын бір жағдай бар: модельдеу кезінде алынған нәтижелерді көрсететін шкала автоматты түрде өзгеріп отырады. Бұл жағдай нәтижелерді талдау қорытындыларын салыстыруда біршама қолайсыздықтар туғызуы мүмкін. Бірақ, имитациялық модельдеу нәтижелерін өңдеу барысында MS EXCEL бағдарламасын қолдану жолымен бұл кемшіліктен жылдам-ақ құтылуға болады. Имитациялық модельдеу нәтижелерін MS EXCEL бағдарламасы жәрдемінде өндеудің нәтижелері 1.9 -суреттерде келтірілген.

Модель жолаушының аялдамада көліктің келуін күтіп тұру уақытының ұзақтығының орташа мөлшерін бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кестеде аялдамадан сағат 6 дан 9 ға және сағат 14 тен 18 ге дейінгі аралықта қоғамдық көліктің, атап айтқанда, жекеменшік таксилердің қызметін пайдалануға мәжбүр болған жолаушылардың саны бойынша модельдеудің нәтижелері келтірілген.

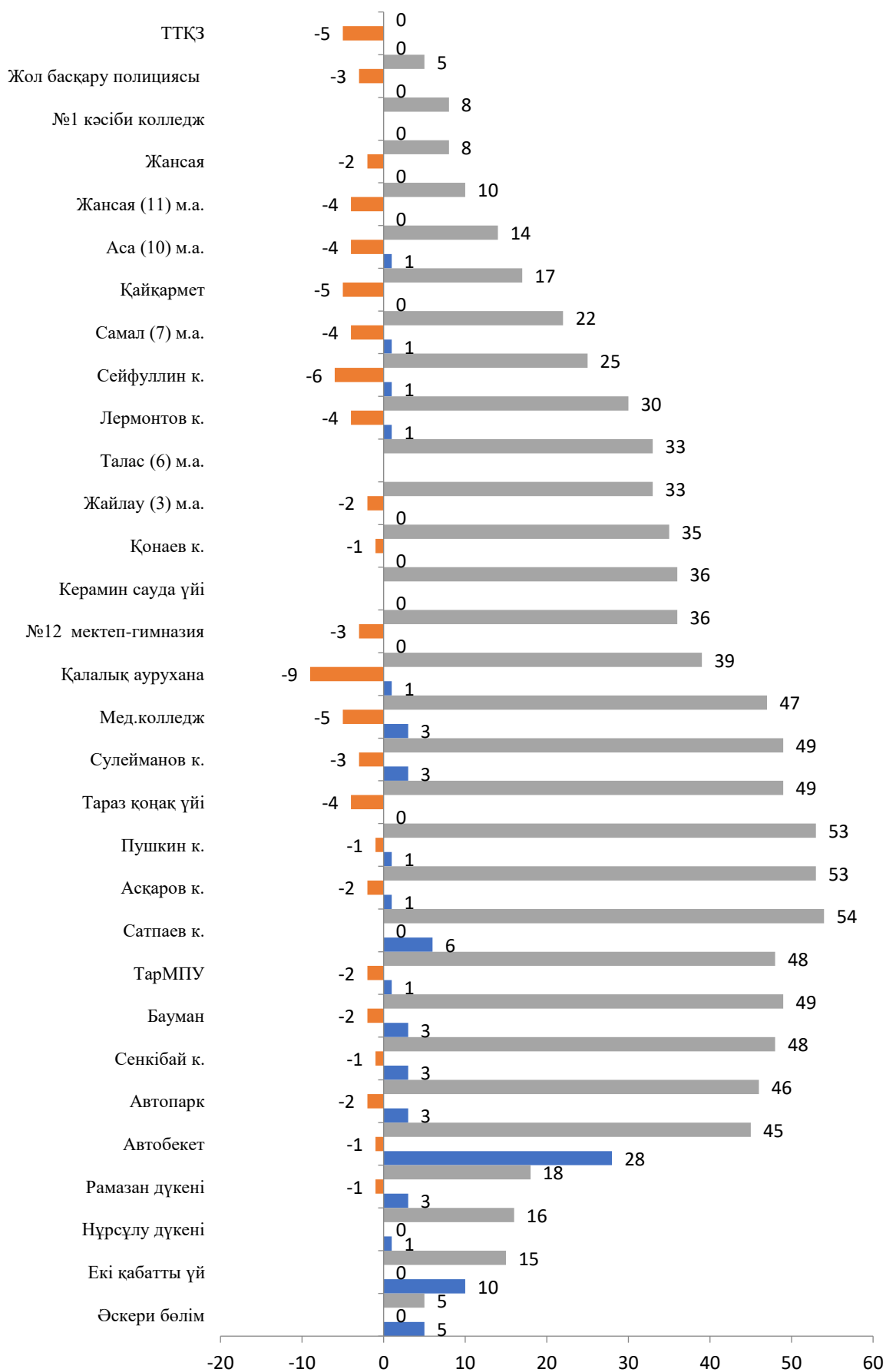
Модельді құрастырғанда қабылданған шарттар төмендегідей: барлық жолаушылар 20 минут ішінде қоғамдық көлік қызметін пайдалану мүмкіндігіне ие болуы тиіс және жолаушы көлігінің қозғалыс интервалы тәулік бойында өзгермейді.

Қалалық жолаушы тасымалдау көлігінің торабын имитациялық модельдеу жолаушы көлікті басқару жүйесінің шеңберінде шешім қабылдау процедурасының ядросы болып табылады. Қалалық жолаушы тасымалын басқару жүйесін реализациялау маршруттардағы көлік ресурстарын икемді басқаруға мүмкіндік береді, қозғалыс жағдайлары туралы көпсанды ақпарат алуға және оны өндеуге мүмкіндік береді: асқын жүктелімдер туралы, көлік торабындағы кризистік ағындағы жолаушыларды тасымалдау туралы, кептелістер туралы, қозғалыстың үзіліп қалуы және оның себептері және т.с.с.

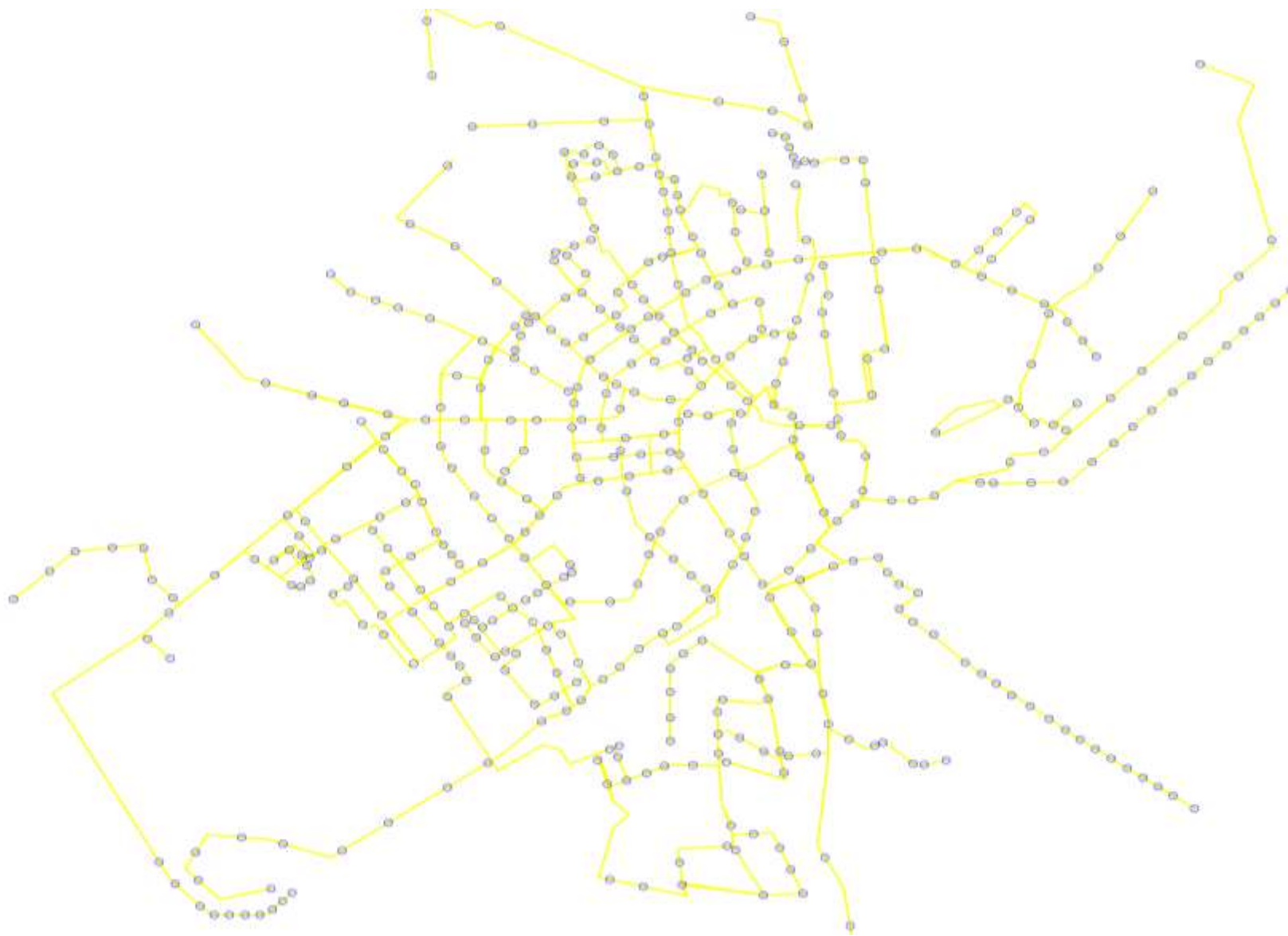
Қалалық жолаушы тасымалдау көлігінің маршруттық торабының басқару жүйесіне бағдарламалық және алгоритмдік қамтамасыз етуді енгізу шешілуі тиіс мәселелер шеңберін айтарлықтай кеңейтуге және қабылданған шешімдерді оперативті және сапалы бағалауға мүмкіндік береді.



Сурет 1.7 – №29 маршрутың ұзындығы бойынша жолаушы ағынның өзгеруі (тіке бағыт)



Сурет 1.8 – №29 маршрутың ұзындығы бойынша жолаушы ағынның өзгеруі (кері бағыт)



Сурет 1.9 – Тараз қаласындағы маршруттық желідегі аялдамалардың орналасуы

Функциональдық элементтердің ақпараттық өзара әрекеттесуінің ерекшеліктері айтарлықтай дәрежеде қалалық жолаушы тасымалдауды басқару жүйесінің арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесінің құрамымен және функциональдық мүмкіндіктерімен анықталады.

Имитациялық модельдеу құралдарын және алгоритмдік автоматтандыру құралдарын арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесінің құрамындағы шектеулер ақпараттық ағындарды жүзеге асыруға және шектеуге мүмкіндік береді. Бұл болса, өз кезегінде, жүйенің структурасын көрнекі және анық көрсетуге айтарлықтай ықпал етеді. Ақпараттық ағындар жүйесінің сипаты бағдарламалық қамтамасыз етудің әммебаптығын (универсалдығын) көрсетеді, яғни, ол ақпаратты қолмен енгізуге де, сонымен қатар бұл мақсатта объективті бағытталған деректер базасынан енгізуге де мүмкіндік береді.

Құрастырылған модель аялдамадан өтетін жолаушыағыны және көлік торабының параметрлері (жолаушы көлігінің қозғалыс интервалы және көліктің жолаушы сыйымдылығы) туралы деректер бар болған жағдайда жолаушының аялдамада көлік күтіп тұру уақытының орташа ұзақтығын бағалауға және маршруттың берілген нүктесіндегі жолаушы көлік торабының (сағаттар бойынша қозғалыс интервалын есептеу және жолаушы көлігінің түрін таңдау сияқты) параметрлерін жетілдіру бойынша ұсыныстар жасап шығуға мүмкіндік береді. Бұдан басқа, маршруттың барлық аялдамаларында осыған ұқсас деректерді жинай отырып, бүкіл маршрут бойынша жолаушы көлігінің қозғалысын ұйымдастырудың тиімділігін бағалауға болады. Мұндай есептеулерді жүргізу үшін маршруттағы әрбір көлік құралы үшін емес, маршруттағы әрбір аялдама үшін статистикалық деректерге ие болу керек.

#### **1.4 Қалаларда жолаушылар тасымалын ұйымдастыру мен басқарудың қолданыстағы әдістерін талдау**

Қалалық жолаушылар көлігі, ірі қалаларда, қалалық жолаушылар тасымалын ұйымдастырудың ғылыми мәселелерінде жиі бөлек бағыттар ретінде қарастырылатын бірнеше өзара байланысты компоненттерді қамтитын көп мақсатты әлеуметтік-экономикалық жүйені білдіреді. Бұл компоненттерге мыналар жатады:

- қалалардың сәулеттік-жоспарлау шешімдерін ескере отырып, маршруттық көлік желісін қалыптастыру;
- жолаушылардың корреспонденциясын зерттеу;
- қалалық жолаушылар көлігі қозғалысын ұтымды ұйымдастыру;
- жолаушылар тасымалын басқару сапасын арттыру;
- экологиялық және көлік қауіпсіздігі.

Жолаушылар қозғалысының ұтымды маршруттарын қалыптастыру мәселелері бойынша ғылымның дамуының бастауы 1736 жылы Л.Эйлер алғаш рет графтар теориясын қолдана отырып, Кенигсберг көпірлерін айналып өту маршруттын құру міндетін қарастырған кезге, яғни XVII ғасырға кетеді [10]. Бұл бағыттың одан әрі дамуы тек графикалық теорияның практикалық қолданылуымен байланысты болды және өте баяу дамыды.

Жолаушылардың корреспонденциясын кеңестік зерттеу дәуірінің басталуы ХХ ғасырдың 30-жылдарына жатқызуға болады, сол кезде Г.В. Шелейховский [11] «гравитациялық» әдістерді бастады. Бірнеше онжылдықтар ішінде дәл осы типтегі модельдер жолаушылар корреспонденциясын анықтауда басым болды.

1930 жылы С.А. Андреев қолда бар ақпарат негізінде, соның ішінде маршруттарды рационализациялауды қолдана отырып, ҚЖК маршруттарын ретке келтіру мәселелеріне жолаушылар ағынын талдауға арналған жұмыстары пайда болды [12]. Сол кезде қойылған міндеттердің әлеуметтік маңызды шешімдері қазіргі уақытта да айтарлықтай қызығушылық тудырады, өйткені олар маршруттардағы жолаушылардың аялдамаға келу және көлікпен жылжу уақытын қысқартумен, трансферді төмендетумен және көлік құралдарын толтыруды арттырумен байланысты қалалардың маршруттық сұлбаларын құрудың негізгі принциптерін тұжырымдайды. Қалалардың белгілі бір ерекшеліктерін ескеретін топологиялық талаптар пайда болады. Сонымен бірге, бұл жұмыстар сипаттамалық түрге ие болады, көбінесе әлеуметтік мәселелерді шешуге бағытталады және техникалық-экономикалық бөлімде нақты математикалық пысықтау болған жоқ.

Кеңес ғалымдары В.В.Коноплин, Б.А.Героцимус және Д.Джумаев [13] графтар теориясы негізінде маршруттық көлік желісін қалыптастыру технологиясын қарастырады. Әзірленген технологияның мәні қаланы аудандастырудың топологиялық сұлбасын шағын аудандардың орталықтарында шырғандары мен шеттері шағын аудандар арасындағы көлік желісінің байланыс учаскелері ретінде график түрінде қалыптастыруға дейін азаяды. Мәселені шешу жолаушының жүру уақыты мен қашықтығына шектеулерді, қажетті жылжымалы құрамның санын және негізгі ауыстыру пункттерін ескере отырып, ұтымды маршруттық сұлбаны анықтауды, қажетті маршруттарды енгізуді және көрінеу қажетсіздерге тыйым салуды, соңғы пункттерді анықтауды көздейді. Жолаушылардың корреспонденциясын жолаушылар ағынын сауалнамалық тексеру арқылы анықтайды. Болашақта, Хрущев М.В. [14] тақырыпты дамытады және компьютерлік құралдарды қолдана отырып, маршруттық көлік желісінің жолаушыларын тасымалдауды ұйымдастыруды ұтымды етуді қарастырады.

Осы авторлар ұсынған есептеу әдістері төмендегі алгоритм бойынша орындалады: көптеген бәсекеге қабілетті маршруттар қалыптасады, содан кейін берілген маршруттарды ескере отырып, негізгі маршруттар анықталады, содан кейін қалған бәсекелестік маршруттарды қабылдау немесе алып тастау үдерісі қарастырылады. Осы аталған және осыдан бұрынғы қарастыстырып өтілген барлық зерттеулердің төмендегідей негізгі кемшіліктерін атап өткен жөн:

- электрондық есептеу құралдарын қолданудың шектелгендігі себепті 200 мыңнан астам халқы бар қалалар үшін есептеулерде оларды қолдануға мүмкіндік бермеуі;
- айналма маршруттарды қалыптастыру әдістемесі болмауы;
- ұтымды маршруттық көлік желісін құру үдерісінде сарапшының болмауы;

– маршруттық көлік желісін оңтайландырудың сапалық көрсеткіштерінің болмауы;

– ҚЖК-те ұйымдастыру мен басқарудың сапасы мен тиімділігін анықтаудың бірыңғай технологиясының болмауы.

Біраз уақыттан кейін В.В. Яворский мен И.П.Макаровтың еңбектерінде [15] артық маршруттық желіні қалыптастыру әдістемесі қарастырылады, содан кейін рационалды емес маршруттар алып тасталады. Әдістеменің негізі және маршруттық желі графигінің бейнесі, ол шағын аудандардың орталықтары емес, нақты аялдамалар болып табылады. Бұл әдістеменің тағы бір артықшылығы – адам-машина процедурасын қолдану, яғни маршруттық желіні құру үдерісіне машинамен бірге сарапшы да қатыса алады.

В.П.Федоров және Н.В.Булычева [16] әзірлеген маршруттық желіні есептеу әдісі екі мәселені шешуге бағытталады: қолданыстағы маршруттық желіде жолаушылардың корреспонденциясын бөлу және көлік құралдарын маршруттар бойынша бөлу. Жұмыс алдыңғы авторлар жасаған әдістердің жалғасы ретінде орындалды.

1970 жылдары әлеуметтік-экономикалық сипаттағы ҚЖК-те көлік үдерісінің ажырамас бөлігі болып табылатын жолаушылар ағындарының математикалық және автоматтандырылған модельдерін зерттеу және қалыптастыру бойынша зерттеудің жаңа әдістері пайда болды.

А.П.Лопатин мен С.Ю.Ольховский [17] зерттеулері бойынша осы кезеңде ірі қалаларға деген көзқарас өзгерді. Осы авторлар ұсынған маршруттық желіні қалыптастыру, жолаушылардың корреспонденциясын анықтау технологиялары мен алгоритмдері және жедел басқару әдістері мұқият пысықталған. Бұл жағдайда маршруттық желіні қалыптастырудың негізі көп сатылы итерация үдерісі болып табылады.

А.Аррак [18] өз еңбегінде ҚЖК-нің әлеуметтік-экономикалық тиімділігін қарастырады, онда ҚЖК жұмысының тұрақтылығын арттырудың ұйымдастырушылық әдістерін бөліп көрсетеді, мысалы, жолаушыларды көлік құралдарына біркелкі бөлу мақсатында жолаушылар мен көліктің өзара әрекеттесуінің қажетті уақытын ұйымдастыру. Өзара іс-қимыл жасайтын әлеуметтік және экономикалық мәселелерді шешу [19,20,21] қарама-қайшы міндет болып табылады, себебі жолаушылар қызметтерді тұтынушылар да, қозғалыс объектілері де бір уақытта әрекет етеді. Қарастырылып отырған жұмыстар негіз ретінде – әлеуметтік-экономикалық тиімділік критерийі ретінде пайдаланылады.

1980 жылдардың басында ҚЖК саласындағы негізгі бағыт-сол кездегі қоғамдық көліктің жұмысын ұйымдастыру, жоспарлау және тиімділігін арттыру әдістерін жетілдіру. Атап айтқанда, Г.А.Варелопуло [22] компьютерлерді пайдаланбай, ұтымды маршруттық желіні қалыптастыру технологиясын ұсынды. Жұмыста басты назар жолаушыларға қызмет көрсету сапасын және ҚЖК -нің экономикалық тиімділігін арттыруға аударылады.

В.М.Вейцман [23] жұмыстарында жолаушылар корреспонденциясын анықтауға, бағытталмаған баған түрінде маршруттық желіні құруға және жолаушының жүру уақытын ауысып отыру уақытын ескере отырып, мәселені

неғұрлым дұрыс қою есебінен маршруттық көлік желісін құру [24] ҒЗИТ әдістемесін жетілдіруге деген ұмтылыс көрсетілген. Автордың пікірінше, әдіс статистикалық зерттеулермен салыстырғанда математикалық әдістердің қателігін 5% - ға жақындатуға мүмкіндік береді, бұл қазіргі жағдайда айтарлықтай күмән тудырады. Сонымен қатар, автор маршруттардың ұтымды сұлбаларын жасауға баса назар аударады, бірақ әдістің негізі ауданаралық корреспонденцияның матрицасын егжей-тегжейлі зерттеу және қалыптастыру болып табылады.

В.К.Доля [25] өзінің еңбектерінде ҚЖК-ны ең ірі қалалардың әлеуметтік-экономикалық жүйесінің құрамдас бөлігі ретінде нақты қарастырады. Жұмыста көлік үдерісіне әлеуметтік-экономикалық талдау, жолаушылардың көлік құралында болған уақытына байланысты олардың шаршауын зерттеп, оған талдау жүргізеді, ұтымды маршруттық жүйені қалыптастыру және «пик сағаттары» кезеңінде ҚЖК құралдарын пайдалану әдістемесін қарастырады.

А.П.Пртынов пен В.В.Скалецкий [26] ҚЖК-дағы әлеуметтік-экономикалық басқару әдістерін қарастырды. ҚЖК жүйесінің кейбір мәселелерін зерттеп зерделеу ғылымның аралас салаларындағы еңбектерде де көрініс табады.

Осы уақытқа дейін әзірленген және жоғарыда келтірілген жұмыстарды ескере отырып, олардың негізгі кемшіліктерін атап өткен жөн.

1. Жолаушылар корреспонденциясының бастапқы деректерін жинау кезінде статистикалық бақылаулардан математикалық модельдеудің пайдасына ауытқу байқалады. Бақылаулар санының артуы статистикалық деректердің сапасын айтарлықтай арттырмай, жолаушылар ағынын тексеруге байланысты жұмыстардың қымбаттауына әкеледі. Алайда, математикалық модельдер, экономикалық жағдайдың біртектілігі мен өзгергіштігінің қазіргі жағдайлары ірі қаланың аумағында еңбек қолдану орындарын ұйымдастыру және бөлу үдерісінің тепе-тең емес жүйесін сапалы түрде сипаттай алмайды.

2. Жолаушылардың корреспонденциясын қалыптастыруда, көбінесе, статикалық әдістер қолданылады. Бұл – аялдамалар ретінде қабылданатын шағын аудандардың орталықтары гравитациялық әдістерді ескере отырып немесе қысқа мерзімді зерттеулер негізінде қарастырылатындығының салдары болып табылады. Өкінішке орай, жаппай қызмет көрсету теориясының ықтималдық әдістері белгілі бір аялдамада жолаушылардың пайда болуына түрткі болатын жеке факторларды ескере алмайды, сондықтан ҚЖК жүйесінде жолаушы ағыны тұрақсыз.

3. Маршруттық көлік желісін модельдеу бір факторлы жүйелерді ескере отырып жүзеге асырылады. Жолаушыларға қызмет көрсету сапасын арттыру мәселелерін шешудің мұндай бір бағытты болуы жеткіліксіз, өйткені маршрутты таңдау кезінде жолаушы бірнеше факторларды ескере отырып өз таңдауын жасайды. Яғни, бірқатар оң және теріс факторлар арасынан біреуін таңдауда компромисске келу міндеті туындайды. Сондықтан бір факторлы модельдер оңтайлы бола алмайды.

4. Ұтымды маршруттық желіні құру мәселелерін қарастыруда көбінесе маршруттық желіге айналмалы немесе жеткілікті ұзын маятниктік



маршруттарды қосуды айналып өтеді. Мұндай маршруттар ірі қалалардың тұрғындары үшін әлеуметтік маңызды болып қана қоймайды, өйткені олар сапарға кететін уақыт пен шығынды азайтуға мүмкіндік береді, сонымен қатар рейс аралық бос тұруына байланысты көлік жиналатын жерлерден жолдың тар көше кеңістігін түсіруге мүмкіндік береді. Кейбір жағдайларда олар экономика тұрғысынан тиімді болуы мүмкін. Осыны растау – мұндай бағыттардағы мемлекеттік емес ұйымдардың жұмысының нәтижесі болмақ.

5. Диспетчерлік қызметтерді ұтымды бөлудің және маршруттық көлік желісінде жедел басқаруды ұйымдастырудың әртүрлі әдістері қазіргі уақытта тұщымды нәтиже бере алмайды, өйткені ҚЖК жұмысын нақты бақылау мүмкіндігі мен механизмі жоқ. Қолданыстағы ескірген автоматтандыру құралдарына негізделген жүйелердің орнына геоақпараттық жүйе (ГАЗ) негізіндегі спутниктік жүйелерге негізделген заманауи басқару элементтері келуі керек. Оларды диспетчерлеу жүйесінде қолдану ірі қаланың барлық аумағында жолаушылар көлігінің қозғалысын басқару сапасын арттыруы тиіс.

6. Маршруттық көлік желісін жетілдіру мәселелерін қарау тек оқшауланған маршруттарды ескере отырып жүзеге асырылады, бұл көбінесе маршруттық көлік желісінің жолаушылар көлігімен жол көше торабы шамадан тыс қанықтылығына қарай бұрмалануына әкеп соғады.

7. ҚЖК-те басқарудың қолданыстағы әдістерінің тағы бір кемшілігі – көлік қозғалысының кестесін қалыптастырудың ұтымды болмауы. Кесте тек оқшауланған маршруттар үшін жасалады. Бұл жағдай аялдама пункттерінде көліктің жиналуына, олардың өткізу қабілеттілігінің төмендеуіне, ҚЖК технологиялық аялдамаларында тоқтап тұру уақытының ұлғаюына, сондай-ақ ЖКО санының артуына әкеледі.

8. Бір миллионға жуық халқы бар ірі қалалардағы проблемалардың жоғары өзектілігіне және тек құрлықтағы көлік түрлерінің болуына қарамастан, ҚЖК-ін ірі қалалардың әлеуметтік-экономикалық жүйесі ретінде ұйымдастыру және басқару мәселелерін қарастыру ғылыми жұмыстарда (белгілі бір қиындықтарға байланысты) мардымсыз көрініс табады және одан әрі дамуды қажет етеді.

ҚЖК әлеуметтік-экономикалық жүйесінің сапасы мен тиімділігі аталған компоненттердің әрқайсысына тәуелді. Ірі қалалардың жұмыс істеуінің нақты жағдайында ҚЖК-н ұйымдастыру және басқару, әрине, қарастырылып отырған мәселелердің барлық жиынтығын ескеруі керек. Бұл мәселелердің шешімі бірыңғай әлеуметтік-экономикалық жүйе ретінде ҚЖК басқаруды жетілдіру болып табылады.

Ірі ғылыми еңбектердің көптеген авторларының тәжірибесіне сүйене отырып, сондай-ақ автордың жеке тәжірибесі негізінде барлық қалалар үшін ҚЖК-н ұйымдастыру үдерісін бірыңғай үлгі бойынша толық автоматтандыруға мүмкіндік беретін әдістер табылмады. Әр қаланың өзіндік ерекшеліктері бар: бірегей кеңістіктік-жоспарлау архитектурасы, өнеркәсіптік инфрақұрылым, белгілі бір аумақта тұратын азаматтардың қаржылық-экономикалық жағдайы және менталитеті. Сонымен қатар, жолаушылар көлігінің жұмысын ұйымдастыру және бақылау саласында әртүрлі қалалар үшін көптеген

ұқсастықтар бар. Белгілі бір ірі қаланың жеке мәселелерін шешу ұқсас проблемалары бар қалалардың мәселелерін шешуге көмектеседі.

### 1.5 Тарау бойынша тұжырымдама

Әдеби деректерді талдау келесі тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді.

Тараз қоғамдық көлік байланыстарының графикалық-аналитикалық моделі жасалып, талдау жүргізу нәтижесінде: көлік желісінің тығыздығы - 1,51км/км; желіні қамту коэффициенті 0,28; маршруттық коэффициент 2,93; тіке еместік орташа коэффициенті 2,3.

Бұл көрсеткіштер арқылы маршруттар қаланың тиімді негізгі көшелерінде шоғырланғанын көрсетеді және келесі проблемаларды тудырады:

– қалада қалалық жолаушылар көлігі маршруттарының қайталануының деңгейі айтарлықтай жоғары екені байқалды

- қазіргі аялдамалар көп жиілікті көлікті қабылдай алмайды;

- автобустар жолаушыларды отырғызу және түсіру үшін бірнеше қатардағы аялдамаларда тоқтауға мәжбүр;

- кейбір аудан аумағында жаяу жүргіншілерге қалалық жолаушылар көлігі аялдамаларына дейін қол жетімділігі нормативтен асып түсетін аумақтардың бар екенін көрсетті

- жаяу жүргіншілер мен жолаушылар арасында көшелер мен аялдамаларда ЖКО мен жарақат алу үшін қиын жағдайлардың туындау ықтималдығы бірнеше есе артады.

– жекелеген маршруттардағы жылжымалы құрам санының және жүргізушілер жеткіліксіз болуы маршруттағы айтарлықтай төмен қозғалыс интервалына әкеледі.

МЖ-ні оңтайландырудың белгілі әдістерін хронологиялық тәртіпте зерттеп, талданды. Алынған талдау негізінде зерттелетін саладағы ғылым негізінен ҚЖК МЖ оңтайландырудың математикалық модельдері мен бағдарламалық-есептеу құралдарын жетілдіру арқылы дами береді деген қорытынды жасалды. ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыруды талдау кезінде қалалық көлік жүйесінің барлық қатысушыларының мүдделері қарастырылып, тұтастай алғанда жүйенің тиімділік көрсеткіштері тұжырымдалды.

Бұл тарау [6], [7], [8] жұмыстарында қарастырылған.

## **2 ҚАЛАЛЫҚ ЖОЛАУШЫЛАР КӨЛІГІНІҢ МАРШРУТТЫҚ ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУДЫҢ НЕГІЗГІ ҒЫЛЫМИ ТЕОРИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІ**

### **2.1 Қаладағы қоғамдық көлік жүйесін ұйымдастырудың негіздері**

Қазақстандағы қалалардың заманауи деңгейде дамуы үшін қажет болатын аса маңызды мәселелердің бірі қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесі болып табылады. Қазіргі кезеңде қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесіне қойылатын талаптардың деңгейі жоғарылап барады. Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесі бәсекелестік жағдайында жұмыс атқаруға қабілетті, үнемді, қауіпсіз және экологиялық тұрғыдан таза болуы тиіс. Сонымен қатар, қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесінің жұмысы сенімді болуы, отанымыз тұрғындарының, кәсіпкерлерінің, нарықтың, бүкіл қоғамның мүдделеріне бағытталған болуы қажет. Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесін осындай талаптарға жауап бере алатындай етіп реформалау көліктік кәсіпорындардың жұмыс жасауын мемлекеттік реттеуді ғана емес, сонымен қатар олардың шаруашылық жүргізуінің әдістерін ғылыми тұрғыдан негіздеуді және оны жетілдіру құралдарын жасап шығуды талап етеді.

Әлеуметтік-экономикалық тиімділік – әлеуметтік мақсаттарға жетудің критерийлерінің бірі болып табылады. Ол сәйкес әлеуметтік мақсаттарға жетудің және объективтік мүмкіндіктердің өзара сәйкес келуін көрсетеді [27]. Қалалық жолаушы көлігі, бірінші кезекте, тұрғындарға толық, дер кезінде, сапалы және сенімді тасымалдау қызметін көрсету сияқты ең маңызды әлеуметтік мәселелерді шешуге бағытталған. Сондықтан, қалалық жолаушы тасымалдаушы көліктің тиімділігін тек қана қала тұрғындары тұрғысынан қарау дұрыс болмас еді. Осы мәселенің екі жаққа да тиімді болатындай ортақ нүктесін табу – осы саланың қарқынды дамуының қажетті шарты болып табылары анық.

Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесінің мақсаты, экономикалық тиімділікпен өзара үйлесе отырып, қызмет көрсету сапасының жоғары деңгейін қамтамасыз етуін және тұрғындардың жылжуға деген сұранысын қанағаттандыру мақсатында, микроструктура қуатының жоғарғы деңгейін қамтамасыз ету болып табылады. Бұл мақсатқа қол жеткізу үшін төмендегі бірқатар мәселелерді шешу қажет:

- бүкіл жүйенің жұмыс істеу жағдайына мониторинг жасау, тенденцияларды, қалалық жолаушы тасымалының маусымдығын айқындау, нәтижелерге талдау жасау;
- жолаушы ағындарын зерттеуге және қала тұрғындарының жолаушы тасымалына деген сұранысын қанағаттандыратын маршруттық тораптар жасауға бағытталған кешендік іс-шаралар жүргізу;
- жолаушы ағындары пайда болатын орталықтарды айқындау;
- көліктік жетімділік деңгейі тұрғысынан қиын аймақтарды айқындау;
- қалалық маршруттардағы көлік құралдарының пайдалану тиімділігін арттыру, жылжымалы құрамның ұтымды түрін таңдау, түрлі жекелеген көлік түрлерінің жұмыс кестелерін бір-бірімен үйлестіру.

Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесіне талдау жасау үшін оның көрсеткіштерінің тиімділігін анықтаушы критерийлер жүйесін анықтап алу қажет. Критерий жәрдемінде зерттелуші нысанды бағалау жүзеге асырылады. Басқарылатын нысанның ағымдағы және болашақтағы болжамдалған күйі мақсаттық критерийлермен салыстырылады және осы салыстыру нәтижесі бойынша басқарушылық шешім қабылданады. Қалалық тұрғындардың жылжығыштығын басқарғанда, осы басқаруға қандай мақсаттық критерийлер негіз етіп алынғаны аса маңызды. Осыған байланысты қалалық тұрғындардың жылжуын қолдап тұрушы жүйенің оптималдық жағдайында айтарлықтай айырмашылық болуы әбден ықтимал. Сондықтан тұрғындардың қала ішіндегі жылжығыштығын ұйымдастырудың тиімділік критериясы, осы үдерістің қайсы учаскесінен және қандай көзқараспен қарастырылып жатқанына тікелей байланысты.

Қойылған мақсаттарға сәйкес, қалалық жолаушы тасымалдаушы көліктік жұмысын сипаттайтын төмендегі көрсеткіштер жүйесі деуге болады:

- жүйе жұмысының жалпылама нәтижелерін сипаттайтын көрсеткіштер;
- көлікпен қамтамасыз етілгендік деңгейін және тұрғындарға көліктік қызмет көрсету сапасын сипаттайтын көрсеткіштер;
- кәсіпорын-операторлардың тиімділігін, сондай-ақ, жекелеген маршруттардың жұмысының спецификасын сипаттайтын көрсеткіштер.

Біздің ойымызша, жіктеуге осындай тұрғыдан қарасақ, зерттелуші нысанның жұмысының барлық аспектерін көрсетеді және мақсатқа тезірек жеткізетін жол болып табылады.

Жалпылама нәтижелерді сипаттайтын тиімділік критерийлері сандық және сапалық болып бөлінеді (2.1-сурет).

Сондай-ақ, осы көрсеткіштер тобына төмендегі техникалық-пайдалану көрсеткіштерінде енгізуге болады:

- көліктік және маршруттық тораптың ұзындығы, км;
- тораптың тығыздығы, км/км<sup>2</sup>;
- тасымалдау жұмысындағы жеке көлік түрлерінің меншікті үлесі, %;
- жылжымалы құрамның орташа сыйымдылығы, адам;
- жылжымалы құрамның саны, бірлік;
- қала бойынша жолаушылардың көлікпен орташа жылжу жылдамдығы, км/сағ;
- жылжымалы құрамның орташа пайдалану мерзімі, жыл.

Статистикалық деректерді көрсету (тораптың ұзындығы, пайдаланудағы көлік түрлерінің саны, жылжымалы құрам бірлігінің саны және оның техникалық-пайдалану көрсеткіштері, тасымалданған жолаушылар көлемі және т.б.) төмендегідей сұрақтарға толық жауап бере алмайды: қызмет көрсетіп жүрген көлік түрлерінің комбинациясы қаншалықты тиімді, маршруттық-көліктік торап қаншалықты оңтайландырылған, көлік тұрғындардың жылжуға деген сұранысын қаншалықты қанағаттандырады, қызмет көрсетіп жүрген көлік жүйесінде тұрғындарға қызмет көрсету деңгейін қаншалықты жақсартуға болады және т.б.



Сурет 2.1 – Жолаушы тасымалдаудың көрсеткіштері

Қала ішіндегі жолаушылар тасымалдауды, тұрғындардың көзқарасымен қарайтын болсақ, тасымалдауды ұйымдастырудың тиімділігі оған жұмсалатын уақыт шығынымен, оны жүзеге асырудағы кідірістермен және осы жылжулардың комфорттық деңгейімен анықталады.

Уақыт шығынын бағалайтын критерий ретінде және жылжуға жұмсалған қаражатты бағалайтын критерийлерді бір-бірінен бөлек ажыратып алып қарастыруға болмайды. Жаяу жүрген жағдайда жылжушы субъект үшін жылжудың бағасы нольдік бағамен бағаланады, бірақ оған өте көп уақыт шығыны жұмсалатын болады. Жылжудың құны абсолют өлшегіш бола алмайды. Баға деген түсінік жылжушы субъекттің осы жылжуға жұмсаған уақыт мөлшерімен және оның табысының деңгейімен салыстыра қарастырғанда ғана белгілі бір мәнге ие болады. Әрине, бұл жылжу әртүрлі табыс иелері және статустары әртүрлі болған субъектер тарапынан әр түрлі қабылданатынын түсіну қиын емес.

Жылжуға жұмсалған уақыт төрт негізгі құраушылардан тұрады: субъекттің аялдамаға келуге жұмсаған уақыты, көліктің келуін күтуге жұмсалған уақыт, көліктегі жүріске жұмсалған уақыт, баратын нысанына дейін жылжуға кеткен уақыт. Сонымен, жұмсалған уақытты бағалау үшін төмендегі өрнекті пайдалануға болады:

$$T_{жылжу} = T_{жаяу1} + T_{күту} + T_{көлік} + T_{жаяу2} \quad (2.1)$$

мұндағы:  $T_{жаяу1}$  – аялдамаға келу үшін жұмсалған уақыт;  
 $T_{күту}$  – аялдамаға көліктің келуін күтуге жұмсалған уақыт;  
 $T_{көлік}$  – көліктегі жүріске жұмсалған уақыт;  
 $T_{жаяу2}$  – баратын нысанына дейін жылжуға жұмсалған уақыт.

Көліктік қызмет көрсетудің сапасын бағалау үшін тағайындалған нормативтік жүйелер база болып табылады. Жолаушының көзқарасы бойынша қызмет көрсету сапасы, (әсіресе, қалалар мен елді мекендерде) негізінен, көлікпен жүріске кеткен уақыт шығынымен анықталады. Қалаларды жоспарлауға арналған нормалар мен ережелер [5] (ҚР ЕЖ 3.01-101-2013) бойынша, елді мекендерде және ауылдық елді мекендерде көліктік жүйелерге төмендегі талаптар көзделген. Тұрғындардың тұратын орнынан жұмысқа немесе басқа көпшілік қатысатын нысандарға дейінгі көліктегі жүрісі (бір бағытта) 80% жолаушылар үшін ірі қалаларда 40 минуттан аспауы, ал, басқа елді мекендерде 30 минуттан аспауы қажет. Қалалық жолаушы тасымалдаушы көліктерге жүргізілген зерттеулер нәтижелеріне назар салсақ, еліміздің түрлі қалаларында жолаушылардың көліктегі жиынтық жүрісі бұл нормативтен 22-43% артық екендігін көрсетеді [28].

Тұрғындардың тұрғылықты мекенінен немесе жұмыс орнынан кез келген түрдегі қалалық қоғамдық көлік аялдамасына дейін болған қашықтық 500 м ден аспауы тиіс.

Қоғамдық көлік жұмысының нәтижелерінің әлеуметтік маңыздылығын ескеретін критерийлердің бірі – бір жолаушы-сағаттың құнымен көрсетілген көлікпен жүрісте үнемделген уақыт болуы мүмкін.

Жұмсалған уақытты ақшалай эквивалентпен бағалау өте қиын. Түрлі зерттеулерде түрлі бағалау әдістері қолданылады, бірақ, олардың барлығы орташа еңбек ақы туралы дерекке негізделеді. Біздің ойымызша, бұл түбегейлі дұрыс емес сияқты. Өйткені, әрбір жолаушының жұмсаған уақыт шығынының бағасы әртүрлі (зейнеткер, жұмысшы, кәсіпкер, студент және т.б.), оның үстіне көліктегі жүріс жұмыстық жүріс немесе тұрмыстық жүріс болуы әбден ықтимал.

Жолаушы-сағаттың құнын анықтау шартты, орташаланған сипатқа ие, себебі ол не мәні жалпы беймәлім болған, не мәнін анықтау өте қиын болған бірқатар факторларды қамтиды (уақыт шығынының ақшалай бағалануы қоғамның әрбір мүшесі үшін индивидуалдық сипатқа ие) [29]. Бұл көрсеткіштің сандық мәнін тағайындауға ұмтылыстың өте салмақты негізі бар, себебі, жолаушының жолда жүруі оның жұмыстық немесе бос уақытын жоғалтудан басқа ештеңе емес. Бос уақыт ереше әлеуметтік-экономикалық структураны құрайды, оның шеңберінде жұмысшы күшін қайта қалпына келтіру үдерісі жүріп жатады. Бұл дегеніміз адамдардың жалпы өмір сүру үдерісін қамтамасыз етудің құрамдас бөлігінің бірі болып табылады.

Көлікпен жүргендегі уақыт шығынын экономикалық бағалау еңбек ресурстарын бағалаумен тікелей байланысты. Бұған екі тұрғыдан қарауға

болады: халық шаруашылығы тұрғысынан және тұтынушы тұрғысынан. Халық шаруашылығы тұрғысынан бағалау барысында индивидуалдық пайдалылығы мен қатар сыртқы әсерді де ескереді. Атап айтқанда өндірістегі өнім шығынын жоғалтуды немесе көлікпен жылжудағы жұмыс уақытын жоғалтудан келіп шығатын қызмет көрсетуді жоғалту мен көліктегі шаршауды; тиімсіз экономикалық саясат салдарынан еңбек ақысындағы өзгерістерді ескереді. Тұтынушылықтағы уақыт пайдалылығын құндық бағалау екі шектеуді ескереді: жүріске жоғалтқан уақытта табуға мүмкін болған кіріске; көлікпен жүруге жұмсалған уақытқа. Сонымен, уақыт шығынын құндық бағалау индивидуумның табысына да байланысты, жылжу түрі мен көліктік жағдайларға да байланысты (себебі, көліктік жағдай қаншама нашар болса, уақыт шығыны да соншама көп).

Уақыттың тұтынушылық пайдалылығын құндылық тұрғысынан бағалауға талдау жасаудың екі негізгі әдісін анықтаймыз: байқалған басымдылық және айтылған басымдылық. Уақыт шығынын байқалған басымдылық әдісімен талдама жасағанда, уақыт шығыны жолаушылар мен жүргізушілердің мінез-құлқын күзету нәтижелеріне сүйене отырып бағаланады. Бұл әдістің кемшілігі мынада: біріншіден, іс жүзінде жылжу әдісін таңдау өте шектелген, екіншіден, қабылданбай тасталған альтернативаның (мысалы, арзанырақ және төменгі жылдамдықпен жүру) пайдалылығы, қабылданып алынған альтернативаның (мысалы, қымбатырақ және жоғары жылдамдықпен жүру) пайдалылығына шамамен тең екендігіне жеткілікті негіз жоқ. Талдау жүргізу үдерісінде айтылған артықшылықтардың өмірде бар альтернативаға гипотетикалық варианттары қосылады (мысалы, жолаушылар мен жүргізушілерге анкеталық сұрақтама жүргізу нәтижелері негізінде).

Әдетте, көлікпен жылжудың төмендегі түрлерін қарастырады: жұмыс бабымен жылжу, коммерциялық жылжу, жұмысқа бару – жұмыстан қайту (еңбек ету мақсатындағы жылжулар), жеке мақсаттағы (мәдени-тұрмыстық) жылжулар (2.1-кесте).

Сонымен қосымша уақыт шығынын, мысалы, жаяу жүріспен жылжуларға, күтуге [30] кеткен уақыт шығындарын қабылданған уақыт шығындарын бағалауға қарағанда 1,5 есе көтеріңкі болатындай етіп қабылдайды. Көлік кептелісі болған жағдайларда бағалау құны қызмет көрсету деңгейіне (жолдың жүктелу деңгейіне) байланысты 1,33-2,0 есе артады [31]. Жоғарылатылған бағалауды көлікпен жылжудағы дискомфортты ескеру мақсатында да қолдану мүмкін (мысалы, қоғамдық көлікте «пик сағаттарда» жүру).

Еліміздің бай және кедей аймақтарындағы бағалаудың мейлінше әділеттірек болуы үшін [30] әдебиетте есептеулерде бүкіл еліміз бойынша еңбекшілердің жалақысының орташа мәнін пайдалануды ұсынады.

Бос уақытты – бір жолаушы-сағатты – экономикалық бағалауды қолдану түрлі көлік түрлерін пайдаланудың тиімділігін салыстыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, жолаушы уақыт құнынан басқа жол ақысын төлеу бойынша да уақыт жоғалтады, оның мөлшері жолдың ұзақтығына (қаланың іші, қаланың маңы), көлік түріне (автобус, троллейбус, такси) байланысты болып келеді. Біз танысып шыққан әдеби көздердің бірде-бірінде бұл жағдайлар ескерілмеген. Яғни, біздің пікірімізше, жолаушылардың ақшалай шығынын

олардың жылжуға шығындаған уақытының құнымен қоса жол жүруге жұмсаған ақшалай шығынын да бірге алып, кешеді бағалаған дұрыс болатын сияқты.

Кесте 2.1 – Дамыған елдерде қабылданған, тұрғындардың көлікте жүруге кеткен уақыт шығынын құндық бағалау

Жылжу түрі	Халық шаруашылығы бойынша орташа сағаттық жалақысынан үлесі, %	
	Әдебиет [32]	Әдебиет [33]
Жұмыс кезінде	100-115*	100-115*
Жұмысқа–жұмыстан:		
Жүргізуші	60-90	50
Ересек жолаушы		35
Бала (16 жасқа дейін)		25
Жеке (сауда, дем алу):		
Жүргізуші	60-75	-
Жолаушы	20-40	-
*жұмыс берушінің қосымша шығындарын қоса есептегенде		

Соңғы уақыттарда көліктегі шаршау деген категорияны үйренуге көбірек назар аударылып келеді. Бұл мәселені үйренуге тек экономикалық зерттеулер ғана емес, сонымен қатар, мысал ретінде айтатын болсақ, [34] еңбекте, қала тұрғындарының өмірі мен өмір сүру жағдайларындағы өмірдің жоғары қарқындылығы мен қатар, қозғалыстың аздығы (гипокинезия) да, қала тұрғындарының қоршаған табиғи ортадан бөлініп қалғандығы және антропогендік өзгерген ортада болу уақытының артуы да, қалалық қоғамдық көлікте ұзақ уақыт бойы жүруге қажеттіліктің болуы да байқалады. Осылардың салдарынан олардың көліктен шаршауы пайда болады. Әрине, жоғарыда атап өтілген факторлардың барлығы, өмір сүру және жасау жағдайында абиологиялық тенденцияларды қалыптастыра отырып, адамның денсаулығына, оның еңбек қабілеттілігіне және өзін сезінуіне өте маңызды әсер етеді.

Бұл жерде шаршау түсінігінің анықтамасын беруге қажеттік пайда болады. [35] әдебиетте шаршауға төмендегідей анықтама беріледі: организмнің қажу деңгейі біздің психикамызбен анықталады және субъективті түрде шаршау ретінде қабылданады. Шаршау – бұл психологиялық жағдай болып, ол адамның еңбек үдерісіндегі нақты өнім шығарудағы еңбек қабілеттілігін жүзеге асыруға кедергі келтіреді. Ол, әдетте, бас ауыратын, аяқ-қолдар ауыратын, «талқандалған» белгілермен жүзеге шығады, еңбекке деген, өзінің функционалдық міндеттерін орындауға деген кері (отрицательный) мотив туындайды.

Көліктік шаршаудың еңбек өнімділігіне әсері туралы көптеген зерттеулерде айтылған [36], бірақ, әсер ету дәрежесін бағалау жеткілікті зерттелмеген.

Көліктік шаршау еңбек өнімділігіне тікелей әсер етеді [37]. Жұмысшының еңбек өнімділігінің оның жұмыс қажеттілігі бойынша жылжуға жұмсаған



уақытына байланысты өзгеруі сенімді зерттеулермен анықталған. Еңбектік жылжулардың бекітілген лимиттен тыс 10 минутқа артуы (ірі қалаларда 40 минутқа, қалған қалалар үшін 30 минутқа артуы) еңбек өнімділігінің 3-4%-ке төмендеуіне әкеліп соғады екен. Жұмыс орнынан 5 км қашықтықта жасайтын тұрғындардың еңбек өнімділігі, жаяу жүріп келетін жақын қашықтықта жасайтын тұрғындарға қарағанда 12%-ке төмен болатыны анықталған [28].

Еңбектік жылжуларға шығындалған уақыт пен еңбек өнімділігі арасында тәуелділік бар (2.2-кесте) [28].

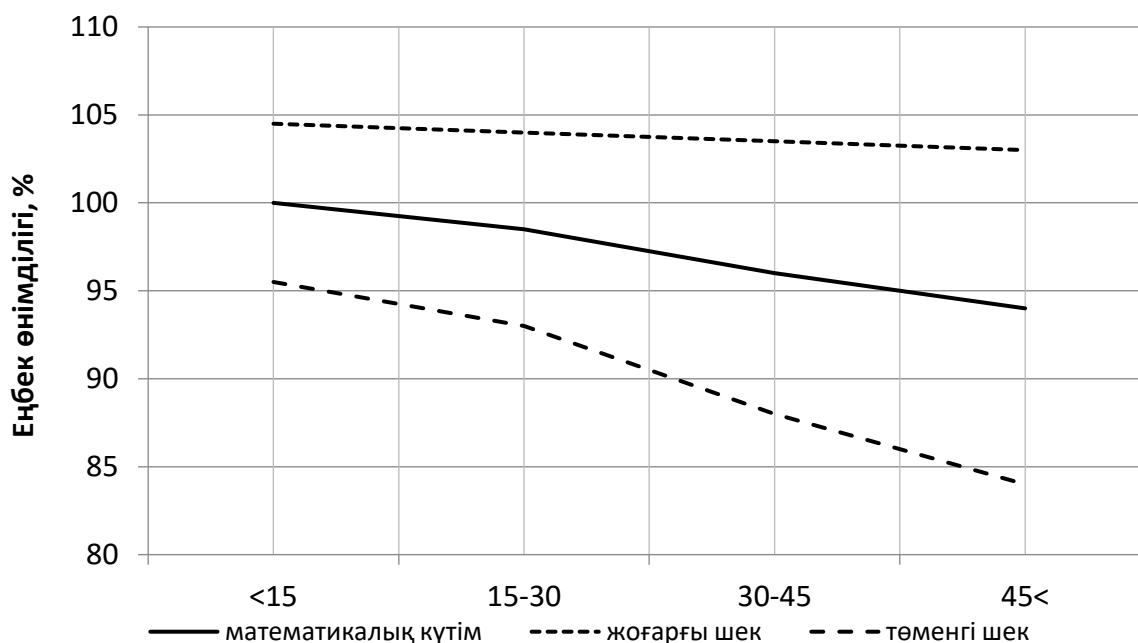
Кесте 2.2 – Еңбектік жылжуларға шығындалған уақыттың жұмысшының еңбек өнімділігіне әсері

Кәсіпорын аталуы	Еңбек өнімділігі (%)			
	Уақыт шығыны, мин			
	<15	15-30	30-45	>45
Инструмент зауыты	107,6	107,4	106,9	104,3
Спорттық аяқ киім фабрикасы	105,7	103,6	96,6	91,1
Кеңсе тауарлары фабрикасы	101,6	99,9	99,8	98,4

Еңбектік жылжуларға шығындалған уақыт пен еңбек өнімділігі арасындағы аналитикалық тәуелділік төмендегіше өрнектеледі:

$$E_{\text{өнім}} = 100 - 0,0373T_{\text{жылжу}} - 0,00212T_{\text{жылжу}}^2 \quad (2.2)$$

Модельдің қателігі 1%-дан кем (2.2-сурет).



Сурет 2.2 – Еңбек өнімділігінің жылжуларға шығындалған уақытқа тәуелділігі

Адам өмірінің тәуліктік ритмінен туындайтын еңбек өнімділігінің тербелісі жақсы зерттелген. Бұл ритм адамның сергек жүруі мен ұйықтауы

сияқты табиғи үдерістердің циклділігіне дағдылануының нәтижесі болып табылады. Еңбек өнімділігінің ең жоғары болатын тиімді кезеңі 8.00-12.00 және 17.00 мен 21.00 сағаттар аралығындағы кезең. Жұмысшының берген тапсырманы ең төмен деңгейде орындауы 14.00-16:00 сағаттар аралығында, әсіресе төмен көрсеткіш түнгі 2.00-6.00 сағаттар аралығындағы кезең болып табылады. Зерттеулер нәтижесінде анықталғанындай, сұрақтама жүргізілген жүргізушілердің 25%-і күндізгі сағат 12.00 және 15.00 сағаттар аралығында жүргізіп отырып ұйықтап кеткен, ал жүргізушілердің 58%-і сағат түнгі 0.00-5.00 сағаттар аралығында жүргізіп отырған күйінде ұйықтап кеткен.

Негізгі еңбектік жылжулардың уақыты адамның еңбек өнімділігі ең жоғары болатын уақыт кезеңімен тұспа-тұс келеді. Мұнан шығатын қорытынды: жылжуларға жоғалтылған уақыттардың басым бөлігі еңбек өнімділігінің «пик сағатына» дәл келеді екен.

Аялдамаға келу уақыты мен көзделген орынға дейін көліктегі жүріске жұмсалған уақыт, ең алдымен, маршрут торабының тығыздығына және қалалық құрылыстың типіне, аялдамалардың орналасу жиілігіне тәуелді.

Маршрут торабының тығыздығы қала территориясының 1 км<sup>2</sup> ауданына тура келетін жолаушы линиясының километрлер санымен сипатталады:

$$P = \Sigma L_k / F \quad (2.3)$$

мұндағы:  $L_k$  – маршрут өтетін көшелердің ұзындығы, км;

$F$  – қызмет көрсетілетін аймақтың (қаланың) ауданы, км<sup>2</sup>.

Қалалық құрылыстың типі: қала типіндегі елді мекен, қала типіндегі ауыл, ауылдық елді мекен. Қоғамдық көлік линияларындағы аялдамалар арасындағы қашықтық елді мекендер шеңберінде: автобустар, троллейбустар және трамвайлар үшін 400-600 м.

Күту уақыты қоғамдық көліктің жұмыс қарқындылығына байланысты (жылжымалы құрамның қозғалыс интервалы), тәуліктің уақытына (пик сағаты, пик аралығындағы уақыт), сондай-ақ, қызмет көрсетуге тапсырыс берілген орынға тәуелді. Отырғызудан бас тарту ықтималдығы оның пайда болған жерінен соңғы аялдамаға дейінгі аралықтың қашықтығының артуымен арта отырып, жолаушы жұтушы аймақпен шектеледі.

Көлікпен жүру уақытына төмендегі бірқатар факторлар әсер етеді: жолаушы тасымалдаушы көліктің жылдамдығы және баратын мекеннің алыс-жақындығы. Жолаушы тасымалдаушы көліктің жылдамдығы оның типіне, қозғалыс қарқындылығына және жол жағдайларына тәуелді. Қозғалыс жылдамдығы пик сағаттарында едәуір төмендейді. Автомобильдендірудің өсіп баруымен бірге қоғамдық көліктің жылдамдығы катастрофалық төмендейді. Бұл өз кезегінде көліктік кризиске алып келуі әбден ықтимал, әсіресе ірі қалаларда бұл проблема қазірдің өзінде кезек күттірмейтін өзекті мәселеге айналуда.

Жылжудың комфорттылығын анықтағанда жүріс сапасының деңгейін  $K_i$  пайдаланады, бұл дегеніміз қоғамдық көліктің  $i$ -ші түріндегі жолаушылар жылжуының параметрлерінің кешені болып табылады.

Жүріс сапасының деңгейін төмендегі формуладан анықтауға болады:

$$K_i = \sum_{i=1}^i m_i T_i \quad (2.4)$$

мұндағы:  $T_i$  – көліктің  $i$ -ші түріндегі жылжу сапасының параметрі;  
 $m_i$  – жылжу сапасының  $i$ -ші параметрінің үлесін ескеретін коэффициент

Жүріс сапасының негізгі параметріне жататындар: жолаушының ыңғайлы орналасуы, салонға кірудің, салоннан шығудың ыңғайлылығы, көрінгіштігі (обзорность), жолда дем алудың мүмкіндігі, маршрутта жылжу барысында ақпараттық (арнайы және көңіл көтеру) қызмет көрсету. Жүріс сапасы толу дәрежесіне, пайдаланудағы жылжымалы құрамның түріне және көлік құралының тозу дәрежесіне тәуелді (2.3-сурет).

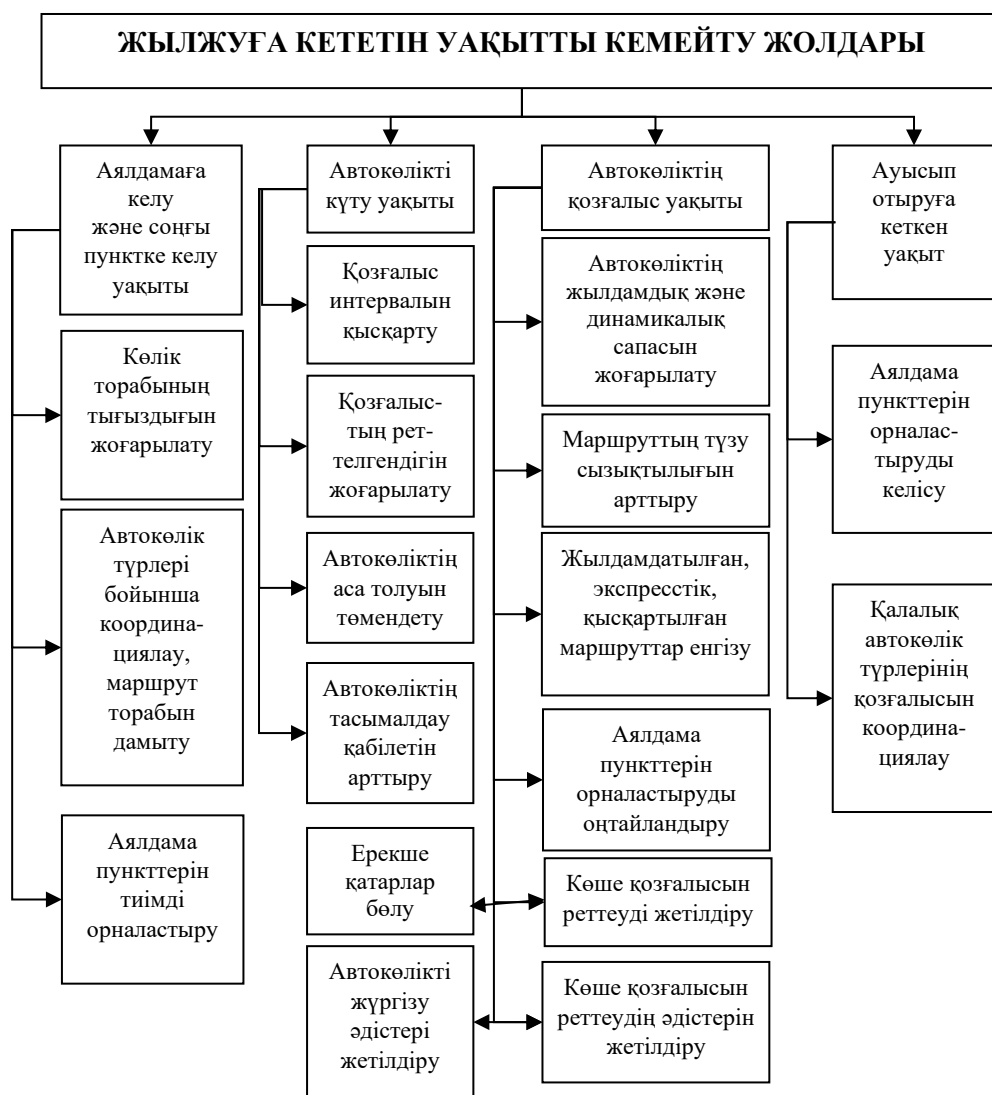
Жүрістің әрбір параметрін эксперттік бағалау жолымен анықтайды да, одан кейін сұрақтамалар нәтижесін математикалық өңдеуден өткізеді. Бұл жерде, алдымен, сапаның әрбір параметрінің маңыздылық дәрежесі анықталады, яғни, сапаның жалпы деңгейіндегі әрбір параметрдің үлесі анықталады, содан кейін, сол параметрдің мәні анықталады.

Кесте 2.3 – Тасымалдау үдерісінің әлеуметтік тиімділігіне түрлі факторлардың әсері

Басты мақсаты	Екінші деңгейдегі мақсаты	Үшінші деңгейдегі мақсаты
Жолушыларға қызмет көрсету сапасы	Жылжу уақыты	Аялдамаға келу уақыты
		Аялдамада күтіп тұру уақыты
		Жолдағы уақыты
		Аялдамадан кету уақыты
	Жолақы құны	Жолақысын жинау жүйесі
		Заманауи жолақысын жинау жүйесі
	Жүрістің комфортабелділігі	Көлік құралының түрі
		Салонның толу деңгейі
		Ақпараттық-көңіл көтеру қызметі
	Аялдау павильондарының болуы	Мініп-түсудің ыңғайлылығы
		Ақпараттық қамтамасыз ету

2.3-суретте жолаушы көлігіндегі жолаушының көліктегі жүріске кететін уақыт шығынын қысқартудың жолдары көрсетілген.

Қорыта айтқанда, тұрғындар көзқарасымен қарағанда қала ішіндегі жылжуларда қолдау көрсету жүйесі «идеальдық жағдайда» қаланың кез келген нүктесіне лезде және төлемақысыз жеткізіп салуы тиіс. Егер бұл мүмкін болғанның өзінде, мұны жүзеге асыру үшін үлкен қаржы қажет болар еді.



Сурет 2.3 – Жолаушы көлігіндегі жолаушының көліктегі жүріске кететін уақыт шығынын кемейту жолдары

Кәсіпорын-операторлар тұрғысынан қарағанда қала ішіндегі жылжуларды жүзеге асыруды ұйымдастырудың тиімділігі тасымалданған жолаушылар санымен және тарифтің мөлшерімен, сонымен қатар, жиынтық шығындармен анықталады. Тиімділікті бағалауға ұсынылған өлшеуіштерді қарастыра отырып, төмендегідей қорытынды жасауға болады: олардың көпшілігі тиімділіктің өзін жеткілікті дәрежеде анық және көрнекті етіп көрсетіп бере алмайды.

Біздің пікірімізше, 1 км маршрутқа тасымалданған көлеммен сипатталатын көрсеткішті пайдалану тиімді болмақ. Тәуелділік түрінде оны төмендегіше өрнектеуге болады:

$$K_k = \frac{Q}{L} \quad (2.5)$$

мұндағы:  $Q$  – көлік құралының номинальдық сыйымдылығы;  
 $L$  – тасымалданған жолаушылар саны.

Бұл коэффициент көлік құралының сыйымдылығын пайдалануды ескермейді

$$K_{\text{ауыс}} = \frac{Q}{q} \quad (2.6)$$

мұндағы:  $q$  – ауысымдық коэффициенті;

$$K = \frac{Q}{qL} \quad (2.7)$$

мұндағы:  $K$  – сыйымдылықты пайдалану коэффициенті.

Бұл коэффициенттің мәні 1-ге тең болғанда тасымалдаушы үшін идеальдық жағдай болып табылады. Бұл – маршруттың әрбір километрінде жолаушылар толық алмасып отырады деген сөз.

Әрине, мақсаттық көрсеткіш қозғалыстың орташа жылдамдығы түрінде бейнеленген уақыттық құраушыны да ескеруі тиіс.

$$K = \frac{Q}{qLt} \quad (2.8)$$

мұндағы:  $t$  – рейс уақыты.

Экономикалық жүйенің қандай түрінде болмасын мақсаттық және әлеуметтік-экономикалық критерийлердің бір-біріне қарама-қайшы келуі қалыпты жағдай болып саналады. Бұл конфликтердің пайда болу себебі үдерісте қатысушы түрлі субъектердің әрқайсысының өзінің локальдық тиімділік критерийлері бар, олар бір-бірімен және жалпы, бүкіл жүйенің глобальдық критерийлерімен қарама-қайшылықта болуы әбден мүмкін.

Жолаушы ағынының шамасына төмендегі факторлар түбегейлі әсер етеді: маусымдылық (аптаның күндері, жылдың маусымдары), ауа-райының жағдайы, мерекелік іс-шаралардың өткізілуі. Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік кәсіпорын-оператордың пайдасы, ең алдымен, төмендегі негізгі құраушыларынан тұрады: маршруттағы жолаушы ағыны және жол жүру тарифы.

Маршруттың шығындарын төмендегілерге бөлуге болады [38]:

– тұрақты шығындар – жылжымалы құрамның құны (төленген проценті және көлік құралының амортизациясы), сақтандыру және салық төлемдері;

– айнымалы шығындар – жанар-жағар май, жылжымалы құрамға қызмет көрсету, қосалқы бөлшектер және жөндеу шығындары;

– персоналдарға төленетін шығын.

Жолаушы тасымалдаудың тиімділігі, ең алдымен, жылжымалы құрамды тиімді пайдаланумен анықталады, бұдан өнімділік, тасымалдау құны, пайда мөлшері және автокөліктік ұйымның рентабельділік деңгейі анықталады. Шарушылық іс-шаралардың тиімділігін бағалау өндірістік шығындар мен

өндірістік ресурстар шығынының айырмасының нәтижесі түрінде анықталады. Осы көрсеткіштің шамасы бойынша жолаушы көлігінің барлық түрінің жұмысын дәл сипаттап беруге болады.

Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік кәсіпорын-оператор өзінің оптимумын пайданы арттыру түрінде көреді, ол үшін, пайдалану ресурстары тегін болғаны тиімді, ал тұрғындар болса қалалық жолаушы тасымалдаушы көліктің қызметі есебінен өздерінің жылжуға деген сұранысын толық қанағаттандырады еді.

Қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесінің сапасын арттыру және тиімділігін жоғарылату проблемасы еліміздің түгелдей барлық қалалары үшін аса маңызды болып табылады, өйткені бұл үдерістің әлеуметтік және экономикалық құраушылары бар.

Қазіргі уақытта көп критерийлі зерттеу әдістері де пайда болып келе жатыр, мұнда көліктік қызметтің мақсатын айқындайтын бірқатар көрсеткіштер қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесінің жұмысының тиімділігінің толыққанды критерийін құрайды. Маршруттық жолаушы тасымалдаудың қоғамдық пайдалылығын қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесінің тиімділік коэффициенті арқылы анықтауға болады. Бұл коэффициенттің мәнін тұрғындардың нормативтік сұранысын қанағаттандыруға кеткен шығындардың іс жүзінде кеткен шығындарға қатынасы ретінде анықтайды [29]:

$$K_3 = \frac{Q(t) \cdot (0,5 \cdot S_a + 0,25 \cdot S_m + 0,25 \cdot S_{mp})}{\omega \cdot (Q_a \cdot S_a + Q_m \cdot S_m + Q_{mp} \cdot S_{mp} + Q_{mm} \cdot S_{mm}) + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 +} \quad (2.9)$$

мұндағы:  $K_3$  – қалалық жолаушы тасымалдаушы көлік жүйесінің тиімділік коэффициенті;

$\omega$  – тасымалдаушы жүйенің энтропиясының өзгеруін ескеруші коэффициент;

$Q(t)$  – жылжуға сұраныс, жолаушы;

$S_a$  – автобуспен тасымалдаудың өзіндік құны, тг/жолаушы;

$S_m$  – трамваймен тасымалдаудың өзіндік құны, тг/жолаушы;

$S_{mp}$  – троллейбуспен тасымалдаудың өзіндік құны, тг/жолаушы;

$R_1$  – сыйымдылығы тиімсіз көлік түрін пайдалануға байланысты қосымша шығындар, тг;

$R_2$  – тиімсіз көлік түрін пайдалануға байланысты қосымша шығындар, тг;

$R_3$  – жылдамдығы жоғары көлік түрін пайдалануға байланысты қосымша шығындар, тг;

$R_4$  – тасымалдауды ұйымдастыру деңгейімен байланысты қосымша шығындар, тг;

$R_5$  – тасымалдау үдерісінің инерттілігімен байланысты қосымша шығындар, тг;

$R_6$  – автобуспен тасымалдаудың өзіндік құнының артуымен байланысты қосымша шығындар, тг;

- $R_7$  – трамвайменен тасымалдаудың өзіндік құнының артуымен байланысты қосымша шығындар, тг;
- $R_8$  – троллейбуспен тасымалдаудың өзіндік құнының артуымен байланысты қосымша шығындар, тг.

Сонымен, жолаушы тасымалдауды жүзеге асырумен байланысты болған шығындар төмендегі параметрлердің функциясы болып табылады: жолаушы ағыны (тұрғындардың көліктік жылжығыштығы және қаладағы тұрғындар саны), жолаушы ағынын жолаушы көлігінің түрлері бойынша бөлістіру, пайдаланудағы жылжымалы құрамның жолаушы-сыйымдылығы және айнымалы шығындары, жылжымалы құрамның техникалық және пайдалану жылдамдығы, көліктік кешеннің ұйымдастырылу деңгейі. Бұл параметрлердің әрбірі өзінің кезегінде көптеген параметрлерге тәуелді болып келеді.

## **2.2 Қала тұрғындарының есептік жылжығыштығын болжау**

Тұрғындар үшін көлік қызметтерінің қол жетімділігі – қала шегінде жүру, қаланың басқа аудандарына өту – осы аумақта тұрудың тартымдылығын анықтайтын критерийлердің бірі. Халықтың әлеуметтік жылжығыштығын іске асырудағы көліктің маңыздылығын түсіну, оның ішінде қаланың көлік жүйесін дамыту бағдарламаларын орындау тиімділігінің индикаторларының бірі – халықтың көлікпен жылжығыштық коэффициентін таңдау кезінде көрінеді.

Мысалы Тараз қаласы үшін көлік қызметтерінің қолжетімділігі мәселесі қазіргі уақытта өзекті. Оның өзектілігі аймақтың әлеуметтік-экономикалық ерекшеліктерімен анықталады: едәуір аумақ, тарихи қалыптасқан біркелкі емес фокустық қоныстану және өндірісті оқшаулау, елдің экономикалық белсенділік орталықтарынан қашықтығы, Азия аймағының ірі экономикалық түйіндеріне географиялық жақындығы.

Көліктік жылжығыштық көрсеткіші жолаушылар тасымалын перспективалық жоспарлауда кеңінен қолданылады. Оның рөлі әсіресе көлік көлемі негізінен халықтың жылжығыштығына байланысты есептелетін перспективалық жоспарларды әзірлеуде үлкен.

Халықтың көліктік жылжығыштығы – қалалық жолаушылар көлігі жүйесінің тасымалдау мүмкіндігін анықтаудағы негізгі бастапқы дерек болып табылады. Оны анықтаудың дұрыстығы көлік желісін жобалауды, маршруттық жүйені негіздеуді, көлік түрлерін таңдауды және т. б. қоса алғанда, барлық есептеудің дәлдігіне кепілдік береді [39].

Төмендегі кестеде халықтың санына байланысты көліктік ұтқырлықтың нормативтері келтірілген. Бұл параметр бойынша елді мекендер 6 топқа бөлінеді. Елді мекендердің әрбір тобы үшін көліктік ұтқырлық және оның орташа мәндері болатын аралықтар келтірілген.

Халықтың жылжығыштығын анықтайтын негізгі факторларға мыналар жатады: ел халқының саны және оның өзгеру тенденциялары, адамдардың материалдық әл-ауқатының деңгейі, экономикалық аудандар, облыстар және елді мекендер бойынша халықтың орналасу сипаты, санаторий-курорттық желі

жағдайының деңгейі, жолаушылар көлігінің әр түрлі түрлерінің даму деңгейі, тасымалдау тарифтерінің шамасы және т. б..

Кесте 2.4 – Қала халқының көліктік жылжығыштығының нормативтері

Қалалар тобы	Халық саны, мың адам	Көліктік жылжығыштық, сапарлар/жыл	Орташа көліктік жылжығыштығы, сапарлар/жыл
I	1000 - 2000	650 - 750	700
II	500 - 1000	500 - 650	575
III	250 - 500	400 - 500	450
IV	100 - 250	300 - 400	350
V	50 - 100	250 - 300	275
VI	<50	150 - 200	175

ҚР Статистика комитетінің деректері бойынша [4] Таразда халқының саны 2019 жылы 447 мың адам болған (2.5-кесте), демек, ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 сәйкес [5] Тараз қаласы республиканың ірі қалаларының бірі болып табылады. Тараз халқының саны 2009 жылмен салыстырғанда 2019 жылы 31959 адамға, яғни 7,7%-ке өскен. 2019 жылы жолаушылар тасымалы 2009 жылмен салыстырғанда 74,7%-ке ұлғайды және 294,7 мың адамды құрады (2.5-кесте, 2.4-сурет). Тараз тұрғындарының жеңіл автомобильдерінің саны 2009-2019 жылдары 1,66 есеге немесе 66,4%-ке артқан.

Мысалы, 2009 жылдан 2019 жылға дейінгі кезеңде Тараз қаласының Статистика комитетінің деректері бойынша өңірдегі жеңіл автомобильдердің саны 79,2 мың бірлікке ұлғайды, ал олардың жалпы саны 198,5 мың бірліктен асты (2.5-кесте).

Тараз қаласында автомобиль жолдары желісін дамыту бойынша жұмыстар жүргізілуде, алайда бұл жұмыстардың ауқымы қазіргі уақытта халықтың өсуін ескере отырып, нақты қажеттіліктен едәуір артта қалып отыр.

Қазіргі уақытта бастапқыда өмір сүру сапасын жақсартудың тиімді құралы болуға арналған жеке автомобиль қалалық ортаның қалыпты жұмыс істеуінің жаһандық дағдарысын тудыратын негізгі себептердің біріне айналды.

Халықтың көліктік жылжығыштығы (ХКЖ) дегеніміз жылына бір тұрғынға шаққандағы жылжулар саны [29]:

$$P_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{тр}}}{K_{\text{ж}}} = \frac{Q_{\text{г}}}{K_{\text{ж}}} \quad (2.10)$$

мұндағы:  $P_{\text{тр}}$  – бір жыл ішіндегі көліктік жылжулар саны;

$K_{\text{ж}}$  – елді мекен тұрғындарының саны;

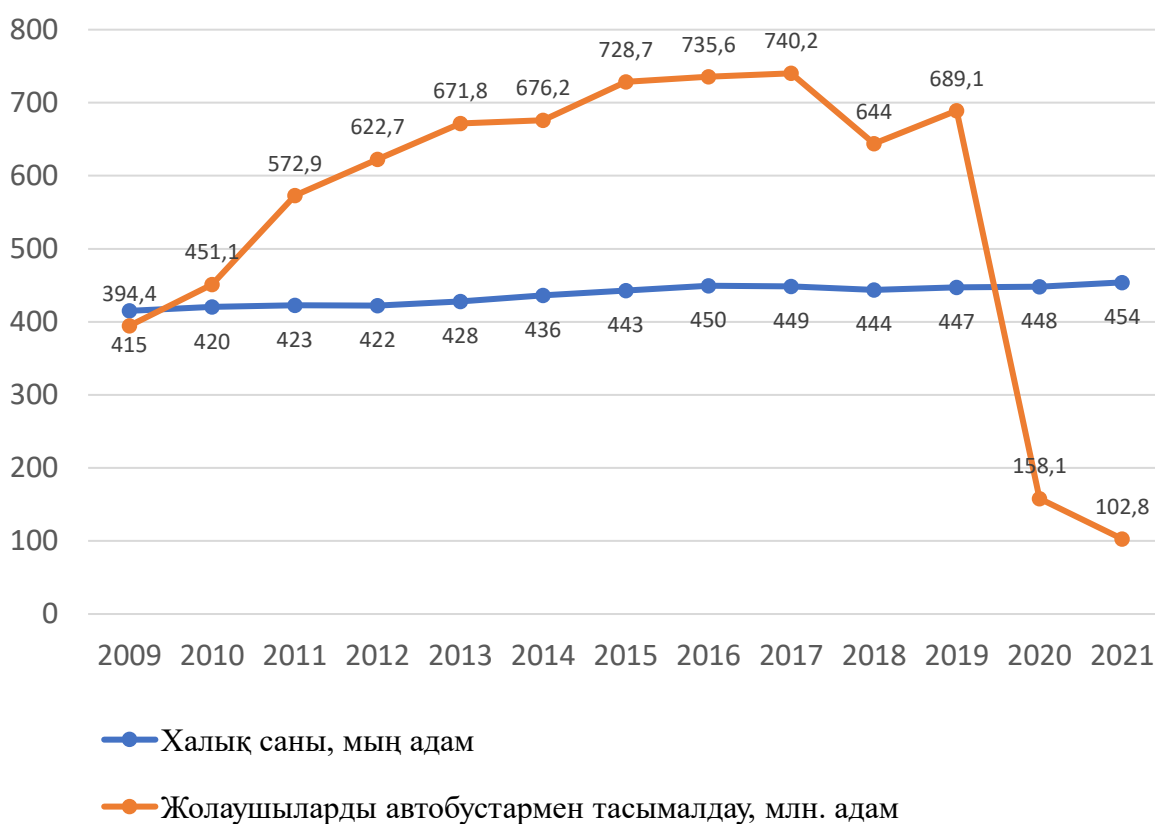
$Q_{\text{г}}$  жыл ішінде тасымалданған жолаушылар саны.



Кесте 2.5 – Тараз халқының көліктік жылжығыштығын бағалаудың зерттелетін моделінің нақты және есептік көрсеткіштерінің динамикасы

Жылдар	Халық саны, адам	Жолаушы тасымалдау, млн адам	Халықтың көліктік жылжығыштығы	Жан басына шаққанда ЖӨӨ, мың тг	Жан басына шаққанда орташа табыс, тг/ай	Автомобильдендіру, авт/1000 адам
2009	415 047	394,4	950	339,5	34 282	119,3
2010	420 278	451,1	1073	429,0	39 014	160,1
2011	422 763	572,9	1355	602,8	45 918	181,6
2012	422 200	622,7	1475	715,4	51 860	234,9
2013	427 848	671,8	1570	813,9	56 453	236,0
2014	436 433	676,2	1549	897,4	62 271	193,8
2015	442 690	728,7	1646	918,3	67 321	186,8
2016	449 510	735,6	1636	1 062,7	76 575	190,9
2017	448 670	740,2	1650	1 210,0	83 710	194,0
2018	443 895	644,0	1451	1 366,3	93 135	195,7
2019	447 006	689,1	1542	1 518,8	104 282	198,5
2020	448 133	158,1	352	1 675,8	116 126	199,6
2021	454 055	102,8	226	1 976,9	130 616	195,6

- Дереккөз: Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Статистика комитетінің ресми сайты- Авторлардың есептері бойынша деректер.



Сурет 2.4 – Жолаушылардың көлікпен жылжу көрсеткіштері

Халықтың көлік қозғалысы шамасының болжамын сызықтық типті тәуелділікті пайдалану арқылы алуға болады [40]:

$$y_i = b_0 + b_1 x \quad (2.11)$$

мұндағы:  $x$  – болжамды мән тәуелді фактор;

$b_0, b_1$  – белгісіз коэффициенттер.

Салыстырмалы  $b_0$  және  $b_1$  теңдеуі:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2.12)$$

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2.13)$$

Сызықтық байланыс күшін бағалау үшін корреляцияның іріктемелі коэффициенті әдетте төмендегі теңдеулер арқылы есептеледі:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.14)$$

Корреляция коэффициентінің мәніне байланысты әдетте келесі тұжырымдар жасалады:

$0 < |r| < 0,2$  -болжамды шама мен оны анықтайтын фактор арасында іс жүзінде ешқандай байланыс жоқ;

$0,2 < |r| < 0,5$ - әлсіз байланыс;

$0,5 < |r| < 0,75$  - орташа байланыс;

$0,75 < |r| < 0,95$  - күшті байланыс;

$0,95 < |r| < 1,00$  - іс жүзінде функционалды байланыс.

Жолаушылар ағынының нақты мәндерінің болжамнан ауытқуын сипаттайтын болжамның стандартты қатесі  $n$  мәндерінің аз саны кезінде формула бойынша белгіленеді

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2}{n - 2}} \quad (2.15)$$

Жоғарыда келтірілген формулаларды қолдана отырып, біз соңғы 13 жыл ішінде қалада жолаушылар көлігімен тасымалданған халықтың көліктік жылжығыш үшін регрессия теңдеуін таңдаймыз және оны болжау үшін қолданамыз.

Есептеуге арналған деректер 2.6-кестеде келтірілген.

2.6-кестені талдау бойынша біз популяцияның көліктік жылжығыштығына көрсеткіштер жиынтығының байланыс тығыздығын сапалық-сандық бағалауды анықтаймыз:

– халықтың көліктік жылжығыштығы арасындағы байланыс халық санының көрсеткіштерімен, халықтың ЖӨӨ және халықтың жан басына шаққандағы орташа табысымен айтарлықтай маңызды (0,9-дан жоғары);

– халықтың автомобильдеу деңгейінің көрсеткіші әлсіз болып саналады, корреляция коэффициентінің мәні 0,209;

Кесте 2.6 – Халықтың көліктік жылжығыштығының математикалық модельдері

№	Белгілері	Регрессия теңдеулері	Корреляция коэффициенті
1	Халық саны, млн. адам	$y_i = 2641,23 * x - 2036,59$	0,923
2	Жан басына шаққандағы ЖӨӨ, млрд.тг.	$y_i = 774,66 + 0,276 * x$	0,966
3	Жан басына шаққандағы орташа табыс, тг/ай	$y_i = 770,25 + 0,021 * x$	0,934
4	Автомобильдендіру, авт/1000 адам	$y_i = 1168,9 + 1,955 * x$	0,209

Жоғарыда аталған көрсеткіштердің халықтың көлік қозғалысымен өзара байланысының әсерін зерттеу айқын тәуелділіктерді анықтады. Бұл өзара тығыз байланыстар екі көрсеткішпен көрінеді - жан басына шаққандағы ЖӨӨ және халықтың жан басына шаққандағы орташа табысы.

### 2.3 Қоғамдық көлікке сұраныс пен ұсынысты модельдеу

Қоғамдық көліктің сұранысы мен ұсынысын имитациялық модельдеу бағдарламаларында жүзеге асырылады [41,42].

Қоғамдық көлік жүйесіне арналған көлік ұсынысының негізгі элементтеріне төмендегілер жатады:

- жол тораптары мен қиылыстары;
- аралықтар – қалалық көлік желісінің учаскелері;
- аудандар – жолаушыларды жөнелтетін көлік аудандары және жолаушылардың келу аудандары;
- іргелес – аудан орталықтарын қоғамдық қалалық және жеке көліктердің көлік желісімен біріктіреді;
- қоғамдық көлік аялдамалары;
- қоғамдық көлік қозғалысының бағыттары.

Көліктік сұраныс ауданаралық корреспонденция матрицасын құруды көздейді. Ол үшін қаланың барлық алаңы қалалық жолаушылар ағынының пайда болу және өтеу пункттері болып табылатын көлік аудандарына бөлінеді. Көлік аудандарының саны мен мөлшері қаланың конфигурациясына және халық

санына байланысты. Ауданнан ауданға ауысатын жолаушылар саны халықтың көлік қозғалысының деректері негізінде қабылданады. Есепке негізінен еңбек корреспонденциясы қабылданады. Жолаушылар ағынының мәні әр ауданның халқы туралы мәліметтер, жұмыс орындарын, ірі мәдени-ойын-сауық және сауда объектілерін орналастыру негізінде қалыптасады.

Ауданаралық корреспонденция матрицасы математикалық модельдеу (PTV visum бағдарламалық кешенінде "гравитациялық" модельді қолдану арқылы) және көлік қозғалысына сұранысты зерттеу (сауалнамалық, сауалнамалық зерттеулер) арқылы алынған. Әр ауданнан шығатын және әр ауданға тәулігіне келетін жолаушылар саны белгілі. Аялдамалардың әрқайсысы бойынша келу/кетудің жиынтық жолаушылар ағыны  $B$  қосымшасында келтірілген.

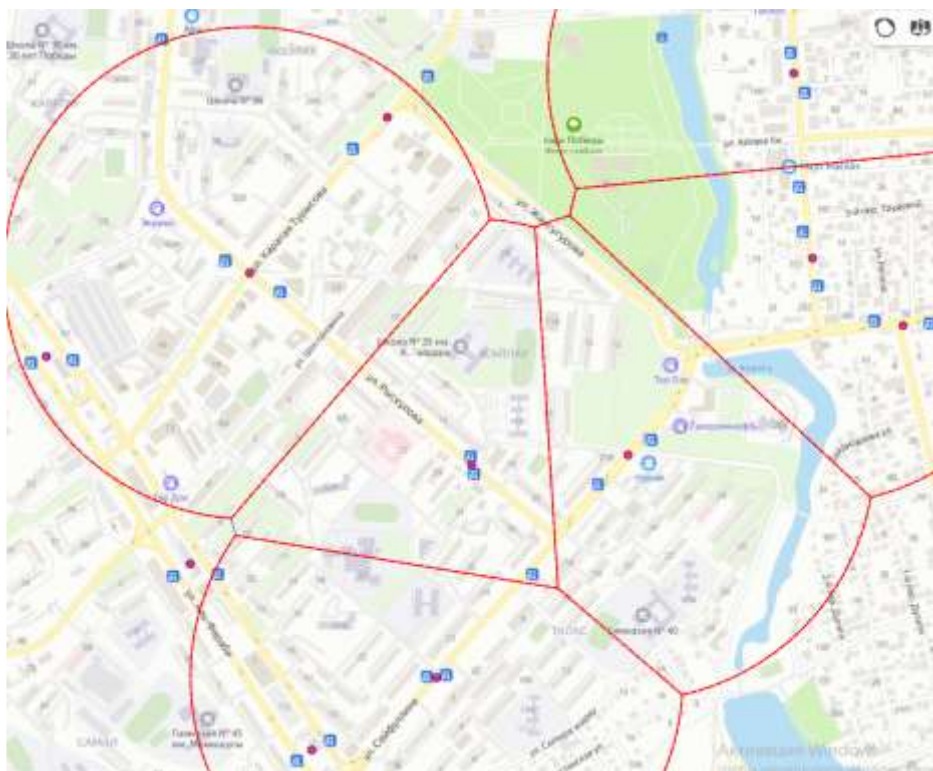
Жолаушылар ағыны шамасының өлшемі бойынша көлік-ауысып отыру тораптарын таңдау міндетін шешу үшін әрбір көлік ауданының тұрғындары қаралып отырған ауданға жататын және оларға ең жақын аумақтық (жөнелту ағындары) болып табылатын әрбір  $i$  аялдамаға (сұраныс үлесі) байланады. Көлік ауданына келу ағындарын қарастыра отырып, еңбекті қолдану орны болып табылатын ірі кәсіпорындардың, ұйымдардың, оқу орындарының болуы ескеріледі. Оларға ең жақын аялдамалар бөлінеді және қарастырылып отырған көлік ауданының  $j$  аялдмасына келетін жолаушылар ағынының мөлшері анықталады [43]. Сонымен қатар, аялдама деп бірнеше аялдама пункттері (мысалы, қалалық көліктің әртүрлі жүйелері) де аталатынын атап өткен жөн, олардың арасындағы ауысу уақытын елемеуге болады. Біз әр аялдамада жолаушылар ағынының мөлшері бар  $T_{ij}$  аралық корреспонденция матрицасын аламыз. Мұндай матрица қалалық транзиттік тораптардың орналасу орындарын іздеу және оңтайландырылған математикалық модель негізінде маршруттық желілерді оңтайландыру үшін бастапқы деректер ретінде пайдаланылады, бұл қалалық қоғамдық көлік желісінің бірқатар параметрлерінің әртүрлі жүйелік критерийлерге әсерін зерттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оңтайландырылған математикалық модель белгілі бір қала үшін маршруттық желілер жүйесін практикалық жобалауға негіз бола алады.

### **2.3.1 Тараз қаласының аумағын сегменттерге бөлу**

Кез-келген корреспонденция матрицасын есептеуге арналған әдіспен жөнелту  $Q$  векторын және келу  $D$  векторын анықтау керек. Бұл үшін қолжетімді болған шартты аялдама аймағын білу қажет. Осы жұмыс аясында келесі анықтамасын енгіземіз. Бұдан әрі шартты аялдама аймағы деп Тараз қаласының аумағында орналасқан 500 метрден 1000 метрге дейінгі өлшем сегментін түсінетін боламыз (2.5-сурет).

Біз  $490 \times 490$  матрицаны аламыз, ол Тараз қаласының бүкіл аумағын сипаттайды. Жөнелту "нүктелері" және келу "нүктелері" ретінде алынған аялдамалардың орталығын алайық, сонда қаланың әрбір сегменті ұшудың "нүктесі" және келудің "нүктесі" болады. Содан кейін қарапайымдылық үшін, жөнелту матрицасын тұрғын үй массивтерінің матрицасы деп, ал соған сәйкес

векторды жөнелту векторы деп атаймыз. Келу матрицасын тартылыс матрицасы деп, ал оған сәйкес келетін векторды келу векторы деп атаймыз.



Сурет. 2.5 – Тараз қаласын сегменттерге бөлу

### 2.3.2 Деректерді дайындау

Еңбек корреспонденциясының матрицасын құру үшін төмендегілерді білу қажет:

- жөнелту векторы;
- келу векторы;
- шығындар векторы.

Жөнелту векторын анықтау үшін біз еңбек корреспонденциясы үшін тұрғын үй массивтерінің матрицасын саламыз. Еңбек корреспонденциясы үшін тұрғын үй массивтерінің матрицасы – бұл экономикалық белсенді халықтың әр  $(i, j)$  сегментінде есептелген матрица. Экономикалық белсенді халықтың әр сегментінде тұратындардың санын көрсететін тұрғын үй массивтерінің матрицасын құру үшін алдымен бүкіл халықтың анын көрсететін тұрғын үй массивтерінің матрицасын есептейміз.

Әрбір шартты аймақтағы халық саны келесідей есептеледі. Тараз қаласындағы үйлерге дейін егжей-тегжейлі электрондық картаның көмегімен әр аймақта  $(i, j)$  әр түрлі қабаттағы тұрғын үйлердің санын "қолмен" санаймыз.

$(i, j)$  сегментінде орналасқан әр түрлі қабаттағы тұрғын үйлердің санын біле отырып, біз оларды осы қабаттағы үйде тұратын адамдардың тиісті санына көбейтеміз, содан кейін оларды қосамыз. Тұрғын үйде тұратын адамдар санының осы үйдегі қабаттар санына тәуелділігі 2.7-кестеде келтірілген. 2.6-суретте «Жайлау» шағын аудан сызбасы келтірілген.

Тұрғын үй массивтерінің матрицасындағы  $(j, i)$  элементі шартты аймағында  $(i, j)$  тұратын адамдар санына сәйкес келеді. Осылайша, суреттегі 490 сегменттің әрқайсысында тұратын адамдар санының толық сипаты анықталды.

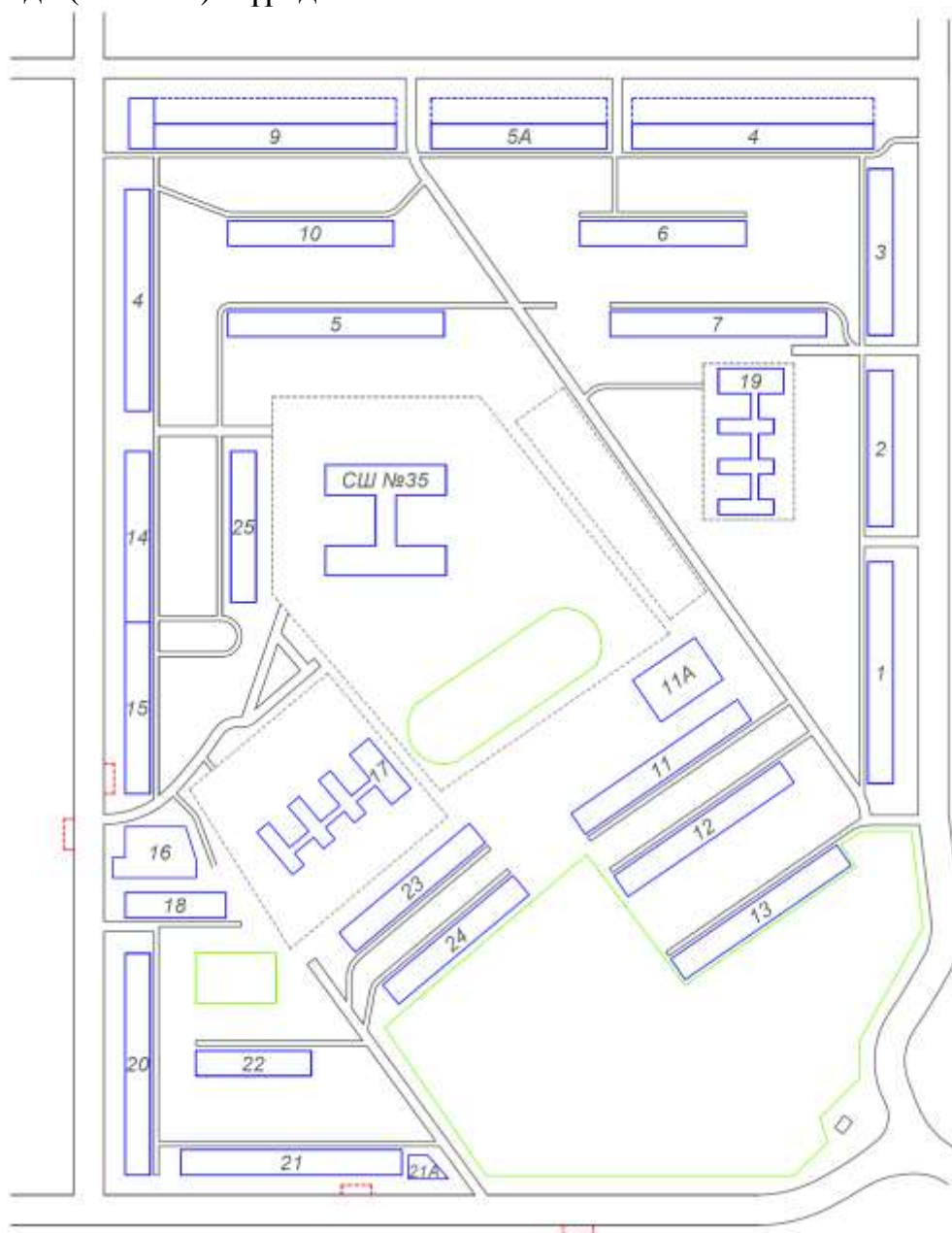
Есептеулер нәтижесінде Тараз қаласының аумағында тұратын халық саны 452215-ке тең болды. Тараз қаласының тұрақты тұрғындарының саны 2022 жылы 460100 адамды құрады [4]. Тұратын адамдардың жалпы саны бойынша есептеулердегі қателік 7885-ке тең, бұл қала аумағында тұратындардың 1,7% - аспайды, аудандар бойынша ауытқулардың жиынтық қателігі 5% -. құрады. Демек, «қолмен» есептелген матрица нәтижелері сенімді және оны әрі қарай есептеу үшін пайдалануға болады.

Еңбек корреспонденциясы үшін тұрғын үй массивтерінің матрицасын тұрғын үй массивтерінің матрицасын экономикада жұмыс істейтін адамдардың пайызына көбейту арқылы аламыз. Тараз қаласының аумағында тұратын студенттер мен оқушыларды сегменттер бойынша бөлу үшін тұрғын үй массивтерінің матрицасын оқушылардың пайызына көбейтеміз. Халықтың пайыздық үлестірімі туралы деректерді Тараз статистикасынан аламыз [4].

Кесте 2.7 – «Жайлау» шағын ауданындағы тұрғын үй санының үй параметрлеріне тәуелділігі

Үй номері	Кіреберіс	Қабат саны	Пәтер саны	Болжам жолаушы
1	8	5	119	128
2	6	5	90	97
3	6	5	90	93
4	8	5	90	95
5	8	5	119	125
5А	6	5	75	82
6	6	5	90	92
7	8	5	119	121
9	8	5	116	118
19	Бала бақша			
10	6	5	90	93
4	8	5	119	124
25	6	5	70	76
14	6	5	89	92
15	6	5	89	93
16	Дүкен «Керемет»			
17	Бала бақша			
18	4	5	65	72
20	8	5	119	124
22	4	5	70	78
21	8	5	119	121
21А	Дүкен			
23	6	4	48	52
24	6	5	60	68
11	7	5	70	76
12	7	5	70	72
13	7	5	70	75
11А	Монша «Нурила»			

Тараз қаласының аумағында қала тұрғындарынан басқа Сарыкемер, Ақбұлым, Қызыл жұлдыз, Талас, Шайқорық, Танты, Бектөбе, Түркісіб және Бесағаш кенттерінен адамдар жұмыс істейді. Сондықтан Тараз қаласының көлік желісі үшін корреспонденция матрицасын құру үшін ауылдық елді мекендерден жұмыс күшінің ағынын ескеру қажет. Оларды еңбек корреспонденциясына енгізу үшін Тараз қаласында тұратын жұмыскерлердің санын және қалаға негізгі кіреберістері бар сегменттерде ауылдық елді мекендерден келетін жұмыскерлердің санын қосатын боламыз: қаламен автожол қатынасы аялдама сегментінде (335-480) жүреді.



Сурет 2.6 – Тараз қаласының "Жайлау" шағын ауданы

Келу векторын табу үшін біз халықтың тартылу орындарын және олардың сыйымдылығын анықтаймыз:

- ауруханалар мен аурухана мекемелері;
- оқу орындары;

- орта және ірі кәсіпорындар;
- шағын кәсіпорындар.

Тараз қаласының аумағында орналасқан ауруханалар мен аурухана мекемелері туралы, сондай-ақ осы саладағы жұмыспен қамтылғандар саны, оқу орындары мен осы саладағы жұмыспен қамтылғандар туралы ақпарат және шағын, орта және ірі кәсіпорындар туралы ақпарат Қазақстан Республикасының статистикасынан алынды [4].

Жоғарыда аталған барлық ақпаратты өңдеу нәтижесінде алынған матрица Б-қосымшада берілген.

Тұрғын үй массивтерінің матрицасына ұқсас, тарту матрицасының элементі  $(j, i)$  шартты аймаққа тартылатын адамдардың санына сәйкес келеді  $(i, j)$ . Осылайша, 490 аялдама сегменттерінің әрқайсысы үшін тартылыс санының толық көрінісі алынды.

### 2.3.3 Гравитациялық модельдер

Қарапайым гравитациялық модельдер 20 ғасырдың 30-жылдарынан бастап қалалық көлік жүйелерін жоспарлау мәселелерін шешу үшін қолданыла бастады. Қазіргі уақытта корреспонденцияларды есептеу үшін гравитациялық модельдердің орнына энтропия қолданылады, ал гравитациялық модельді тек тұтыну өрісі айқын дискретті құрылымға ие болатын тапсырмалар үшін пайдалануға болады.

Гравитациялық модель бір-бірінен  $d_{ij}$  қашықтықта орналасқан екі  $m_i$  және  $m_j$  массалары арасындағы  $f_{ij}$  тартылыс күшін байланыстыратын Ньютон заңына ұқсас етіп жасалған

$$F_{ij} = \zeta \frac{m_i m_j}{d_{ij}^2} \quad (2.16)$$

мұндағы:  $\zeta$  – белгілі бір тұрақты.

Ньютон заңына ұқсас, көліктік гравитациялық модель  $Z_{ij}$  ағынының қарқындылығын  $Q_i$  аймағының  $i$ -ден кетудің және  $D_j$  аймағының  $j$ -ге келуінің толық саны мен  $i$  және  $j$   $c_{ij}$  аймақтары арасындағы қозғалыс шығындары арасында байланыстырады.

$$Z_{ij} = k \frac{Q_i D_j}{c_{ij}^2}, \quad i = 1, \dots, N, j = \dots, M \quad (2.17)$$

- мұндағы:  $N$  – жөнелту аймақтарының жалпы саны;  
 $M$  – келу аймақтарының жалпы саны;  
 $k$  – қандай да бір тұрақты сан;  
 $c_{i,j}$  –  $i$  және  $j$  екі аймақтары арасындағы қашықтық немесе берілген аймақтар арасындағы қашықтықты өту құны ретінде қарастырылуы мүмкін.



(2.17) теңдеуіне сәйкес  $Z_i$  шамасы  $Q_i$  мен  $D_j$ -ге пропорционал және олардың арасындағы "қашықтық" квадратына кері пропорционал  $c_{ij}$ . Бірақ бұл теңдеудің бір үлкен кемшілігі бар: егер берілген  $Q_i$  және  $D_j$  мәндерін екі есе арттырса, онда теңдеуге сәйкес пойыздар саны төрт есе артады, бірақ іс жүзінде ол тек екі есеге ғана артады.

Бұл айқын кемшілікті жою үшін кіру және шығу балансына байланысты келесі шектеулерді қосу қажет:

$$\sum_{i=1}^N Z_{ij} = D_j, \quad \forall j = 1, \dots, M, \quad (2.18)$$

$$\sum_{j=1}^M Z_{ij} = Q_i, \quad \forall i = 1, \dots, N, \quad (2.19)$$

$$Z_{ij} \geq 0, \quad \forall i = 1, \dots, N, \forall j = 1, \dots, M \quad (2.20)$$

Теңдеу (2.18) барлық  $i=1$  аймақтарынан шыққан жиынтық ағын (сапарлар санының қосындысы) дегенді білдіреді.  $i = 1, \dots, N$  аймағынан  $j$  аймағына келген ағынға тең болуы керек.  $j = 1, \dots, M$  аймағынан  $i$  аймағына келгендердің санына сәйкес келуі керек. Кеткендердің жалпы саны келгендердің жалпы санына тең болуы керек, яғни келесі шарт орындалуы керек  $\sum_{i=1}^N Q_i = \sum_{j=1}^M D_j$  ағындар теріс сан болмауы керек.

Шектеулері бар гравитациялық модель (2.17) (2.18)-(2.20) – бірінші өзгертілген гравитациялық модель болып табылады.

Мысалы, қаладағы еңбек сапарларын модельдеу кезінде белгілі  $Q_i$  кету және  $D_j$  келу векторы арасындағы  $Z_{ij}$  жолаушылар ағынын келесі формула бойынша есептеуге болады:

$$Z_{ij} = A_i B_j Q_i D_j f(c_{ij}), \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M \quad (2.21)$$

$$A_i = \left[ \sum_{j=1}^M B_j D_j f(c_{ij}) \right]^{-1}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2.22)$$

$$B_j = \left[ \sum_{i=1}^N A_i Q_i f(c_{ij}) \right]^{-1}, \quad j = 1, \dots, M \quad (2.23)$$

мұндағы:  $f(c_{ij})$  – сапар құнына байланысты функция.

$f(c_{ij})$  ретінде  $Z_{ij}$  орташа қозғалыс уақытын пайдалануға болады, ол мәселені шешуде берілген деп саналады. Орташа қозғалыс уақыты әр қаладағы көлік жүйесінің азды-көпті тұрақты көрсеткіші болып табылады және оны болжауға болады.

$A_i$  және  $B_j$  коэффициенттері сәйкесінше (2.18) және (2.20) шарттарынан анықталады. (2.22) теңдеуін келесі түрлендірулерді орындау арқылы алуға болады:

$$A_i Q_i \sum_j^M B_j D_j f(c_{ij}) = Q_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2.24)$$

$$A_i \sum_j^M B_j D_j f(c_{ij}) = 1, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2.25)$$

$$A_i = \left[ \sum_j^M B_j D_j f(c_{ij}) \right]^{-1}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2.26)$$

(2.22) теңдеуіне ұқсас (2.23) теңдеу бар.

Гравитациялық модельдің жеңілдетілген түрі келесідей [43]:

$$Z_{ij} = a_i \frac{a_i b_j}{\sum_{j=i+1}^n a_i b_j} \quad (2.27)$$

мұндағы:  $Z_{ij}$  –  $i$  және  $j$  аялдамасы арасында өткен жолаушылар саны;  
 $a_i$  –  $i$  аялдамаға кірген жолаушылар саны;  
 $b_j$  –  $j$  аялдамасында шыққан жолаушылар саны.

Бірінші итерацияда жолдар бойынша  $A$  және  $B$  векторлары элементтерінің көбейтінділерінің қосындысы қалыптасады (2.30).

$$S_{1j} = \sum_{j=2}^n a_i b_j, \quad i = 1, n - 1 \quad (2.28)$$

мұндағы  $S_{1j}$  -көбейтінділердің қосындысы;

Алынған соманың мәнін қолдана отырып, корреспонденция матрицасы элементтерінің бастапқы мәнін анықтауға болады.

$$Z_{1ij} = a_i \frac{a_i b_j}{S_{1j}} \quad (2.29)$$

мұндағы:  $Z_{1ij}$  – корреспонденция матрицасы элементтерінің бастапқы мәні;

Берілген дәлдікке жеткенде немесе итерациялардың максималды саны аяқталғаннан кейін корреспонденция матрицасының итеративті жуықтауы.

Бірінші жуықтау алынған  $Z_1$  корреспонденция матрицасын Шығыс (баған) бойынша теңестіруді қамтиды. Ол үшін элементтердің қосындылары бастапқыда бағандар бойынша анықталады (2.30).

$$\sum b_j = \sum_{i=2}^{j-1} Z_{1ij}, j = 2, n \quad (2.30)$$

мұндағы:  $\sum b_j$  – баған бойынша элементтердің қосындысы.

Түзету коэффициенті формула жәрдемінде әрбір бағандар бойынша есептеледі

$$K_j = \frac{b_j}{\sum b_j}, \quad j = 2, n \quad (2.31)$$

мұндағы:  $K_j$  – бағандар бойынша түзету коэффициенті;

(2.32) формуласы бойынша біз нәтижелерді тікелей теңестіреміз – алынған мәндерді  $T_2$  аралық матрицасына орналастырамыз.

$$Z_{2ij} = K_j Z_{1ij}, i = 1, n - 1, \quad j = 2, n \quad (2.32)$$

мұндағы:  $Z_{2i,j}$  –  $Z_2$  аралық матрицасы.

Қол жеткізілген дәлдікті бағалау алғашқы екі жуықтауды салыстыру арқылы  $Z_1$  және  $Z_2$  элементтік (2.33) максималды байлам бойынша (2.34) жүзеге асырылады

$$Zr_{ij} = |Z_{1ij} - Z_{2ij}| \quad (2.33)$$

мұндағы:  $Zr_{i,j}$  – қол жеткізілген дәлдікті бағалау элементтері.

$$Z_{it} = \max E r_{i,j} \quad (2.34)$$

мұндағы:  $Z_{it}$  – қол жеткізілген дәлдікті бағалау элементтері болып табылады.

Егер берілген дәлдікке қол жеткізілсе және итерациялардың максималды санынан аспаса, онда циклдің мерзімінен бұрын үзілуі орын алады және корреспонденция матрицасы анықталған болып саналады. Керісінше болған жағдайда үшінші жуықтауға көшу жүзеге асырылады.

Бұл кезеңде  $Z_2$  корреспонденция матрицасын кірістер (жолдар) бойынша теңестіру жүзеге асырылады. Ол үшін элементтердің қосындылары жолдар бойынша анықталады (2.32):

$$SumStr_i = \sum_{j=i+1}^n T_{2ij}, i = 1, n - 1 \quad (2.35)$$

мұндағы:  $SumStr_i$  – жолдар бойынша элементтердің қосындысы.

Түзету коэффициенті формула бойынша жолдар бойынша есептеледі.

$$K_i = \frac{a_j}{SumStr_i}, \quad i = 1, n - 1 \quad (2.36)$$

(2.37) формуласы бойынша кірістер бойынша теңдестіру жүзеге асырылады, алынған нәтижелер  $Z_3$  аралық матрицасында сақталады.

$$Z_{3ij} = K_i Z_{2ij}, i = 1, n - 1, \quad j = 2, n \quad (2.37)$$

Біз келесі жуықтауды енгіземіз,  $Z_1$  корреспонденциясының бастапқы матрицасы үшін бағандар мен жолдар бойынша түзетуден кейін алынған  $Z_3$  матрицасының мәнін қабылдаймыз, содан кейін итерациялық үдеріс (2.31) – (2.37) қажетті дәлдікті алғанға дейін қайталанады, яғни екі жуықтаудың мәндері арасындағы максималды айырмашылық кіріс мәні ретінде берілген е дәлдігінің мәнінен аспайтын болғанға дейін қайталанады. Егер берілген дәлдікке итерация саны үшін қол жеткізілмесе, оған тең  $MaxIter$  есептеу үдерісі де тиісті хабарламаның шығуымен үзіледі. Шығу параметрі – қалпына келтірілген  $Z$  корреспонденциясының матрицасы болып табылады. Сипатталған алгоритмнің блок-сұлбасы 2.7-суретте келтірілген.

Гравитациялық модельден алынған нәтижелерді біз модельді оңтайландыру мәселесін шешуде бастапқы нүкте ретінде қолдандық.

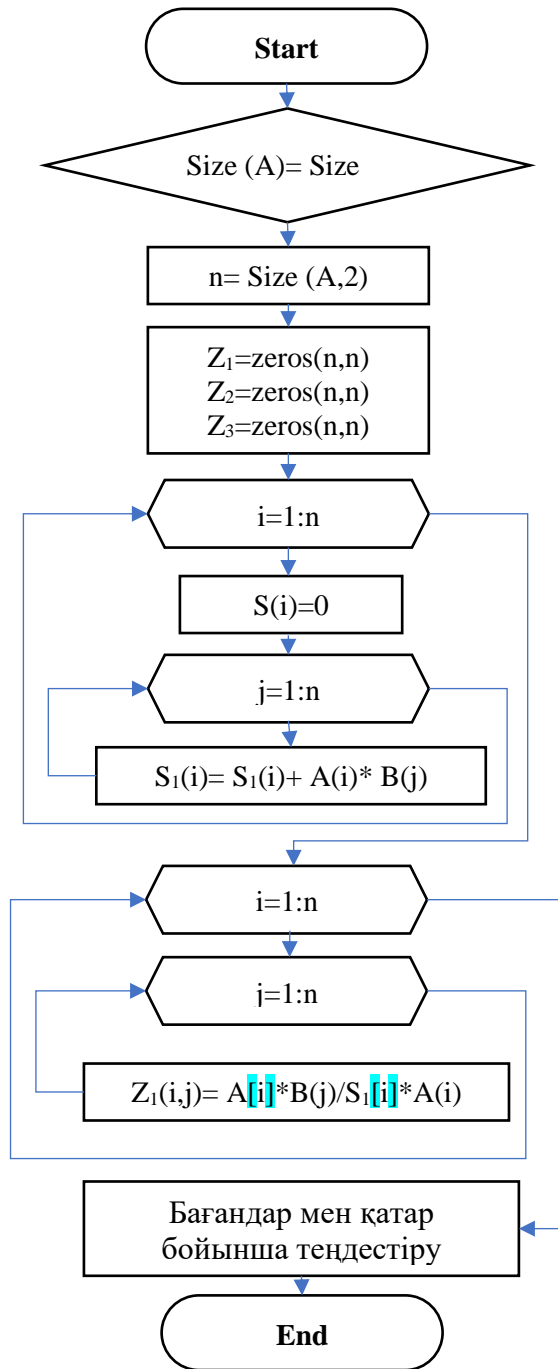
#### 2.3.4. Корреспонденцияның аралық матрицаларының алгоритмдері

Төменде 2.7-суретте модельдеудің бірінші бастапқы жуықтауы болып табылатын гравитациялық модельдің блок-сұлбасы ұсынылған. Кіріс деректері:  $A$  – кірген жолаушылардың векторы;  $B$  – шыққан жолаушылардың векторы;  $E$  – шешімнің дәлдігі;  $MaxIter$  – итерациялардың максималды саны. Корреспонденция матрицасының өлшемі де берілген.

Бұл алгоритм жолаушылар санының аялдама пункттері бойынша рұқсат етілген бөлінуін алуға мүмкіндік береді, бұл ретте қажетті бөлу дәлдігіне немесе итерациялардың рұқсат етілген санынан асқан жағдайда есептеудің аяқталуына қол жеткізіледі.

Төменде гравитациялық модель алгоритмінің сипаттамасы келтірілген, ол MATLAB бағдарламалық жасақтамасында енгізілген робастикалық модельдеудің бірінші бастапқы жуықтауы болып табылады. Кіріс параметрлері

функциялар аялдамаларға кіретін және шығатын жолаушылар саны туралы деректерді қамтитын  $A$  және  $B$  векторлары болып табылады.



Сурет 2.7 – «Гравитациялық модельдің» блок-сұлбасы

Бағдарламада (2.30) формула келесі рәсімдеу түрінде іске асырылады:

```

for j = 2:n
    SumStb(j)=0;
    for i = 1:j-1
        SumStb(j)=SumStb(j)+ Z1(i,j);
    end;
end;
  
```

end;

Бағдарламада (2.31) формула келесі рәсімдеу түрінде іске асырылады:

```

for j = 1:n
    K(j)=B(j)/SumStb(j);
end;

```

Бағдарламада (2.32) формула келесі рәсімдеу түрінде іске асырылады:

```

for i = 1:n-1
    for j = i+1:n
        Z2(i,j)=K(j)* Z1(i,j);
    end;
end;

```

Бағдарламада (2.35) формула келесі рәсімдеу түрінде іске асырылады:

```

for i = 1:n-1
    SumStr(i)=0;
    for j =i+1:n
        SumStr(i)=SumStr(i)+X2(i,j);
    end;
end;

```

Бағдарламада (2.36) формула келесі рәсімдеу түрінде іске асырылады:

```

for i = 1:n-1
    K(i)=A(i)/SumStr(i);
end;

```

Бағдарламада (2.37) формула келесі рәсімдеу түрінде іске асырылады:  
 В программе формула (2.37) реализуется в виде следующей процедуры:

```

for i = 1:n-1
    for j = i+1:n
        Z3(i,j)=K(i)*T2(i,j);
    end;
end;

```

Бұл тәсіл жолаушылар санының аялдама пункттері бойынша рұқсат етілген бөлінуін алуға мүмкіндік береді, бұл ретте  $A$  және  $B$  теңгерімсіз саны бар міндеттерге тән итерациялардың рұқсат етілген саны асып кеткен жағдайда бөлудің қажетті дәлдігіне немесе есептеудің аяқталуына қол жеткізіледі.

Алгоритмнің нәтижесі – вектордың нәтижелерін корреспонденция матрицасына шығару.

## **2.4 Қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін оңтайландыру**

Ғалымдар 100 жылдан астам уақыт бойы қалалық жолаушылар көлігінің (ҚЖК) маршруттық желілерін (МЖ) оңтайландыру мәселелерін зерттеумен айналысып келеді. Осы саладағы ғылыми әзірлемелер базасы толықтырылған сайын оңтайландыру әдістері де жетілдіріліп, ұсынылған математикалық модельдер де күрделеніп келеді. Соның нәтижесінде көп өлшемді есептерді шешу мүмкіндігі де пайда болуда.

Қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін МЖ ҚЖК оңтайландыру әдістерінің талдамасы [44] еңбектерде келтірілген. Олардың авторлары барлық қолданыстағы әдістерді үш топқа бөледі:

1) МЖ ҚЖК Қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін автоматтандырылған режимде оңтайландыру;

2) МЖ ҚЖК Қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін автоматтандырылған режимде оңтайландыруды және маманның нәтижелерді сараптамалық бағалауын біріктіруі;

3) сарапшылардың тәжірибесі мен бейресми талдауы негізінде шешім қабылдау.

Е.А.Кочегурова [45] еңбегінде қарастырылып отырған мәселені шешудің ғылыми әдістерінің неғұрлым егжей-тегжейлі жіктелуі келтірілген. Автор бұл әдістерді жалпылама түрде екі типке бөледі: эвристикалық (классикалық) және мета-эвристикалық. XX ғасырдың 60-жылдарының басында МЖ ҚЖК оңтайландырудың эвристикалық әдістері қарқынды дами бастады.

МЖ ҚЖК оңтайландыру әдістерін дамытудың жаңа кезеңін бастаған және осы саладағы одан әрі ірі әзірлемелер мен зерттеулер үшін негіз болған алғашқы жұмыс Б.Л. Геронимустың «Автомобиль маршруттарының оңтайлы сұлбасын анықтау әдістемесі» болды. Жұмыс 1962-1963 жылдары Мемлекеттік автомобиль көлігі ғылыми-зерттеу институтында (АКҒЗИ) орындалды. Бұл әдістеме кейін көптеген авторлар тарапынан жетілдіріліп, толықтырылып, қазіргі НИИАТ әдістемесінің өмірге келуіне бастау болды.

Кейінірек 1965 ж. Б.Л. Геронимус әріптестері В.А. Паршиковпен және А.И. Егоровамен бірге автобус көлігінің маршруттық желілерін құру әдістемесін ұсынды [46]. Бұл әдістеме біз үшін ерекше маңызды болғандықтан оны егжей-тегжейлі сипаттап өтуді жөн санадық.

Әдістемеді қала аумағы белгілі бір аймақтарға бөлу талаптарына сәйкес көліктік шағын аудандарға бөлінеді. Қаланың көлік желісі граф түрінде беріледі, оның төбелері – алынған көлік шағын аудандарының тораптық орталықтары, ал қабырғалары – автобустардың қозғалысы мүмкін болатын көлік желісінің учаскелері болып табылады. Графтың төбесіне ауысып отыру уақытына, ал қабырғаларына – олардың ұзындығы мен автобуспен жүру уақытына сәйкес қойылады. Жолаушылар корреспонденциялары туралы деректерсіз МЖ оңтайландыру мүмкін еместігіне байланысты анкеталық-сауалнамалық зерттеу әдісімен қаланың шағын аудандары арасындағы жолаушылар корреспонденцияларының матрицасы айқындалады. Оңтайландырудың міндеті – жолаушылардың автобусты күту уақыты, МЖ бойынша жүру уақыты, ауысып отыру уақыты және жолаушыларды ауыстыруға байланысты және жол ақысын төлеуге қосымша қаржылық шығындарды өз ішіне алатын уақыттық көрсеткіште көрсетілген қолайсыздықтар қамтитын жолаушылардың жылжу уақытының минимумын табу. Мұнда аялдамаға дейінгі жаяу жүру уақыты ескерілмейді, өйткені ол барлық қозғалыстар үшін бірдей болып саналады.

Бұл ретте бірқатар шектеулер қойылады: автобустардың жалпы саны, автобустардың сыйымдылығын пайдалану коэффициенті, маршруттардың әрқайсысының ұзындығы, соңғы аялдама пункттерін орналасуы, МЖ

автобустардың рұқсат етілген ең жоғары қозғалыс интервалы. МЖ-ге бірқатар априорлық маршруттар қосылуы керек деп қабылданады. Маршруттарды салу қаланың көлік шағын аудандарын байланыстыратын уақыт бойынша ең қысқа жолдарда жүргізіледі.

Мәселені шешу үшін В. А. Паршиковтың нұсқаларды бағытталған таңдауға негізделген эвристикалық әдісін қолданады [47]. Осы әдіске сәйкес, бірінші кадамда  $R$  маршруттарының бастапқы жиынтығы салынады, оның ішінде априорда берілген маршруттар мен МЖ-не қосылуы олардың оңтайлы жиынтықта болу шарттарын қанағаттандыратын маршруттар бар. Екінші кадам – оңтайландыру тапсырмасының шектеулерін қанағаттандыратын көптеген қолайлы  $D$  маршруттары салынады. Әрі қарай,  $D$  жиынының ішінен сондай бағытты іздеп табу керек, ол бағытты  $R$  жиынына қосқан кезде жолаушылардың уақыт шығындарын барынша азайтуды қамтамасыз етуі тиіс. Бұл әрекет  $D$  жиынынан  $R$  жиынына маршрутты қосу критерийдің төмендеуіне ықпал ете бастағанға дейін қайталана береді. Бұл жерде сипатталған шектен шығуды жаңадан қайталау ұсынылады, бірақ бұл жолы кері тәртіппен: барлық рұқсат етілген маршруттардың  $D$  жиынынан  $R$  жиынына қосу және оны  $R$ -ден алып тастаған кезде критерийдің барынша азаюын қамтамасыз ететін маршрутты табу керек.

1968 жылы әзірленген бұл әдіс «Урал-2» электрондық есептеу машинасында жүзеге асырылды. Алайда, бағдарламаны модельдеу кезінде қаладағы бөлінетін шағын аудандар санына қойылған шектеу (36 шағын ауданнан аспайды) ірі қалалар үшін МЖ-ні рационализациялау процедурасын едәуір қиындатты және модельдің адекваттылығына кедергі келтіруі мүмкін еді. Салыстыру үшін: қаланы шағын аудандарға бөлу талаптарына сәйкес оны 100-ден астам аймаққа бөлу қажет еді. Алайда, шағын аудандар саны көп болса тағы бір қиындық туындайды – талданатын маршрут нұсқаларының көптігінен есептеулерге жұмсалатын уақыт айтарлықтай артып кетеді.

Айта кету керек, АТҒЗИ әдістемесінде жолаушылар ағындарын маршруттар бойынша бөлуде ҚЖК-де маршруттардың бірнеше түрлері бар екендігі ескерілмейді.

1966 жылы МЖ нұсқаларын бағыттап іріктеу үдерісін жеңілдету үшін математикалық әдістерді қолдана отырып, қаладағы маршруттық жолаушылар көлігінің сұлбаларын есептеу әдістемесі жасалды. сондай-ақ ғалымдар комбинаторлық талдау әдісімен оңтайлы ҚЖК маршруттарын құруды ұсынды, бұл белгілі бір критерийлер бойынша бір-бірімен салыстыру арқылы МЖ нұсқаларын мақсатты түрде таңдаудан тұрады. МЖ салыстырылған нұсқаларының саны үлкен мәндерге жетуі мүмкін және оларды салыстыру өте қиын міндет болып көрінгендіктен, ғалымдар нұсқаларды бағытталған таңдаумен комбинаторлық талдау әдісін ұсынды. Салыстырылатын МЖ нұсқаларының санын азайтуға және сол арқылы рационализация үдерісінің күрделілігін азайтуға мүмкіндік беретін маңызды шектеулердің болмауына байланысты осы кезеңде ұсынылған әдістерді қолдану айтарлықтай кең таралмады. Сонымен қатар, ҚЖК МЖ жетілдіру саласындағы алғашқы компьютерлердің жетілмегендігі ұтымды шешім іздеу жұмысын қиындатты.



Алайда, ұсынылған әдіс МЖ оңтайландыру саласындағы әрі қарайғы зерттеулер үшін жақсы негіз болды және басқа ғалымдардың (негізінен АТҒЗИ) әзірлемелерімен дамытылды және толықтырылды.

Сонымен, 1974 жылы ғалымдар тобы М.Е. Антошвили, Г.А. Варелопуло, М.В. Хрущев [14] МЖ үшін орынсыз маршрут нұсқаларын жою арқылы жоғарыда сипатталған әдістемені жетілдірді. Сонымен қатар, МЖ оңтайландыру үшін ғалымдар бірқатар шектеулер енгізді: маршруттың минималды және максималды ұзындығы, максималды рұқсат етілген қозғалыс аралығы, сыйымдылықты пайдаланудың минималды коэффициенті, автобустар саны және т.б. бұл әдіс оңтайландыру үдерісінің күрделілігін төмендетуге мүмкіндік берді. Айта кету керек, М.В. Хрущев [14] және М.Е. Антошвили қалалық МЖ-ні оңтайландыру мәселелерімен 1969 жылдан айналыса бастады. М.В. Хрущев және басқа да ғалымдар болашақта осы әдісті дамытуды жалғастырды. М.Д. Блатнов МЖ оңтайландырудың екі критерийін анықтады: жолаушылардың жол жүру уақытын қысқарту және маршруттардағы трансферді азайту [48]. Бұл жағдайда автор екінші критерийді ескере отырып, оңтайлы МЖ қалыптастыру кезектілігін қарастырады. 1974 жылы Г.А. Каранян және Дж.Р. Симонян қалалық МЖ оңтайландырудың итерациялық әдісін ұсынды [49]. Авторлар оңтайландыру критерийлерін сипаттай отырып, МЖ қалыптастыру үдерісін кезең-кезеңімен орындауды ұсынады. Бұл ретте тиімсіз маршруттарды төмендегі критерий бойынша алдын ала қабылдамау қажеттігіне баса назар аударылады: жолаушылар ағынының ең жоғары қарқындылығының жолаушылар ағынының орташа қарқындылығына қатынасы.

МЖ оңтайландыру саласындағы ғылыми әзірлемелерді дамытудың жаңа кезеңі 1976 жылы басталды, сол кезде көптеген жұмыстар осы мәселені шешуге бағытталды. В.В. Яворский [50], И.П. Макаров және Т.Е. Брейдо [51] сияқты ғалымдардың еңбектерін толығырақ қарастырған жөн, өйткені олар қалалық МЖ оңтайландыру әдістерінің дамуына айтарлықтай үлес қосты. В.В. Яворский және И.П. Макаров МЖ оңтайландырудың екі сатылы әдісін ұсынды және алғаш рет олардың барлық мүмкін нұсқаларының ішінен жеткілікті ұтымды маршруттарды қамтитын маршруттардың артық жиынтығын құруға шешім қабылдады. Осылайша, рұқсат етілген маршруттар саны азаяды, демек, талданатын МЖ нұсқаларының саны азаяды, бұл МЖ қалыптастыру үшін уақыт шығындарын және оңтайландыру үдерісінің күрделілігін едәуір азайтады. Маршруттардың артық жиынтығын қалыптастыру ұсынылған әдістеменің бірінші кезеңін құрайды. Бұл ретте мұнда бір маршрутпен байланыстырылуы тиіс шағын аудандар ерекшеленеді. Критерий ретінде біріктірілетін шағын аудандар арасындағы жолаушылар ағынының орташа қарқындылығы болып табылады. Әрі қарай, шағын аудандардан маршруттың өту ретін анықтау міндеті шешіледі – саяхатшы туралы мәселені жалпылау. Бұл мәселенің критерийі жолаушылар уақытының жалпы шығындары немесе маршруттағы жолаушылар ағынының біркелкі еместігі болып табылады. Екінші кезеңде маршруттардың қалыптасқан артық жиынтығы үшін әр маршрутта жылжымалы құрамның қажетті саны анықталады немесе бөлінеді. Содан кейін жылжымалы құрамның аз мөлшерін алған маршруттар артық жиынтықтан шығарылады. Осылайша алынған МЖ

нұсқасы үшін әрбір маршруттағы жылжымалы құрамның санын және ҚЖК маршруттарын ұйымдастыруға және жұмыс істеуге кететін шығындарды, тасымалдаудан түсетін кірістерді және жолаушылардың қозғалысқа кететін уақыт шығындарының құндық көрінісін қамтитын оңтайлылық критерийін есептеу қайтадан жүзеге асырылады. Бұл үдеріс маршруттарды алып тастау оңтайлылық критерийін жақсартқанға дейін қайталанатын, яғни бұл үдеріс қайталанатын сипатта болады. Осылайша, артық популяцияны осындай талдау арқылы МЖ оңтайлы нұсқасы анықталады.

Бұл әдістің мынадай артықшылықтарын атап өткен жөн: маршруттардың артық жиынтығын қалыптастыруға байланысты МЖ оңтайландыру үдерісінің уақыт шығындары мен еңбек сыйымдылығын қысқарту; ҚЖК жылжымалы құрамының шектеулі саны және МЖ оңтайландыру кезінде оны есепке алу сияқты факторды назарға алу; жолаушылардың уақыт шығындары сияқты ҚЖК жұмыс істеу тиімділігінің осындай маңызды көрсеткішінің оңтайлы өлшемдеріндегі мазмұны.

Алайда, ұсынылған әдістің маңызды артықшылықтарымен қатар, оның бірқатар кемшіліктері бар. Мәселен, жобалаудың бірінші кезеңіндегі шағын аудандарды олардың арасындағы жолаушылар ағынының орташа қарқындылығы критерийі бойынша біріктіру салынып жатқан маршруттардың технологиялық ерекшеліктерін және осы шағын аудандардың қала аумағында өзара орналасуын ескермейді. Нәтижесінде үлкен жанама коэффициенті бар маршруттар пайда болуы мүмкін.

Т.Е.Брейдо МЖ оңтайландыру мәселесін көп өнімді желіні синтездеудің төрт критериялды мәселесі ретінде ұсынды. Критерийлер ретінде мынадай көрсеткіштер алынды: 1-критерий – жолаушылар жылжуының жиынтық уақыты; 2-критерий – ең көп жүктелген аралықтағы жылжымалы құрамның саны; 3-критерий – жылжудың құны; 4-критерий – МЖ құруға және пайдалануға арналған шығындар. Мәселені үш кезеңде шешу ұсынылады. Бірінші кезеңде кейбір МЖ нұсқасы үшін бірінші және екінші критерийлерді азайтуды қамтамасыз ететін маршруттар бойынша жолаушылар ағынын бөлу жүзеге асырылады. Екінші кезеңде төртінші критерийді барынша азайтуға қол жеткізіледі және жылжымалы құрамды маршруттар бойынша бөлу жүзеге асырылады. Үшінші кезеңде үшінші критерий барынша азайтылады, бұл ретте шектеулер жолаушылар ағынының шамасы және алғашқы екі кезеңде табылған жылжымалы құрамның саны болып табылады. Содан кейін белгіленген қадамдар критерийлердің салыстырмалы жақсаруы берілген дәлдікке жеткенше қайталанатын.

Ұсынылған әдістің сөзсіз артықшылығы – автор тұтастай алғанда МЖ синтезі мәселесін рәсімдеген. Алайда, ұсынылған әдістемені тапсырманың үлкен өлшемдеріне байланысты көптеген шағын аудандары бар ірі қалаларда күрделі МЖ үшін толық жүзеге асыру өте қиын. Ал қолданыстағы МЖ-ні өзгерту үшін бұл әдісті пайдалануға әбден болады.

Т.Ш. Горшковтың [52] жұмысы келесідей маршруттарды қалыптастырудың эвристикалық алгоритмін ұсынады. Корреспонденциялар матрицасынан ең ұзын нөлдік емес корреспонденция таңдалады, оның

корреспонденттік пункттері арасындағы ең қысқа жол  $i$ -ші маршрутты құрайды. Бұл бағытқа осы қысқа жол өтетін көлік шағын аудандары арасындағы барлық өзара корреспонденциялар жатады. Содан кейін  $i$ -маршрутқа жатпайтын келесі ең ұзын нөлдік емес корреспонденция таңдалады. Ол бойынша екінші бағыт анықталады, ол  $i$ -маршрутқа ұқсас корреспонденциялармен «жүктеледі» және т.с.с. жалғаса береді. Мәселені шешу ауысып отыру саны, қозғалыс уақыты, маршруттардың жалпы ұзындығы сияқты критерийлерді азайтуға бағытталған. Алайда, автор ұсынған әдіс ұсынылған критерийлерді барынша азайтуды толық қамтамасыз етпейтінін атап өтуіміз керек.

80-ші жылдары кейбір авторлар МЖ оңтайландыру кезінде ҚЖК жүйесіне қатысушылардың қарама-қайшы мүдделерін ескере бастады: бір жағынан тасымалдаушылардың шығындары және екінші жағынан жолаушылардың уақытша шығындарын бағалау құны.

1983 жылы С.Ю. Ольховский [53] егжей-тегжейлі математикалық модельдер және алгоритмдермен МЖ қалыптастырудың көп сатылы итерациялық тәсілін ұсына отырып, МЖ оңтайландыру әдістерін жетілдіруге айтарлықтай үлес қосты. Бұл ретте МЖ оңтайландыру міндетіне маршруттардағы ҚЖК жылжымалы құрамының ұтымды түрлері мен санын анықтау сияқты маңызды құрамдас бөлігі де кіреді.

Бірінші кезеңде бастапқы-соңғы пункттерді орналастыру шектеулерін және маршруттардың ұзындығын қанағаттандыратын көптеген мүмкін маршруттар қалыптасады.

Екінші кезеңде алынған көптеген мүмкін маршруттардың ішінен МЖ-дегі жолаушылар кернеулігінің жиынтығын көбейту критерийі бойынша ұтымды жиынтық қалыптастыру жүзеге асырылады.

Үшінші кезеңде МЖ балама нұсқалары қалыптасады. МЖ нұсқаларын қалыптастыру кезінде, ең алдымен, қарастырылған МЖ нұсқасы шеңберінде ауысып отырусыз қозғалыстар жасай алатын жолаушылар саны ескеріледі.

Осыдан кейін төртінші кезеңде МЖ қалыптасқан нұсқаларын талдау және олардың ең жақсысын таңдау жүзеге асырылады. Талдау міндеттері маршруттарға корреспонденцияларды бөлуді (жүктеуді) модельдеу, маршруттардағы жылжымалы құрамның ұтымды түрі мен санын анықтау (егер олар бастапқыда берілмесе), маршруттардың және тұтастай алғанда МЖ негізгі сипаттамаларын есептеу (ҚЖК сапасы мен тиімділігінің көрсеткіштері) болып табылады, олар бойынша МЖ нұсқаларын салыстыру және ең жақсысын таңдау жүргізіледі. Төртінші кезеңнің нәтижелері бойынша, әдетте, үшінші және тіпті екінші кезеңдерге оралу керек.

Автор ұсынған әдістің ерекшелігі – жолаушының тоқтаусыз жүру бағанындағы ең қысқа жолдармен жүру маршруттарын таңдауын модельдеу, сондай-ақ ҚЖК-тің бірнеше түрінен жылжымалы құрамды таңдау мүмкіндігі. Сонымен қатар, жолаушылардың «масштабтау» немесе қозғалыс уақытының қосымша шығындарын енгізу арқылы жүру жолдарын таңдауын модельдеу кезінде ауысып отыруға байланысты қолайсыздық, сапар құны, әртүрлі көлік түрлерінің «тартымдылығы» және т.б. сияқты факторлар да ескеріледі.

Сонымен қатар, автор алғаш рет корреспонденциялар матрицасын алу үдерісі үшін кеңейтілген көлік тораптарына емес, аялдама пункттеріне қатысты қаланы аймақтарға бөлуді ұсынды, бұл алынған нәтижелердің сенімділігін айтарлықтай арттырады.

Осыған ұқсас бағытта МЖ оңтайландыру саласындағы зерттеулермен айналысқан ғалым Ф.Г. Глик [54] еді, ол сонымен қатар оңтайлы шешімге дәйекті түрде жақындата отырып, МЖ-ні кезең-кезеңімен құру әдісін ұсынды. Әдістеме, ең алдымен, маршруттағы жылжымалы құрамның рұқсат етілген қозғалыс аралығын белгілеуге, ең қысқа жолдар бойынша маршруттарды төсеу кезінде ауысу шамаларын және уақыт шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

1990 жылдары қалалық МЖ оңтайландыру мәселелерімен П.Ф.Горбачев, В.К.Доля [55], Е.А.Варелопуло [22], Г.А.Сафронов [56] сияқты ғалымдар айналысты.

Е.А. Сафроновтың [56] жұмысында егер қала тұрғындарының магистральдық желімен қамтамасыз етілу деңгейі барынша азайтылса, осылайша маршруттардың үлестік жүктемесін арттырып, сонымен бірге маршруттық коэффициентті ең төменгі деңгейге дейін төмендетсе, ҚЖК жүйесінің жұмыс істеу тиімділігі артады. Бұл, сайып келгенде, халықтың көлік желісіне және ҚЖК жылжымалы құрамына деген нақты қажеттілігі төмендейтіндігімен түсіндіріледі. ҚЖК жылжымалы құрамының қажеттілігі маршруттардың нақты жүктемесінің өсуі ҚЖК жылжымалы құрамының сыйымдылығын арттыруға мүмкіндік беретіндіктен төмендейді. Автор ҚЖК жүйесінің тиімділігін арттыру үшін жолаушылардың қозғалыс жылдамдығын арттырудың маңыздылығын атап өтеді. Ал шетелде жылдамдық – жолаушылардың сапа деңгейінің негізі болып табылады.

Г.А. Варелопуло МЖ-ні ҚЖК-ті қолдана отырып, халықтың қозғалысына кететін уақытты азайту критерийі бойынша есептеуді ұсынады. Біріншіден, әрбір көлік торабынан әрбір жолаушы сіңіруші пунктке дейінгі ең қысқа жолдардың жиынтығы қалыптасады. Содан кейін алынған ең қысқа жолдардың ішінен (байланыс тізбектері) ең көп мекен-жайы бары таңдалады. Егер адресстер саны сәйкес келетін жолдар анықталса, жолаушылар ағынының ең үлкен қуаты бар жол таңдалады. Егер адресстердің саны да, жолаушылар ағынының қуаты да бірдей жолдар болса, уақыт бойынша аз жол таңдалады. Таңдалған жол кандидат маршрутының негізі ретінде алынады. Әрі қарай, адресстер, байланыстар санының кему ретімен таңдалған кандидат маршрутының кез келген бөлігіне сәйкес келетін жалпы дәйектілігі мен мекенжай нөмірлері бар барлық жолдар дәйекті түрде қаралады.

С.Б.Паттнаик [57] еңбегінде оңтайландыру нәтижелері бойынша жолаушылардың сапарларды жүзеге асыруға кететін уақыт шығындарын азайту ұсынылады.

2000 жылдары қалалардағы көлік проблемаларының және қалалық магистральдардағы шиеленістің күшеюімен ғалымдар өз жұмыстарын МЖ оңтайландыру мәселелерін жан-жақты зерттеуге арнады.

Оңтайландырудың негізгі параметрі ретінде көлік желісінің шамадан тыс жүктелуін ескеретін және сыйымдылығы мен саны бойынша ҚЖК жылжымалы

құрамы паркінің құрылымын рационализациялау негізінде оны төмендетуге мүмкіндік беретін көптеген оңтайландыру аппараттары пайда болды.

МЖ оңтайландырудың бағдарламалық-есептеу құралдары жетілдіріліп, күрделене түсті, бұл мәселені шешу үшін бастапқы деректер мен шектеулердің үлкен жиынтығын орнатуға мүмкіндік берді.

Оңтайландыру шешімдері жүйелілік принципіне және тасымалдау сапасы көрсеткіштерінің кешенді жиынтығын қалыптастыруға негізделі бастады, белгісіздік факторларын ескеру және жолаушыларға қызмет көрсету сапасының қажетті деңгейін қамтамасыз ету және тасымалдау үдерісінің тиімділігін арттыру мақсатында ҚЖК жұмыс істеу проблемаларын шешу үшін логистикалық тәсілдерді қолданды. Сонымен, М.Р. Якимов [58] қалалық көлік жүйелерінің жұмыс істеуінің «сапаны бағалау көрсеткіштерінің көп деңгейлі жүйесін» жасады, ал сапаны бағалау көрсеткіштерінің жиынтығын едәуір кеңейтті.

Қарастырылып отырған кезеңде ҚЖК жүйесіне қатысушылардың қарама-қайшы мүдделерін ескеруге мүмкіндік беретін оңтайландыру модельдері де жетілдіріле бастады [59]. Мәселен, жұмыста ҚЖК жүйесіне қатысушылардың қарама-қайшы мүдделерін ескеретін өлшем ретінде жолдың зерттелетін учаскесіндегі жолаушылар ағынының тығыздығы алынды. Авторлар бұл критерийді таңдауды төмендегіше түсіндіреді. Жолаушылар ағынының тығыздығы максимизациялау тасымалдау деңгейінің төмендеуіне әкеледі, бұл жолаушы үшін тиімді, сонымен қатар жолаушылар ағынының артуы, бұл тасымалдаушының пайдасын арттырады.

Ғалымдар МЖ ҚЖК оңтайландырудың Мета-эвристикалық әдістерін ұсына бастады және олардың болашағына баса назар аударды. Осыған байланысты өткен ғасырдың 60-шы жылдарының басында дамыған эвристикалық әдістер классикалық деп аталады. Сонымен қатар, Мета-эвристикалық әдістер жақсырақ екендігі атап өтілді, өйткені олар оңтайлы шешімді іздеуді жалғастыру үшін жергілікті Оптимум нүктесін еңсере алады және осылайша толық эвристика емес. Сонымен, [59] еңбектерінде МЖ оңтайландыру үшін құмырсқалар колонияларының Мета-эвристикалық алгоритмі ұсынылған. Бұл алгоритм бойынша автобустарды құмырсқалар колониялары, құмырсқалар өз жолын бастайтын ұялар ретінде бастапқы аялдамалар, құмырсқалар үшін тамақ көзі ретінде соңғы аялдамалар ретінде қарастыруға болады. Нәтижесінде МЖ оңтайландыру міндеті құмырсқалар колонияларының феромондар арқылы тамақ іздеу үдерісіне, яғни жолаушылардың тікелей қатынасының тығыздығын ескере отырып, бастапқы аялдамадан терминалға оңтайлы автобус маршруттарын іздеу үдерісіне дейін азаяды (іс жүзінде оңтайландыру критерийі). Алайда, бұл алгоритмнің кемшілігі тек автобус маршруттарын ықтимал деп қарастыру болып табылады, яғни, әр түрлі ҚЖК түрлерінің тартымдылығын есепке алу мүмкін еместігінде. Сонымен қатар, авторлар ұсынған әдістің сөзсіз артықшылығы – сипатталған алгоритмді іске асыру үшін қажетті корреспонденция матрицасын алған кезде қаланы аймақтарға бөлу кеңейтілген көлік тораптарын емес, аялдама пункттеріне қатысты ұсынылады. Бұл ретте электрондық карталардың деректерін пайдалана

отырып, қажетті ақпаратты автоматтандырылған түрде алу мүмкіндігі сипатталған.

[60] жұмыстарда қалалық жолаушылар тасымалын басқарудың күрделі мәселелерін шешу үдерісінде сызықтық емес функцияларды басқару тәсілі ретінде МЖ ҚЖК оңтайландырудың Мета-эвристикалық әдістерінің бөлігі ретінде генетикалық алгоритм ұсынылған.

Ғалым М.В. Хрушев ғылыми-зерттеу институтының әдістемесін дамытуды жалғастырды. Оның жұмысында МЖ оңтайлылығының критерийі – бұл көлікті қолдана отырып, халықтың жылжуына кететін уақыт шығындарының минимумы. Айта кету керек, бұл өлшем маршруттардағы жылжымалы құрамның берілген шектеулі саны үшін қолданылады, бірақ бүгінгі күні маршруттардағы жылжымалы құрамның шектеулі санына балама ретінде жеке тасымалдаушылар нарығына шығу болып табылады, осыған байланысты қалада жолаушыларды тасымалдауды ұйымдастырудың осы шарттары үшін бұл әдістеме аз қолданылуы мүмкін. Сондай-ақ, оңтайландыру үдерісінде маршруттарды кезекті қосу кезінде барлық көрсеткіштер қайта есептеледі, дегенмен анықтаушы ретінде әрекет ететін критерийді қайта есептеу жеткілікті.

Қарастырылып отырған кезеңдегі жұмыстарды талдау МЖ ҚЖК оңтайландыру әдістері тасымалдау үдерісінің сапасының екі негізгі критерийі бойынша ерекшеленетінін көрсетеді: кейбір авторлар негізгі критерий ретінде жолаушылардың қозғалысқа кететін уақыт шығындарының қысқаруын таңдаса, басқалары – ауысып отыру санының қысқаруын және маршруттың түзу еместігін таңдайды.

Еуропалық Одақ елдерінде және АҚШ-та аздаған маршруттар жүйесі және соның салдарынан ауысым коэффициентінің жоғары деңгейі бұрыннан дамыған. Бұл ретте ҚЖК жолаушыларын пайдалану үшін қалыпты жағдайлардың сақталуы аймақтық-уақыттық трансферлік тарифтер жүйесін жаппай енгізу есебінен қамтамасыз етіледі (Қазақстанда және ТМД елдерінің қатарында бұл жүйе дамымаған).

Эвристикалық тәсілдер аналитикалық модельдерге балама болып табылады, сонымен бірге есептеу қуатына деген қажеттілікті азайтады. Бұл модельдердің көпшілігі үміткер маршруттарды құру және конфигурациялау процедураларынан тұрады, кейде алдын-ала өңдеу және сұраныстарды өңдеу алгоритмдері қолдайды. Үміткер маршруттар жиынтығы кейбір критерийлерге сәйкес жасалады, содан кейін оңтайландыру алгоритмін қолдана отырып, байланысты жиіліктерді анықтамай, маршруттардың оңтайлы ішкі жиындары таңдалады. Эвристикалық тәсілдердің типтік параметрлері үміткер маршруттарды құруға арналған эвристиканы және маршруттың оңтайлы конфигурациясын анықтауға арналған басқа эвристикалық немесе Мета-эвристикалық алгоритмді қамтиды (2.8-кесте).

Ерте эвристика сол кездегі шектеулі есептеу қуаты жағдайында егжей-тегжейлі деңгейді жақсартуға тырысты. Бұл модельдер негізінен үлкен желілермен жұмыс істей алмағаны үшін, шын мәнінде шамамен, барабар, бірақ әрқашан оңтайлы емес (немесе оңтайлы) шешімдер бергені үшін, сондай-ақ

Кесте 2.8 – әртүрлі эвристикалық модельдер қолданатын процедуралар жинақталған [61].

Авторлар	Алгоритмдер
Лэмпкин және Салманс (Lampkin and Saalmans), 1967 ж.	Дәстүрлі эвристика
Силман және басқалар (Silman et al.), 1974 ж.	Дәстүрлі эвристика (жергілікті іздеу)
Дюбуа және басқалар (Dubois et al.), 1979 ж.	Дәстүрлі эвристика (жергілікті іздеу)
Хассельстром (Hasselstrom), 1981 ж.	Дәстүрлі эвристика
Мэндл (Mandl), 1980 ж.	Дәстүрлі эвристика
Марва және басқалар (Marwah et al.), 1984 ж.	Дәстүрлі эвристика
Седер және Уилсон (Ceder and Wilson), 1986 ж.	Дәстүрлі эвристика
Баадж және Махмассани (Baaj and Mahmassani), 1991 ж.	Метаэвристикалық
Седер және Израили (Ceder and Israeli), 1997 ж.	Дәстүрлі эвристика
Паттнаик және басқалар (Pattnaik et al.), 1998 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Биелли және басқалар (Bielli et al.), 2002 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Каррезе және Гори (Carrese and Gori), 2002 ж.	Дәстүрлі эвристика
Чакроборти және Двиведи (Chakroborty and Dwivedi), 2002 ж.	Дәстүрлі эвристика / Мета-эвристика (GA)
Чакроборти (Chakroborty), 2003 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Том және Мохан (Tom and Mohan), 2003 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Нгамчай және Ловелл (Ngamchai and Lovell), 2003 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Агравал және Мэтью (Agrawai and Mathew), 2004 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Петрелли (Petrelli), 2004 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Циприани және басқалар (Cipriani et al.), 2005 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Ли және Вучич (Lee and Vuchic), 2005 ж.	Дәстүрлі эвристикалық
Чжао және басқалар (Zhao et al.), 2005 ж.	Мета-эвристикалық (SA/TS)
Фан және Мачамель (Fan and Machemehl), 2006 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (GA)
Фан және Машемехл (Fan and Machemehl), 2006 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (SA)
Чжао және Чженг (Zao and Zeng), 2006 ж.	Дәстүрлі эвристикалық / Мета-эвристикалық (SA + GA) (SA+GA)
Ю және Ян (Yu and Yang), 2006 ж.	Мета-эвристикалық (ACO / GA)
Ху және басқалар (Hu et al.), 2005 ж.	Мета-эвристикалық (ACO)
Янг және басқалар (Yang et al.), 2007 ж.	Мета-эвристикалық (ACO)
Чжао мен Цзен (Zhao and Zeng), 2007 ж.	Мета-эвристикалық (SA/TS/Ашкөз)

GA – генетикалық алгоритм (genetic algorithm); SA – имитацияланған күйдіру (simulated annealing); ACO – құмырсқалар колониясын оңтайландыру (Ant colony optimization) және TS – тыйым салынған іздеу (tabu search)

олардың қол жеткізілген презентация деңгейі сияқты техникалық сипаттамаларын шектегені үшін сынға алынды. Дегенмен, олар кейінгі

әдістемелерге негіз болды, олардың көпшілігі метеоевристикалық алгоритмдерге негізделген. Тек немесе ішінара метеоэристикаға негізделген модельдер, әдетте, бұрынғы эвристика философиясын сақтайды. Олардың құрылымы маршрутты құруды және таңдау процедурасын – маршрутты конфигурациялауды қамтиды, ал Мета-эвристика жоғары сапалы желілік конфигурацияларды алу үшін жүзеге асырылады.

Бүгінгі таңда ҚЖК маршруттарын оңтайландыруға арналған көптеген жұмыстар белгілі. [62] еңбектердің авторлары ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыру критерийі ретінде жолаушылардың сапарға жұмсаған жалпы уақытын пайдалануды ұсынады. [63] жұмыстар аударымдарды азайтуға және маршруттың жанама сызықтығын азайтуға бағытталған. Кейінгі [64] жұмыстардың авторлары көлік ұйымдарының тасымалдау шығындарын және жолаушылардың жүру уақытының жоғалуын бағалау құнын ескеруге тырысады. Осы жұмыстардың барлығын талдау ҚЖК-тің оңтайлы маршруттық сұлбасын құруды көлік жүйесінің бірнеше қатысушыларының (мысалы, көлік ұйымдары мен жолаушылардың) мүдделерін ескере отырып жүзеге асыру қажет екенін дәлелдейді.

ҚЖК жүйесін оңтайландыру міндетінің ресми сипаттамасына көше отырып, мақсатты функциялар түрінде ұсынылған тиімділіктің бірнеше негізгі критерийлерін ажыратуға болады:

ҚЖК жүйесін оңтайландыру міндетінің ресми сипаттамасына көше отырып, мақсатты функциялар түрінде ұсынылған тиімділіктің бірнеше негізгі критерийлерін ажыратуға болады:

$$\begin{cases} T_{\text{жылжу}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \rightarrow \min; \\ C_6 = \sum_{Q_{\text{п}}} Q_{\text{МТ}} \times T \rightarrow \min; \\ \Pi_{\text{М}} = Q_{\text{Ж}} T - \text{Ш}_{\text{Э}} \rightarrow \max \end{cases} \quad (2.38)$$

- мұндағы:  $T_{\text{К}}$  – жолаушылардың жүріп – тұруына жұмсалған уақыт;  
 $T_1$  – аялдама пунктіне жақындауға жұмсалған уақыт;  
 $T_2$  – көлік құралын күту уақыты;  
 $T_3$  – сапар уақыты;  
 $T_4$  – межелі жерге дейін жүріп-тұруға жұмсалған уақыт;  
 $Q_{\text{Ж}}$  – жолаушылар саны;  
 $C_6$  – мүмкін ауысып отыруларды ескергендегі жылжу құны;  
 $Q_{\text{МТ}}$  – күніне сапарлар/ауыстырулар саны;  
 $T$  – жолаушыларды тасымалдауға арналған тариф;  
 $\Pi_{\text{М}}$  – көлік ұйымдарының пайдасы;  
 $\text{Ш}_{\text{Э}}$  – көлік ұйымдарының пайдалану шығындары.



Алайда, ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыру ерекшелігі тапсырманың классикалық қойылымына бірқатар қосымша шектеулер енгізеді, сонымен қатар тапсырманың негізгі шектеулерін ескеру қажет:

- 1) бірнеше аядаманың болуы;
- 2) маршруттың басталуы мен аяқталуы бір аядамада болмайтын шектеу (яғни барлық маршруттар айналма болмауы керек);
- 3) маршруттағы шындар санын шектеу (маршрутты уақыт пен максималды ұзындық бойынша шектеу).

Сондай-ақ, дискретті оңтайландыру мәселелерін шешу кезінде, әдетте, қосымша шектеулер жиынтығы бар бір ғана мақсатты функция қарастырылатынына назар аудару қажет. Бұл тәсіл жүйеге қатысушылардың өзара әсерін ескеруге мүмкіндік бермейді, бұл іс жүзінде тиімсіз шешімдерді әзірлеуге әкелуі мүмкін. Сондықтан жүйеге қатысушылардың мүдделерінің өзара әсерін ескеретін критерийді анықтау қажет. ҚЖК жүйесі үшін оңтайландырудың осындай критерийі ретінде АВ жолының зерттелетін бөлігінде жолаушылар ағынының тығыздығын ұсынуға болады [65]:

$$D_{AB} = \frac{\sum Q_{AB}}{L_{AB}} \rightarrow \max \quad (2.39)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M = \{m_1, \dots, m_2\}, n > 1; \\ m_A \neq m_B; \end{array} \right. \quad (2.40)$$

$$L_{min} \leq L_{AB} \leq L_{max}; \quad (2.41)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum Q_{AB} > Q_{min}, \end{array} \right. \quad (2.42)$$

- мұндағы:  $D_{AB}$  – А-В учаскесіндегі жолаушылар ағынының тығыздығы;  
 А – жөнелту пункті;  
 В – межелі пункті;  
 $\sum Q_{AB}$  – А п унктінен В пунктіне жетуі қажет жолаушылардың жалпы саны;  
 $L_{AB}$  – А-В жолының ұзындығы;  
 М – аядама шындарының көптігі;  
 $m_A, m_B$  – аядама шыңы басталатын А-В бағыты аяқталады;  
 $L_{min}$  – маршруттың ең аз және рұқсат етілген ұзындығы;  
 $L_{max}$   
 $Q_{min}$  – маршруттағы жолаушылардың ең аз саны.

Бұл тапсырмада  $\sum Q_{AB}$  жолаушыларының саны статистикалық шама болып табылатындығын ескере отырып, жолаушылар ағынының тығыздығын маршруттың ұзындығын өзгерту арқылы ғана оңтайландыруға болады. (2.40) және (2.41) маршруттың ұзындығына ешқандай әсер етпейді, олар тек оның топологиясын анықтайды. Шектеу (2.43) маршруттағы жолаушылар санын реттейді. Тиісінше, осы көрсеткішті барынша арттыру үшін маршруттың ұзындығын азайту қажет (2.42) шектеулерге сәйкес), бұл жолаушылардың да

(сапар уақытын қысқарту) және көлік ұйымдарының да мүдделерін ескеруге мүмкіндік береді (жылжымалы құрамның жылдам айналымы есебінен пайданы ұлғайту). Осылайша, келтірілген көрсеткіш ҚЖК жүйесіне бірден бірнеше қатысушылардың мүдделерін ескеруге мүмкіндік береді.

## 2.5 Тарау бойынша тұжырымдама

Болжамдық теңдеу халықтың көлік қозғалысы арасында, сондай-ақ жан басына шаққандағы жалпы ішкі өнімнің (ЖІӨ) және халықтың жан басына шаққандағы орташа табысы арасында жеткілікті тұрақты тәуелділіктің болуын растауға мүмкіндік береді.

Статистикалық деректердің өзгеру динамикасына сүйене отырып, тиісті болашақтағы жылға арналған жолаушылар тасымалы мен халықтың көлік жылжығыштығын анықтауға болады.

Әлеуметтік-экономикалық жағдайларды неғұрлым толық есепке алу, тасымалдауды болжауға әсер ететін заңдылықтар мен тенденцияларды анықтау аймақтағы қалалық жолаушылар көлігінің жолаушылар тасымалын перспективалық жоспарлау деңгейін арттыруға мүмкіндік береді.

Автобус аялдамасының инфрақұрылымы – бұл автобус желісінің көптеген элементтерінің бірі, өйткені жолаушылардың желіге қосылған жері өте маңызды. Автобус аялдамалары іргелес аудандармен байланысты қамтамасыз ету үшін тиісті түрде орналасуы керек, осылайша қоғамдық көліктің қол жетімділігін қамтамасыз етеді.

Қажетті аялдама инфрақұрылымының деңгейі аялдамаларды пайдаланатын автобус көлігінің ықтимал сұранысы мен түрлеріне байланысты болады. Егер автобус қызметтері жоғары жиілікте көрсетілсе, онда жолаушылардың көлікті күту уақыты қысқа болады және күту орындарының қажеттілігі азаяды.

ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыруды талдау кезінде қалалық көлік жүйесінің барлық қатысушыларының мүдделері қарастырылып, тұтастай алғанда жүйенің тиімділік көрсеткіштері тұжырымдалды.

Көлікті бағыттаудың классикалық міндеті, оның түрлері мен шешу әдістері қарастырылған. Көлікті маршруттау міндеттерін талдау негізінде ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыру кезінде ескеру қажет қосымша шектеулер анықталды. ҚЖК жүйесі үшін оңтайландыру критерийі ретінде жолдың белгілі бір бөлігінде жолаушылар ағынының тығыздығын пайдалану ұсынылады.

Көліктік маршруттау мәселелерін шешу әдістерін талдау бүгінгі таңда ең перспективалы Мета-эвристикалық алгоритмдер екенін көрсетті.

Бұл тарау [37] жұмыстарында қарастырылған.

### **3 ТАРАЗ ҚАЛАЛЫҚ МАРШРУТТЫҚ ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН АЛГОРИТМІН ӘЗІРЛЕУ**

#### **3.1 Тараз қаласындағы қоғамдық көлік аялдамаларының орналасуын теориялық және эксперименттік негіздеу**

Қоғамдық көлік іс-шаралар мен қызметтердің қол жетімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады, кеңістікте қол жетімділік, шығындар, физикалық қол жетімділік, Ақпарат және адамдардың қоғамдық көлікті пайдалануға ынталандыру қабілетіне ықпал ететін көзқарас сияқты үлкен әсер етеді.

Қазақстан Республикасында әлеуметтік интеграцияны жақсарту үшін қолжетімділікті түсіну қоғамдық көлікті пайдалану тиімділігін жақсартуға бағытталған. Қазақстан Республикасының қоғамдық көлігінің дамуы Шығыс Еуропа елдерінің үрдістеріне сәйкес келеді және соңғы бірнеше жылда жеке көлік басым көлік түріне айналғанын білдіреді, оның өсіп келе жатқан танымалдығы қоғамдық көлік қызмет көрсететін жолаушылар санының азаюынан көрініс табады.

ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 сәйкес, аялдама пункттері арасындағы қашықтық қала шегінде 350-ден 600 метрге дейінгі қашықтықты құрайды [5]. Бұл ретте, 800 метр жолаушылар үшін ең жоғары рұқсат етілген қашықтық, әсіресе халықтың қауқары аз топтары үшін қолайсыз болып табылатынын атап өту қажет.

Жұмыс, білім беру, денсаулық сақтау, сауда, әлеуметтік-ойын-сауық іс-шаралары сияқты қызмет түрлері мен қызметтердің қол жетімділігі болуы үшін, сондай-ақ олардың қатысуына қол жетімділікті қамтамасыз ету үшін қоғамдық көлік маңызды рөл атқарады. Халықтың үздіксіз өсуімен қатар бүгінгі қалаларда жеке көлік құралдарының саны да артып баруда, бұл кейбір қолайсыз салдарға, атап айтқанда кептелістерге, шудың жоғарылауына, көмірқышқыл газының көптеп шығарылуына әкеліп соғады, бұл жүргізушілер үшін де, жаяу жүргіншілер үшін де қауіптің артуына әкеледі. Әрине, көлік құралдары санының өсуімен жаңа жолдар, айрылыстар мен тұрақ орындарын салу қажеттілігімен көлік инфрақұрылымын оңтайландыруға, сондай-ақ қолданыстағы жолдардың өткізу қабілетін арттыруға сұраныс артып келеді. Алайда, тәжірибелер көрсеткендей, мегаполистердің көлік инфрақұрылымын жақсарту шаралары жоғарыда аталған қолайсыз салдарды уақытша ғана шешеді, сонымен қатар қалалық ортаның қалыпты жұмыс істеу дағдарысының дамуына ықпал етеді. Кептелістерді қысқарту элементі қоғамдық көлік жүйелерін жетілдіру болып табылады, оны пайдаланудың негізгі факторы өз кезегінде маршруттық желінің, атап айтқанда, қалалық жолаушылар көлігі аялдамаларының қолжетімділігі болып табылады. Бұл іс-шаралардың мақсаты – аялдамалардың орналасқан жерлерін зерттеу, яғни жаяу жүргіншілер өткелінің қиылысу нүктелерін және оларға әсер ететін факторларды табу.

Өртүрлі ауа-райы жағдайларында (-45 ...+50°C) адамның уақытша күту орны болып табылатын аялдама қазіргі заманғы талаптарға сәйкес болуы тиіс. Егер жақсы жабдықталған жаяу жүргінші 8-10 минуттан аспайтын максималды температуралық әсерге төтеп бере алатындығын ескеретін болсақ, қалған уақыт

жолаушыларды (ересектер, балалар) төзімділікке сынауға тура келеді, сондықтан осы уақыт аралығында жолаушылар көлігінің пайда болуына қол жеткізу өзекті міндет болып табылады.

Жолаушылардың орналасу орындары кеңістіктік теңдікті көрсетеді, сонымен қатар қоғамдық көліктерге қызмет көрсету деңгейінің көрсеткіші ретінде қарастырылады. Қоғамдық көліктерде орналасқан жерлерді зерттеу жоспарлаушыларға транзиттік аялдамаларды бөлу кезінде пайдаланушылар үшін ыңғайлылығын ескеруге және маршруттық жолдағы жолаушылар санын көбейтуге көмектеседі. Орналасқан жерді өлшеу әдістері, әдетте, қоғамдық көлік нүктелеріне дейінгі жаяу қашықтықты есептеуге негізделген. Қолданыстағы әдістер транзиттік жолаушыларға негізінен географиялық мәліметтердің үш түріне сүйене отырып, транзиттік нүктелерге қалай қол жеткізуге болатындығын модельдейді:

– транзиттік кіру нүктелерінің орналасуы (автобус, троллейбус аялдамалары және т. б.);

– қолжетімді жаяу жүру бағыттары туралы ақпарат;

– өлшенетін орындардың координаттары.

Деректерді жинау көбінесе дәстүрлі әдістерге байланысты, алайда деректерді жинау қымбат және көп уақытты қажет етеді, оның ішінде транзиттік қызметтер мен жаңадан құрылған орталарда жиі өзгерістер болады. Транзиттік жүйелерге дейінгі орналасу орындарын өлшеу әдістері тиімділігі бойынша жақсартылуы тиіс.

Жолаушылар тасымалы кезінде жаяу жүргінші мен қоғамдық көлік арасындағы қатынастардың екі сатылы теориялық және эксперименттік моделін құруға негізделген жолаушылардың орналасуын зерттеудің жаңа әдісі ұсынылған.

Көптеген ғалымдардың еңбектері жаяу жүргіншілер мен қоғамдық көліктердің дислокация орындарына қол жеткізу мәселесіне арналған. Осы мақаланың мақсаты тұрғысынан қарай отырып, ғалымдардың қызықты көзқарастарын қарастырып өтелік.

Қоғамдық көлік аялдамаларына қол жетімділік әлеуметтік-демографиялық және қалалық жағдайларды ескере отырып, жаяу жүргіншілер қашықтығын және әсер етуші факторларды бағалау негізінде қарастырылады (Острада және Ологум).

Қоғамдық көлік аялдамаларына жаяу жүру тәсілі қоғамдық көліктің көлікке қол жетімділігін бағалау үшін көрсеткіштердің төрт негізгі санатының бірі ретінде қарастырылады. Сонымен қатар, зерттеулерге қоғамдық көліктердегі сапардың ұзақтығы (уақыт, қашықтық немесе баға тұрғысынан), қоғамдық көліктердегі бағыттардың қол жетімділігі және қосылыстар саны кіреді.

Жаяу жүргіншілер аялдамаларға дейінгі қашықтықты талдағанда, жаяу жүргіншілер ең алдымен жаяу жүру қашықтығы мен уақытын азайтуға тырысады. Осыдан кейін жаяу жүру қашықтығына жеке сипаттамалары, аялдамалар мен аймақтың сипаттамалары, маршрут ерекшеліктері мен температурасы әсер етуі мүмкін. Жеке сипаттамалары жаяу жүруге әсер ететін

маңызды факторлар болып табылады, тоқтағанға дейін жүру кезінде қашықтықтың өзі қолайлы.

Жеке көлік құралдарының болуы жүру ықтималдығын теріс білдіреді. Жаяу жүргіншілердің кіруіне қолайлы аймақтың сипаттамаларына кедергілердің болмауы, жаяу жүргіншілердің көбірек байланысын қамтамасыз ететін көше торы кіреді. Аялдамадағы маршруттардың санын азайту күту кезінде жүруге дайын болуды арттырады. Саяхат кезінде ауысып отыру саны жүру үшін қажетті қашықтықты азайтады.

Қысқы жаяу қашықтық жазға қарағанда біршама үлкен – бұл қоршаған орта температурасының тікелей әсеріне байланысты. Сонымен қатар, ыстық немесе суық ауа райы қоғамдық көліктерді пайдалануға кедергі келтіреді, бұл ашық ауада көп жүруді және күтуді қажет етеді.

Алдыңғы қатарлы зерттеулер, ғылыми көзқарастар көрсеткендей, жолаушылардың қоғамдық көлік аялдамаларына баруға дайын болуының негізгі оң факторлары-бұл қысқа (минималды) қашықтық және жолаушы аялдамаға жететін уақыт, оның ішінде жаяу жүргіншілердің жеке сипаттамалары мен орналасқан жері, аялдама параметрлері, нақты Көлік желісінің сипаттамалары және ауа-райы. Ғылыми жұмыстардың мысалдарын, мамандармен кеңесуді және авторлармен ми шабуылын қолдана отырып, бірнеше қорытынды жасауға болады:

Жолаушылар тасымалы үшін тоқтауға асығатын жаяу жүргіншілердің орналасу орындары мен ағынына бірінші сатыдағы мынадай негізгі факторлар негізінде қол жеткізіледі, 3.2-кесте.

Жоғарыда келтірілген мәліметтер негізінде зерттелетін параметрге әсер ететін факторлардың тізімі жасалады және әр фактордың анықтау аймағы белгіленеді. Барлық факторлар сауалнама сұрақнамасына енгізілген. Бұл факторлар қалалық қоғамдық көлік үшін жолаушылар тасымалдайтын орындарға әсер етеді деп болжанады. Белгілердің әсер ету дәрежесі бойынша неғұрлым елеулі белгілерін анықтау үшін априорлық саралау (фактордың маңыздылығын бағалау) әдісі қолданылды [66].

Жоғарыда аталған факторларды жою үшін біз 2019 жылдың қыркүйегі мен қараша айлары аралығында жолаушылар тасымалы мәселесіне қатысы бар Тараз қаласының 50 респондентіне (профессорлар мен оқытушылар, инженерлер, студенттер және т.б.) сауалнама тарату арқылы априорлық зерттеу жүргіздік. Сауалнаманы толтыра отырып, респондент сараланған қатардағы факторлардың орнын анықтайды. Априорлық ақпарат негізінде факторлардың априорлық рейтингі жасалды, бұл ең маңызды факторларды анықтауға және маңызды емес әсер ететін факторларды жоюға мүмкіндік береді.

Факторларды априорлық саралау келесі ретпен жүргізілді [67]. Алдын-ала зерттеулер негізінде зерттелетін параметрге әсер ететін факторлардың тізімі жасалды. Содан кейін респонденттер зерттелетін факторларды көрсететін сауалнаманы толтырды. Әрбір фактор ранг шамасы бойынша бағаланды-респондент зерттелетін факторға олардың болжамды әсерін ескере отырып, қалғандарын саралау кезінде берген орны. Респонденттер әр факторды бірліктен сегізге дейінгі реттік шкала бойынша бағалады. Бірлік ең жақсы жағдайларды

анықтайтын факторға қатысты болды, қалғандары таңдалған параметрге әсер ету дәрежесінің өсу ретімен орналастырылды.

Кесте 3.2 – Жаяу жүргіншілердің қозғалысына әсер ететін бірінші кезең факторлары

№	Фактор коды	Фактордың сипаттамасы
1	$t_1$	Аялдамаға келу уақыты (жөнелту пунктiнiң есiгiнен көлiк аялдамасына жаяу жүру уақыты), с
2	$l$	Жаяу жүргiншiнiң көлiк аялдамасына дейiнгi қашықтығы, дүкендер,м
3	$v$	Жаяу жүргiншiнiң жылдамдығы, м/с
4	$\theta$	Қоршаған ортаның климаттық температурасы, К
5	$P$	Қоршаған ортаның қысымы, кг/м·с <sup>2</sup>
6	$G$	Қол жүгi бар жаяу жүргiншi, Н
7	$H$	Жаяу жүргiншiлердiң өсуi,м
8	$Q$	Аялдаманың сыйымдылығы, адам

Екiншi кезеңнiң әсер ету факторлары бар келетiн қоғамдық көлiкке байланысты жолаушылардың алдыңғы аялдаманың жинақталу уақытының үйлесiмi 3.3-кесте.

Кесте 3.3 – Қоғамдық көлiктегi сапарға әсер ететiн екiншi кезең факторлары

№	Фактор коды	Фактордың сипаттамасы
1	$t_2$	Көлiктегi сапар уақыты, с
2	$v_a$	Көлiк қозғалысының жылдамдығы, м/с
3	$a_a$	Орнынан қозғалған кезде көлiктi жеделдету, м/с <sup>2</sup>
4	$at$	Тежеу кезiнде көлiктiң баяулауы( қиылыс, аялдау және бұрылу алдында), м/с <sup>2</sup>
5	$l_a$	Есептеу орнынан транзиттiк аялдамаға дейiнгi қашықтық, м
6	$G_a$	Қоғамдық көлiктiң салмағы, кг
7	$J$	Қоғамдық көлiк қозғалысының қарқындылығы, с

Әрi қарай, сауалнамаларды өңдеу нәтижелерi бойынша дәреже матрицасы құрылды, яғни.әр мақсатты айнымалы үшiн сараланған қатарлар алынды.

Сауалнама деректерi келесiдей өңделедi. Әр фактор үшiн дәрежелердiң қосындысын табамыз

$$S_r = \sum_{j=1}^m a_{ij} \quad (3.3)$$

мұндағы:  $m$  – сұралған респонденттердің саны;  
 $a_{ij}$  –  $J$ -м респондент берген  $I$ -ші фактор дәрежесі.

Барлық факторлар үшін дәрежелердің орташа сомасы өзгереді:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij} \quad (3.4)$$

мұндағы:  $k$  – факторлар саны;

Содан кейін дәрежелер сомасының әр фактор үшін дәрежелердің орташа сомасынан  $\Delta_i$  ауытқуын есептеңіз:

$$\Delta_i = S_r - \bar{\Delta} \quad (3.5)$$

Байланысты дәрежелер болмаған кезде конкордация коэффициентін төмендегі формула бойынша табамыз:

$$W = \frac{12S_{\Delta}}{m^2(k^3 - k)} \quad (3.6)$$

мұндағы:  $S_{\Delta} = \sum_{i=1}^k \Delta_i^2$  – ауытқу квадраттарының қосындысы  $W$  мәні  $0 \leq W \leq 1$  шегінде жатыр.

$W=1$  болған жағдайда респонденттердің пікірлері толығымен сәйкес келеді.  $W=0$  болған жағдай пікірлердің толық сәйкес еместігін білдіреді.

Респонденттердің сауалнама нәтижелері дәреже матрицасы түрінде ұсынылады (3.4 және 3.5-кесте).

Деректерді өңдеу нәтижесінде бірінші сатыдағы конкордация коэффициенті  $W=0,77 > 0,5$  (жаяу жүргіншілердің қозғалысы үшін) және екінші сатыдағы  $W=0,72 > 0,5$  (автобустардың жүруі үшін) қарастырылатын факторларға қатысты респонденттердің пікірлерінің келісімділігінің жақсы дәрежесінің бар екендігін көрсетеді.

Респонденттердің пікірлерінің келісімділігіне көз жеткізгеннен кейін 3.1-суретте көрсетілген жаяу жүргіншілердің қозғалысына әсер ететін және 3.2-суретте қоғамдық көлікпен жүруге әсер ететін факторларды саралау нәтижелері алынды.

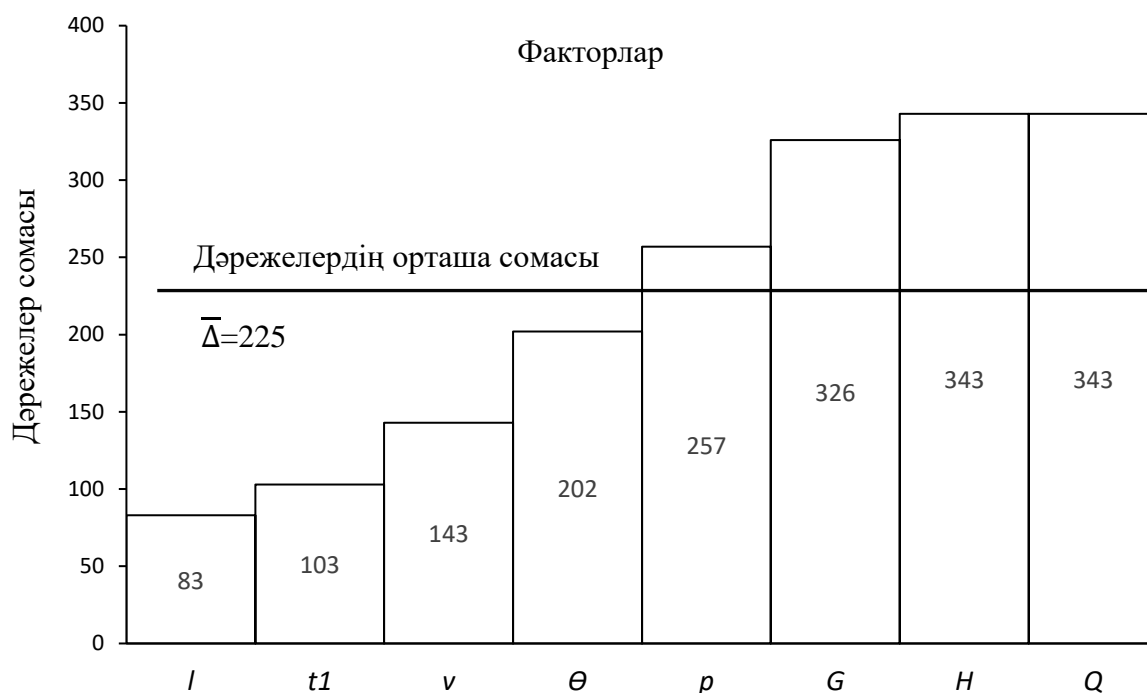
Кесте 3.4 – Бірінші сатыдағы дәреже матрицасы

Респонденттер	Факторлар бойынша дәрежелер							
	$l$	$t_1$	$\nu$	$\theta$	$P$	$G$	$H$	$Q$
1	2	1	4	3	5	6	8	7
2	1	3	2	7	5	4	8	6
3	3	2	1	4	6	5	7	8
4	1	2	4	3	5	8	6	7
5	2	1	3	5	4	6	7	8
6	2	3	1	4	5	8	6	7
...	...	...	...	...	...	...	...	...
50	1	3	6	5	2	8	7	4
Дәрежелер сомасы $S_r$	83	103	143	202	257	326	343	343
Дәрежелердің орташа сомасы $\bar{\Delta}$	225							
Дәрежелер сомасының дәрежелердің орташа сомасынан ауытқуы $\Delta_i$	-142	-122	-82	-23	32	101	118	118
Ауытқу квадраттары $\Delta_i^2$	20164	14884	6724	529	1024	10201	13924	13924
Ауытқу квадраттарының қосындысы $S_{\Delta}$	81374							
Конкордация коэффициенті $W$	0,77							

Кесте 3.5 – Екінші сатыдағы дәреже матрицасы

Респонденттер	Факторлар бойынша дәрежелері						
	$t_2$	$\nu_a$	$l_a$	$J$	$G_a$	$a_a$	$a_t$
1	2	1	5	4	3	6	7
2	1	2	5	4	3	7	6
3	1	2	4	5	3	6	7
4	1	2	4	3	5	6	7
5	2	3	1	5	4	7	6
6	3	4	5	1	2	6	7
...	...	...	...	...	...	...	...
50	2	4	3	1	5	7	6
Дәрежелер сомасы $S_r$	90	132	157	180	191	315	335
Дәрежелердің орташа сомасы $\bar{\Delta}$	200						
Дәрежелер сомасының дәрежелердің орташа сомасынан ауытқуы $\Delta_i$	-110	-68	-43	-20	-9	115	135
Ауытқу квадраттары $\Delta_i^2$	12100	4624	1849	400	81	13225	18225
Ауытқу квадраттарының қосындысы $S_{\Delta}$	50504						
Конкордация коэффициенті $W$	0,72						

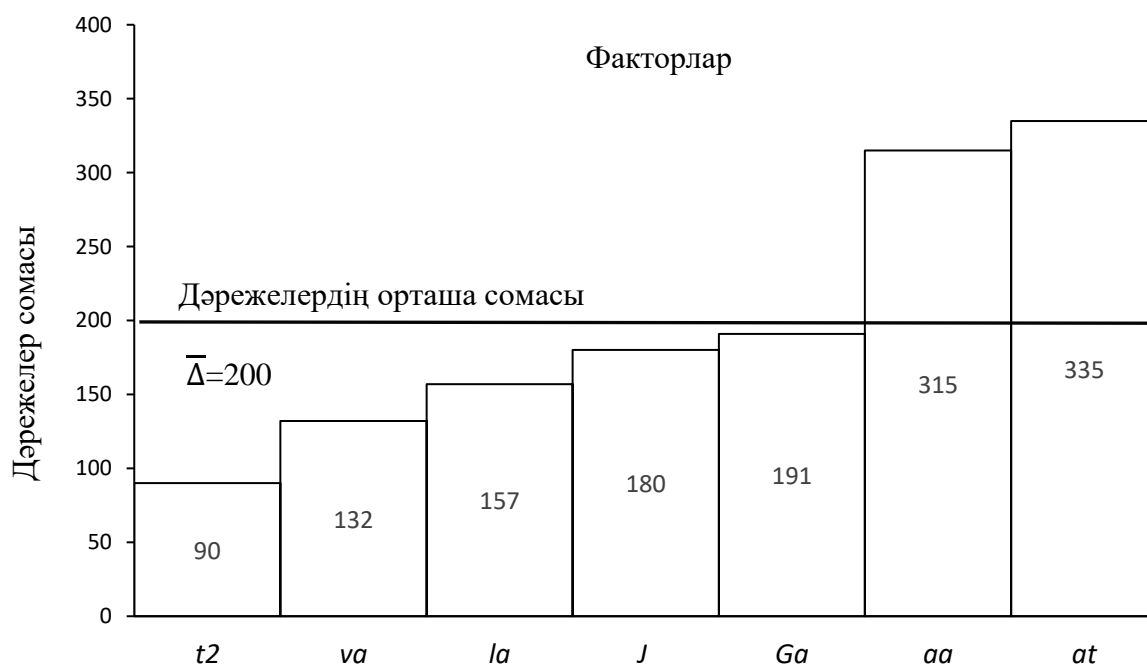




Сурет 3.1 – Жаяу жүргіншілердің тоқтағанға дейінгі қозғалысына әсер ететін факторларды саралау нәтижелері

Априорлық дәреже диаграммасы ең маңызды факторларды алдын-ала таңдауға мүмкіндік береді. Оларға  $S_r < \bar{\Delta}$  жатады.

Дәреже диаграммасынан (3.2-сурет) сұралған респонденттердің пікірінше, *l*, *t1*, *v* және  $\theta$  факторлары зерттелетін параметрге көбірек әсер етеді.



Сурет 3.2 – Транзиттік аялдамаға дейін жолаушының сапарына әсер ететін факторларды саралау нәтижелері

Диаграммадан (3.4-сурет) параметрге  $t_2$ ,  $v_a$ ,  $l_a$  және  $J$  факторлары әсер етеді, ал қалғандары аз әсер етеді. Зерттеуден зерттелетін параметрлерге айтарлықтай әсер етпейтін факторларды алып тастаймыз.

Бұл мәселеде модельдеуді жобалау кезінде ұқсастық пен өлшем теориясын қолдану орынды. Ұқсастық және өлшемділік теориясы П. Бриджмен, М. Г. Иванов сияқты ғалымдар зерттеулерінің негізгі бағыты болып табылады [68,69].

Өлшем әдісінің артықшылықтары: зерттелетін құбылыстардың ауқымын жылдам бағалау; сапалы және функционалды тәуелділіктерді алу. Өлшем формуласын жасау үшін әр негізгі мән үшін жаяу жүргіншілердің аялдамаға дейінгі қозғалысын және жолаушының транзиттік аялдамаға сапарының сипаттамасын өлшеу үшін маңызды айнымалылар бірлігін белгілеуді енгіземіз, 3.8-кесте.

Кесте 3.6 – Физикалық шаманың өлшемі [70]

№ р/с	Айнымалы атауы	Белгілеу	Өлшем формуласы	Өлшем бірлігі
1	Аялдамаға келу уақыты	$t_1$	$T$	с
2	Жаяу жүргіншінің көлік аялдмасына дейінгі қашықтығы	$l$	$L$	м
3	Жаяу жүргіншінің жылдамдығы	$v$	$LT^{-1}$	м/с
4	Қоршаған ортаның климаттық температурасы	$\theta$	$ML^2T^{-2}$	К
5	Көліктегі сапар уақыты, с	$t_2$	$T$	с
6	Көлік қозғалысының жылдамдығы	$v_a$	$LT^{-1}$	м/с
7	Қоғамдық көліктің салмағы	$G_a$	$MLT^{-2}$	кг*с/с <sup>2</sup>
8	Қоғамдық көлік қозғалысының қарқындылығы	$J$	$N * T^{-1}$	ед./с

*Бірінші кезең.* Респонденттердің пікірінше, жаяу жүргіншілердің аялдамаға дейінгі қозғалысына  $L$ ,  $t_1$ ,  $v$  және  $\theta$  факторлары әсер етеді. Осылайша, [68] Өлшем теориясының әдістемесін қолдана отырып, аламыз:

$$t_1 = f(L, v, \theta, p) \quad (3.7)$$

$$T = (L)^\alpha * (LT^{-1})^\beta * (ML^2T^{-2})^\gamma \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} \text{(T)-үшін} & \quad 1 = -\beta - 2\gamma \\ \text{(L)-үшін} & \quad 0 = \alpha + \beta + 2\gamma \\ \text{(M)-үшін} & \quad 0 = \gamma \end{aligned} \quad (3.9)$$

Теңдеу жүйесін шеше отырып, бізде:

$$\alpha = 1; \beta = -1; \gamma = 0. \quad (3.10)$$

Табылған мәндерді негізгі сәйкестікке ауыстыру (8) және математикалық әрекеттерді түсіндіру, сонымен қатар  $\frac{\theta}{p \cdot Q}$ , типінің өлшемсіз қатынасын енгізу арқылы бізде

$$t_1 = \left(\frac{L}{v}\right) \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right) \quad (3.11)$$

(3.11) формуланы талдай отырып, жаяу жүргіншінің орналасқан жерінен аялдамаға дейінгі қозғалысына тек қашықтық қана емес (баспалдақ алаңдарынан, тротуарлардың сапасынан басқа), сонымен қатар қоршаған ортаның климаттық жағдайы (ыстық жаз, суық қыс) әсер етеді деп айтуға болады.

*Екінші кезең.* Жолаушының транзиттік аялдамаға дейін жол жүруі.

Факторларды таңдау кезінде « $L_a$ » « $v_a$ » құрамына кіреді, ал « $a_a$ » мен « $a_t$ » қатынасы функция болып табылады, сондықтан:

$$t_2 = \varphi\left(v_a, J, \sum G_a\right) \quad (3.12)$$

$$T = (LT^{-1})^\alpha, (N * T^{-1})^\beta, (MLT^{-2})^\gamma \quad (3.13)$$

$$\begin{array}{ll} \text{(T)-үшін} & 1 = -\alpha - \beta - 2\gamma \\ \text{(L)-үшін} & 0 = \alpha + \gamma \\ \text{(M)-үшін} & 0 = \gamma \end{array} \quad (3.14)$$

Өлшемсіз мәнді  $\frac{a_a}{a_t}$  қатынасы түрінде енгіземіз .

Теңдеу жүйесін шеше отырып, аламыз:

$$\alpha = 0; \beta = -1; \gamma = 0. \quad (3.15)$$

$$t_2 = \text{const} \left( \frac{1}{N * t^{-1}} \right) \cdot \varphi \left( \frac{a_a}{a_t} \right). \quad (3.16)$$

Алайда,  $\frac{a_a}{a_t} \approx 1$ , жаяу жүргінші мен қоғамдық көліктің қозғалысы бойынша іс-әрекеттің үйлесімділігі болған кезде тамаша жағдайға қол жеткізуге мүмкіндік бере отырып, аламыз:

$$t_2 = \text{const} \left( \frac{1}{N * t^{-1}} \right). \quad (3.17)$$

$\frac{L_a}{v_a}$  - арқылы  $t$  қоғамдық көлік қозғалысының уақытын білдіре отырып, бізде:

$$t_2 = \text{const} \left( \frac{L_a}{N * v_a} \right) \quad (3.18)$$

Теориялық және эксперименттік негіздеменің жалпы тұжырымдамасы  
Осы ұстанымның логикалық түсінігіне сүйене отырып, мыналарды  
болжауға болады:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{L}{v} \cdot f \left( \frac{\theta}{p \cdot Q} \right)}{\frac{1}{N * t^{-1}} \cdot \varphi \left( \frac{a_a}{a_t} \right)} \quad (3.19)$$

демек,

$$t_1 = \frac{\frac{L}{v} \cdot f \left( \frac{\theta}{p \cdot Q} \right)}{\frac{1}{N * t^{-1}} \cdot \varphi \left( \frac{a_a}{a_t} \right)} \cdot t_2 \quad (3.20)$$

немесе қоғамдық көлік қозғалысының жылдамдығын ескере отырып

$$t_1 = \frac{\frac{L}{v} \cdot f \left( \frac{\theta}{p \cdot V} \right)}{\frac{L_a}{N * v_a} \cdot \varphi \left( \frac{a_a}{a_t} \right)} \cdot t_2 \quad (3.21)$$

Осылайша, әртүрлі мемлекеттердегі қоғамдық көлік қозғалысының жылдамдығы регламенттелгенін ескере отырып, атап айтқанда Қазақстанда, оның ішінде Тараз қаласында  $v_a=50$  км/сағ, ал жаяу жүргіншінің жүру жылдамдығын эксперименттік анықтау  $\cong 3...4$  км/сағ, және жаяу жүргіншінің қозғалысы кезінде жоғарыда айтылған факторларды, сондай-ақ қиылыстар мен бұрылыстар кезінде қоғамдық көлік қозғалысы жаяу жүргіншінің жүру жылдамдығын төмендететінін ескере отырып, аламыз

$$L_a \cong L \cdot \frac{50}{4} \cong (8 \dots 12,5)L \quad (3.22)$$

Алынған тәуелділіктер (3.11,3.18,3.22) қоғамдық көлік аялдамаларының орналасу орындарын әзірлеу және негіздеу кезінде қолданылуы мүмкін.

Ұсынған шешімдер қалалық жолаушылар көлігінің тиімділігі мен қолжетімділігін арттыруға бағытталған. Соның ішінде жаяу жүргіншілердің қоғамдық көлік аялдамасына дейінгі қозғалысына әсер ететін факторлар талданады және анықталады.

Респонденттердің сауалнамасы негізінде алынған индикаторларды априорлық саралау әдісі респонденттердің пікірлерінің жақсы сәйкестік дәрежесін көрсетті және ең әсер ететін факторларды анықтады.

Өлшемдер теориясы негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі алынды. Ғылыми-техникалық әдебиеттерден белгілі параметрлермен салыстырғанда, ұсынылған өлшемсіз кешендер қоршаған ортаның климатын, жаяу жүргіншінің, маршруттың және қоғамдық көліктің сипаттамасын ескеретіндігімен ерекшеленеді.

Жолаушылар тасымалы кезіндегі жаяу жүргінші мен қоғамдық көлік арасындағы қарым-қатынас мәселесін екі сатылы теориялық және эксперименттік зерттеу олардың қозғалыс уақытының негізінде олардың қиылысу нүктесін теориялық және физикалық негіздеуге мүмкіндік берді.

Табылған өрнек (3.11) жаяу жүргіншінің межелі жерден аялдамаға дейін жету уақытын ғана анықтауға мүмкіндік берумен қатар, қандай да бір қоғамдық көлікті күту кезінде аялдаманың сыйымдылығын нақтылайды.

Формула (3.18) қоғамдық көліктің үнемді қозғалысын негіздеуге және белгілі бір қалада, аудан орталығында және т. б. шектеу үшін жылдамдық мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді.

### 3.1.1 Эксперименттік жұмыстардың нәтижелері

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университет құрамында «Көлік техникасы және технологиясы» кафедрасының студенттік ғылыми топтармен және кәсіпорындардың бірнеше қызметкерлерімен климаттық жағдайларға байланысты эксперименттер бірнеше жыл бойы жүргізілгендіктен, біз экспериментті жоспарлауды рандомизациялау әдісін қолдандық, осылайша эксперименттерде іс тұжырымдамасына қол жеткіздік.

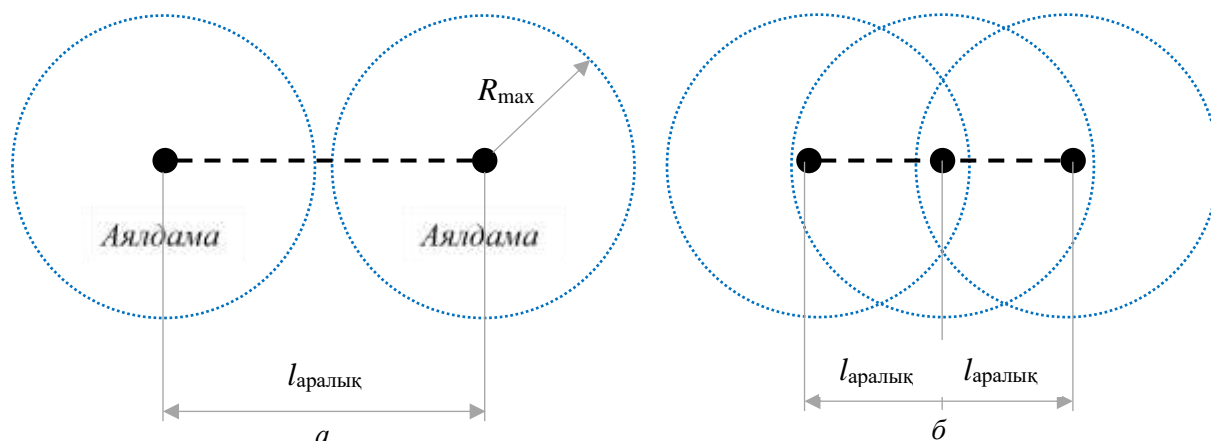
Адамның қозғалыс жылдамдығы тыныш қадаммен орта есеппен аралығында өзгереді 0,5...1,5 м/с және жасына және денсаулық жағдайына, қозғалыс мақсатына, жол жағдайларына (тегістікке, бойлық еңіске және жабынның тайғақтығына), қоршаған ортаның жағдайына (көріну, жауын-шашын, ауа температурасы) байланысты.

Аялдама пункттерінің жаяу жүргіншілерге қол жеткізу аймағының конфигурациясы оларға іргелес аумақтың жоспарлау құрылымымен айқындалады. Қалалық кеңістіктің изотроптылығын ескере отырып, ол  $R_{\max}$  радиусының шеңберін білдіреді, оның аялдама пункттері (АП) орналасқан (3.3а-сурет).

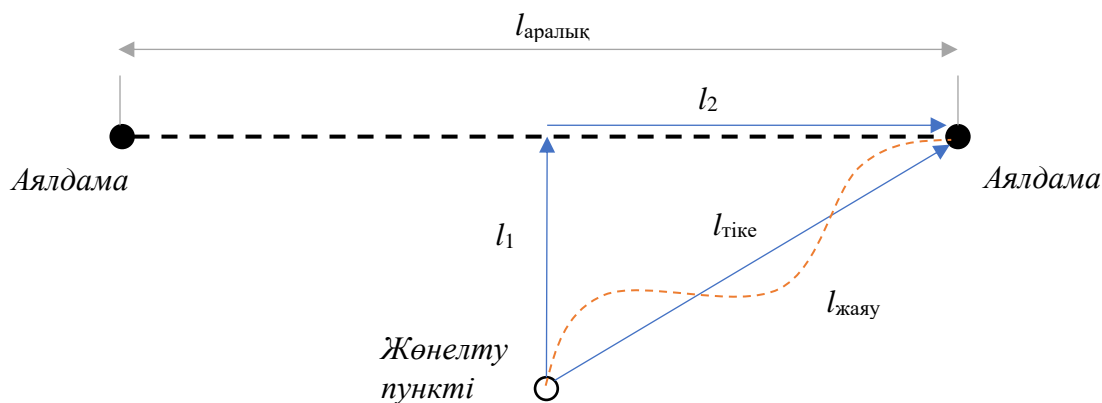
Аралық ұзындығы  $l_{\text{аралық}} > 2R_{\max}$  кезінде көршілес аялдама пункттерінің әсер ету аймақтары жабылмайды, егер АП-ге қарай қозғалыстардың пайда болу нүктелері қол жеткізу аймағының ішінде орналасқан деп алсақ. (сурет.3.3, а).

Қысқа аралықтар кезінде  $l_{\text{аралық}} < 2R_{\max}$ , жекелеген аялдама пункттерінің әсер ету аймақтары жабылады (3.3б-сурет). Аралықтардың жеткілікті қысқа ұзындығымен көлік желілерінің әсер ету аймағын көлікке параллель және одан жаяу жүргіншілерге қол жетімділік аймағының қашықтығына дейінгі сызықтармен шектелген деп санауға болады.

Жаяу жүру қашықтығын келесі схема бойынша анықтауға болады (3.4-сурет).



Сурет 3.3 – Көлік желілерінде аялдама пункттерінің жаяу жүргіншілерге қол жеткізу аймақтарын қалыптастыру модельдері



Сурет 3.4 Аялдама пунктіне жаяу жақындау схемасы.

$l_{аралық}$  – аялдама пункттері арасындағы аралықтың арақашықтығы;  $l_1$  – жолаушының жөнелту пунктінің есігінен маршруттың трассасына дейінгі арақашықтық;  $l_2$  – маршруттың трассасы бойымен АП-не дейінгі арақашықтық;  $l_{тіке}$  – тікелей "әуе" желісі бойынша АП-не дейінгі арақашықтық.

Қоғамдық жолаушылар көлігінің аялдамасына дейінгі жаяу жүргіншілер жолдарының қашықтығы 500 м-ден аспауы керек; көрсетілген қашықтықты IV климаттық шағын аудандарда 400 м-ге дейін азайту керек (ҚР БК 3.01-101-2013).

Тараз қаласындағы ауа температурасы  $-10^{\circ}\text{C}$ -тан  $+40^{\circ}\text{C}$ -қа дейін ауытқиды, ал температураның минимумы ( $-10^{\circ}\text{C}$ ) 9 желтоқсанда сағат 02:00-де болды, ал максимум ( $+40^{\circ}\text{C}$ ) 22 шілдеде сағат 14:00-де тіркелді.

Жұмыстың мақсаты аялдамаға келу уақытының математикалық моделін алу, оған жаяу жүргіншінің көлік аялдамасына дейінгі қашықтыққа ( $l = 100 \dots 400$  м), жаяу жүргіншінің жылдамдығына ( $v = 0,5 \dots 1,5$  м / с) және қоршаған ортаның климаттық температурасына ( $\theta = -10 \dots 40^{\circ}\text{C}$ ): байланысты:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_1^2x_1^2 + b_2^2x_2^2 + b_3^2x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_2x_3 + b_{13}x_1x_3 \quad (3.23)$$

Тәжірибені айналмалы орталық композициялық жоспарлау қолданылды. Айналмалы орталық композициялық жоспарлау үшін қолданылатын тәуелсіз айнымалылар және олардың деңгейлері 3.7-кестеде келтірілген.

Кесте 3.7 – Үш факторлы эксперименттің жұмыс матрицасы

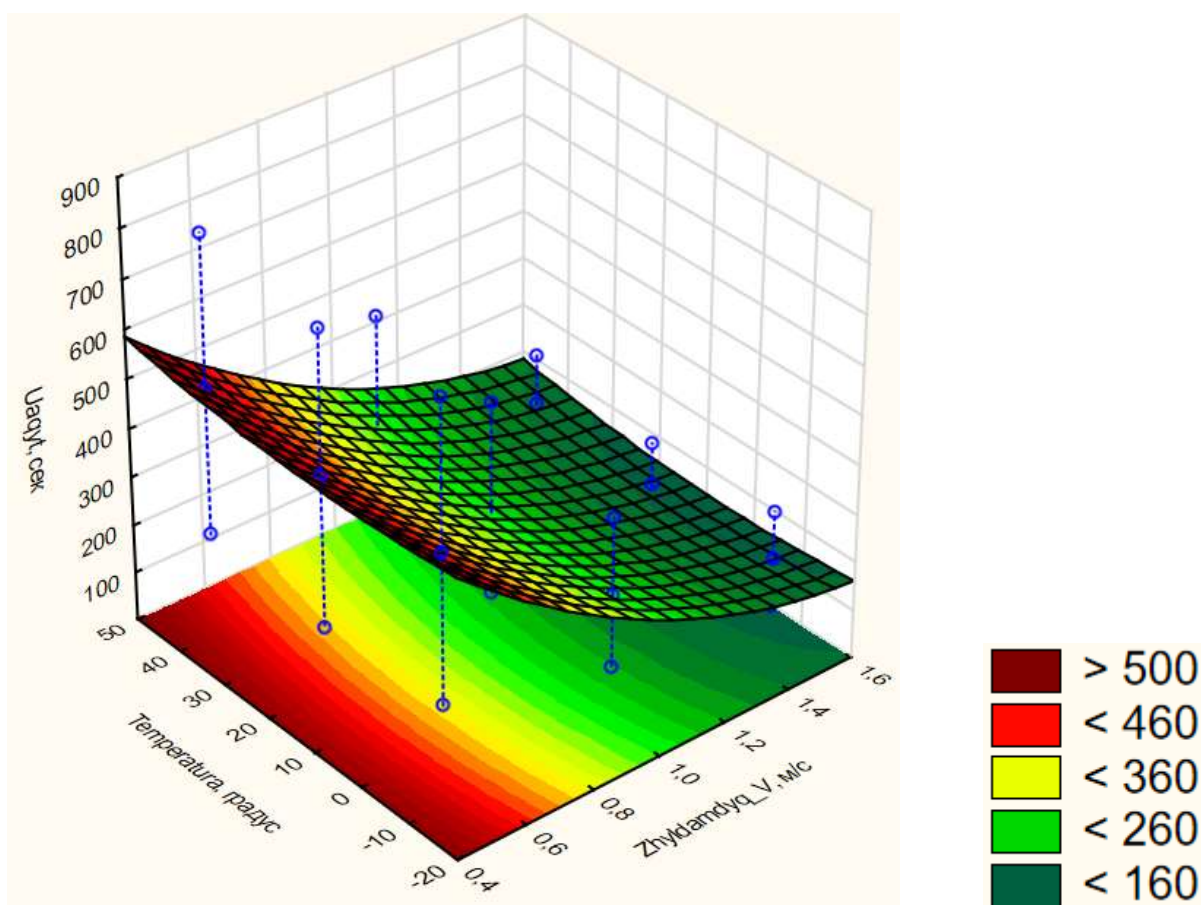
Факторлардың деңгейі	Факторлардың кодталған мәні	Факторлардың нақты мәндері		
		$l, \text{ м } (x_1)$	$v, \text{ м/с } (x_2)$	$\theta, \text{ К } (x_3)$
Төменгі	-1	100	0,5	263
Жоғарғы	+1	400	1,5	313
Негізгі	0	300	1	288
Аралық		200	0,5	25

Эксперименттік деректерді STATISTICA бағдарламасымен өңдегеннен кейін аялдамаға келу уақытын есептеу үшін теңдеу алынды.

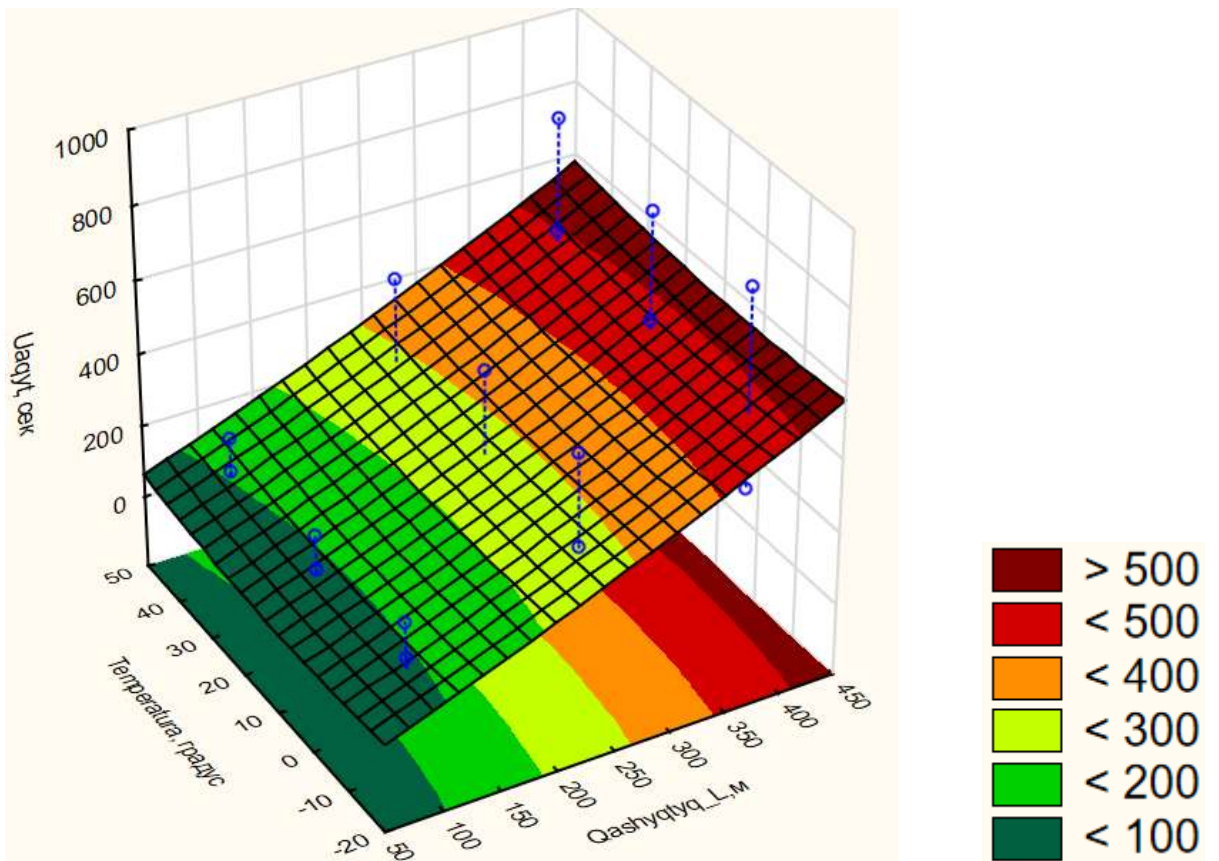
$$y = 226,2 + 183,7x_1 - 147,1x_2 + 185,11x_2^2 + 69,7x_3^2 - 163,8x_1x_2, \quad (3.24)$$

$x_2$  және  $x_3$  айнымалыларынан ( $y, \text{ с}$ ) аялдамаға келу уақыты 3.5-суретте көрсетілген.  $x_1$  мәндері жоспардың ортасында ( $x_1 = 0$ ) жазылды.

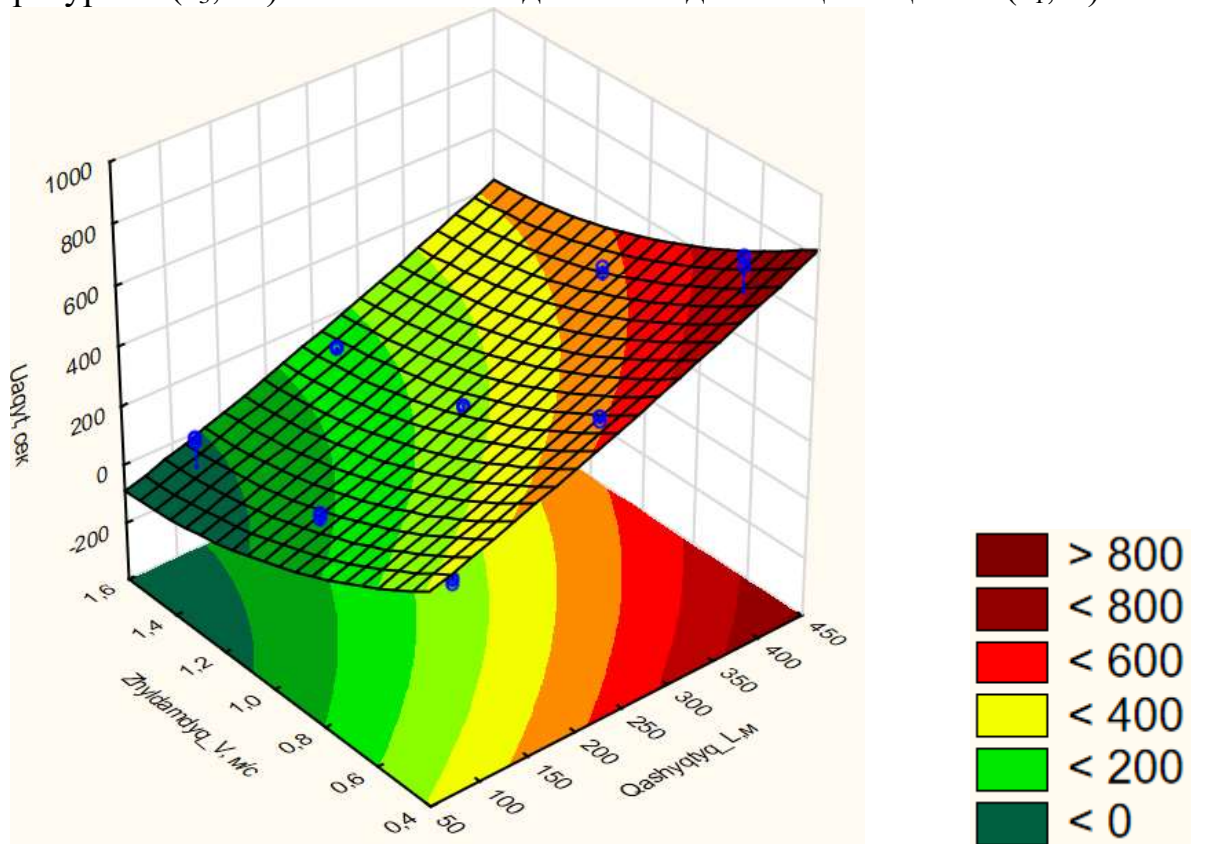
$x_1$  және  $x_3$  айнымалыларынан ( $y, \text{ с}$ ) аялдамаға келу уақыты 3.6-суретте көрсетілген.  $x_2$  мәндері жоспардың ортасында бекітілген ( $x_2 = 0$ ).



Сурет 3.5 – Аялдамаға келу уақыты ( $y, \text{ с}$ ): климаттық қоршаған орта температурасы ( $x_3, \text{ }^\circ\text{C}$ ) және жаяу жүргіншінің жылдамдығы ( $x_2, \text{ м / с}$ )



Сурет 3.6 – Аялдамаға келу уақыты ( $y$ , с): қоршаған ортаның климаттық температурасы ( $x_3$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) және көлік аялдамасына дейінгі қашықтығы ( $x_1$ , м)



Сурет 3.7– Аялдамаға келу уақыты ( $y$ , с): көлік аялдамасына дейінгі қашықтығы ( $x_1$ , м) және жаяу жүргіншінің жылдамдығы ( $x_2$ , м / с)



### 3.1.2. Көлік аялдамаларының орналасуын анықтау

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, әр объектінің ортасында жаяу жүргіншінің қозғалыс бағытының векторын қарастыру ұсынылады. Жаяу жүргіншінің бағыты векторының шамасы автобустарды пайдаланатын адамдар санының қарастырылып отырған объектінің көлеміне қатынасын анықтау. Вектордың бағыты орталықтың координаталық нүктесін есіктің орталық шығу нүктесінің координаталық нүктесіне қосу арқылы анықталады.

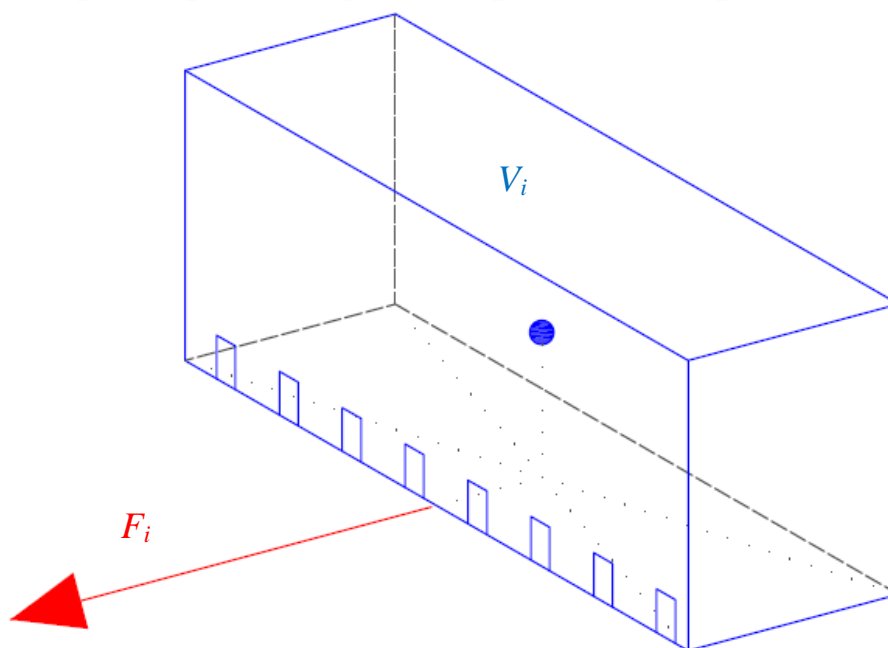
Белгілі бір вектордың шамасының соңғы нүктесі көлікті пайдаланатын жаяу жүргіншілердің жалпыланған параметрі болып табылады. Осыған байланысты осы тұрғын үйде немесе мекемелерде қоғамдық көлікті қанша адам пайдаланады деген сұрақ туындайды. Бұл мәселені шешу үшін біз жалпы дүкендердің тұрғындардан немесе келушілерден сауалнама жасадық. Осылайша, бір аумақта әр үйде тұратындардың санын анықталды.

Векторлық өрнекте ұсынылған қатынас келесі ретпен көрсетіледі

$$F_i = \frac{N_g}{V_i} \quad (3.25)$$

мұндағы:  $N_g$  – қоғамдық көлікті қолданатын адамдар саны, адам;  
 $V_i$  – орналасқан объектінің көлемі, м<sup>3</sup>.

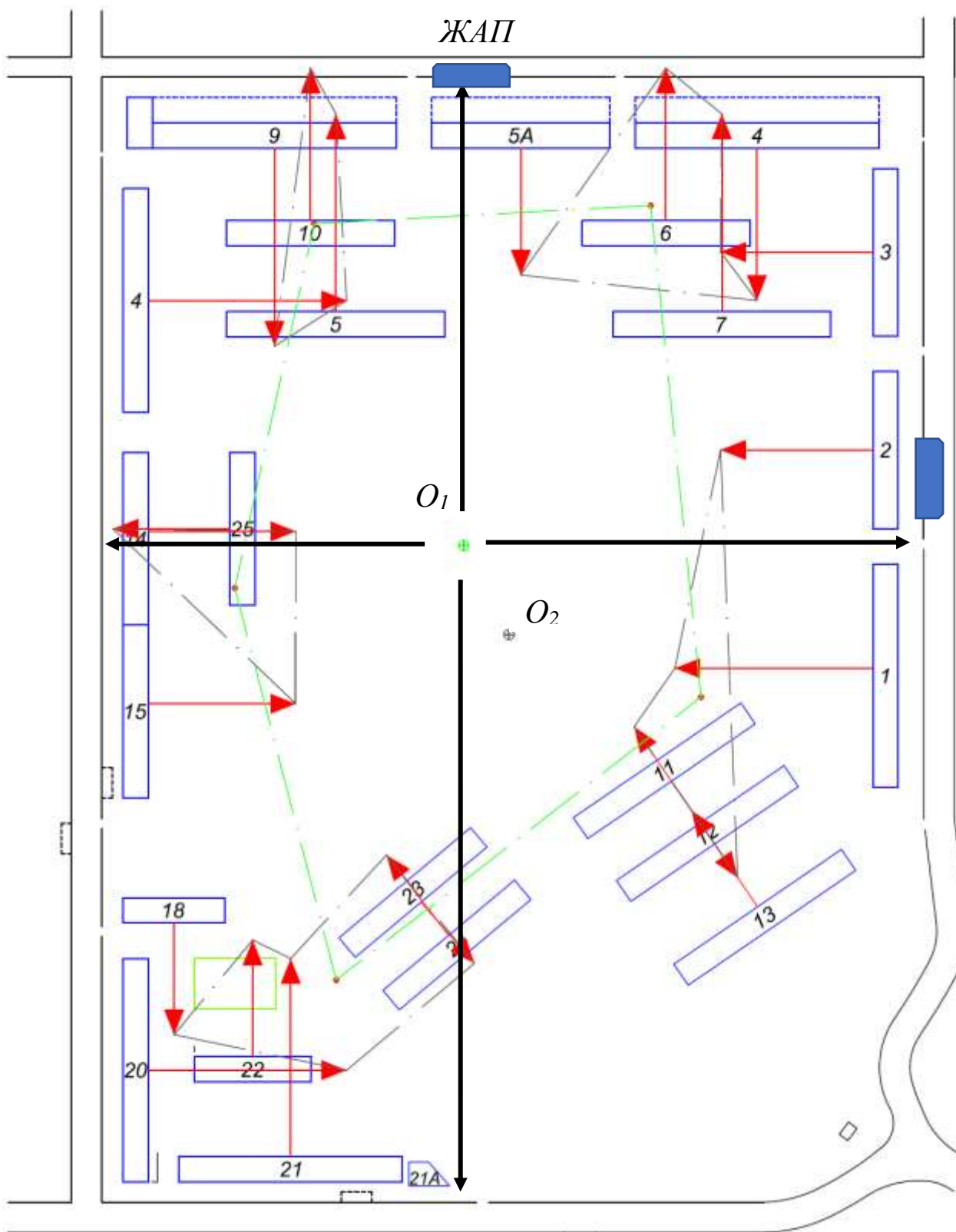
Жоғарыда сипатталған әдістемеге сәйкес масштаб бойынша біз есептеу нәтижесін векторлық өрнекпен орналастырамыз. (3.8-суретте).



Сурет 3.8 – Объектілер бойынша жалпыланған вектордың соңғы шығыс нүктесін анықтауға арналған сұлбасы

Ол үшін біз белгілі бір объектінің геометриялық центрінің нүктесін негізде қолданылатын; яғни жер бетінде жаяу жүргіншілердің алға жылжуына сәйкес келеді. Содан кейін, осы нүктені бастапқы нүкте ретінде пайдаланып, объектінің

шығыс есігіне бағытталған векторды сызамыз. Тұрғын үйді қарастырған кезде шығыс есігі барлығының орташа мәні ретінде орнатылады.



Сурет 3.9 – Жолаушылар тасымалын аялдама координаттарын айқындаудың жалпыланған сұлбасы

$O_1$  – аймақта тұратын жолаушы ағынның орталығы,  $O_2$  – аймақтың аудандық орталығы, ЖАП – жаңа аялдама пункті

Осылайша, бір блокта орналасқан барлық объектілердің векторларының ұштарын байланыстыра отырып, біз координаталық нүктелер бойынша жабық көпбұрыш аламыз. Бұл координаталық нүктелер векторлардың соңындағы шыңдар болып табылады. Әрі қарай, геометриялық есептеу әдістерін қолдана отырып, сәйкес координатасы бар көпбұрыштың орталық нүктесін анықтаймыз. Алынған координаталық нүктеден біз перпендикуляр сызық сызамыз, ол блоктан тыс орналасқан жолдың қиылысына дейін, демек, бұл сегмент шеңбердің радиусы болып табылады, бұл қиылысу кезінде белгілі бір тоқсанның айналасында Жолаушылар тасымалы аялдамасының координаталық нүктесін анықтауға мүмкіндік береді.

Біз Тараз қаласында аялдамалардың орналасуы туралы неғұрлым тығыз маршруттар бойынша орындалған координаттардың графикалық-Талдамалық анықтамасы көп жағдайда жолаушылар тасымалы аялдамалары салынған қолданыстағы белгілермен сәйкес келді, кейбір интуитивті орналасқан аялдамалардан айырмашылығы, біз экономикалық негізделген координатаны ұсынамыз, оның негізінде мәселені шешудің жаңа әдістемесі жатыр.

### **3.2 Жолаушылардың қалауларына сәйкес қоғамдық көлік желісін таңдауын зерттеу**

Жолаушылардың қалауы – бұл қолданыстағы көлік жүйесі аясында жолаушылардың ықтимал баламаларын таңдауды анықтайтын негізгі сипаттама. Көлік жүйесін пайдаланушылар таңдайтын бұл баламалар, әдетте, көлік түрлеріне немесе қозғалыс маршруттарына (қоғамдық көлік жүйесі жағдайында көлік желілеріне) қатысты болады.

Жолаушылардың көлік түрін және сапар бағытын таңдаудағы қалауын модельдеудің дәстүрлі тәсілі пайдалылық теориясына негізделген және іс жүзінде кейбір эмпирикалық ақпарат негізінде пайдалылық функциясын бағалауды қамтиды.

Көліктің практикалық зерттеулерінде пайдалылық теориясының қолданылуын соңғы жарияланымдардан табуға болады. Қоғамдық көлік бағытын таңдау кезінде сапар уақытының сенімділігінің әртүрлі модельдік сипаттамалары салыстырылады, қарастырылған модельдер эмпирикалық бақылаулар негізінде бағаланады және пайдалылық функциясын бағалау үшін қолданылады. Мақала авторлары құрылымдық теңдеу мен дискретті таңдау модельдерін жіктелген жасырын айнымалылармен біріктіретін қоғамдық көлікке арналған режимді таңдау моделін ұсынады. Ұсынылған зерттеудің мақсаты қоғамдық көлік жүйесі шеңберіндегі жолаушылардың мінез-құлқын жақсырақ түсіндіретін жетілдірілген дезагрегацияланған модельді жасау болды. Зерттеу [71] Бильбао аймағындағы университет студенттерінің көлікті таңдауы туралы эмпирикалық мәліметтерді қолданады, авторлар адамдардың көлік түрінен алатын пайдалылығын осы ақпарат негізінде қалай модельдеуге және бағалауға болатындығын суреттейді. Жарияланымда сипатталған модель велосипедті бөлісу жүйесінің операторларына жол қашықтығының, жерді пайдаланудың, салынған ортаның және қоғамдық көлік инфрақұрылымына қол жетімділіктің

мақсатты пайдаланушының қалауына әсерін зерттей отырып, қызметтерді тиімді жоспарлауға мүмкіндік береді: мақала авторлары қызметтік профильдерді құруды ұсынады, қашықтық функциясы және басқа атрибуттар. [72] мақалада толып кету деңгейі иллюстрация ретінде ұсынылған қалау сауалнамасы негізінде жолаушылардың жайлылығын бағалау әдісі ұсынылған; авторлар сауалнама деректерін дискретті таңдау модельдерін бағалау және тиімділік функциясының параметрлері арқылы жолаушылардың тығыздығын субъективті бағалау үшін пайдаланады. Зерттеу [73] Словенияның Любляна қаласында EVA режимін таңдау моделін қолдану мысалын көрсетеді, авторлар мәлімделген қалауларға сауалнама жүргізіп, пайдалы функциялардың әр түрлі түрлерін бағалады.

Жолаушылардың қалауын біржақты анықтау мүмкін емес (өйткені олар анықталмайтын параметрлердің көптігіне байланысты, олардың мәндерін әр түрлі адамдар субъективті түрде бағалайды), анық емес логиканың математикалық аппараты жолаушылардың қалауын және олардың көлік қызметтеріне қанағаттануын анықтау үшін кеңінен қолданылады. Мақала авторлары аналитикалық иерархия үдерісінің сипаттамаларын, энтропиялық салмақ әдісін және қоғамдық көлікпен жолаушылардың қанағаттанушылығын бағалаудың дәлдігін жақсарту үшін анық емес кешенді бағалау әдісін біріктіретін тәсіл жасады. Осыған ұқсас әдістеме жарияланымда сипатталған авторлар анық емес логика мен аналитикалық иерархия үдерісінің тіркесімін қолдана отырып, қоғамдық көлік деңгейін өлшеу үшін шешім қабылдауды қолдау моделін ұсынады. [74] мақалада Пифагордың анық емес жиынтығына және көп мақсатты оңтайландыруға негізделген қоғамдық көлік жүйесімен жолаушылардың қанағаттанушылығын бағалау үшін қолданылатын әдіс сипатталған. Зерттеу [75] жол жүру компоненттерінің жеке жайлылық индекстеріне негізделген синтетикалық индекстермен жүріс жайлылығының сипаттамаларын өрнектеу әдісін ұсынады және авторлар жолаушылардың жайлылық жағдайларын бағалау үшін анық емес тәсілді қолданады.

Бұл зерттеу жолаушылардың қалауын бағалау үшін анық емес логиканы қолдану бағытына ықпал етеді. Біз жолаушылардың сауалнамалық деректерін қоғамдық көлік жүйесін пайдаланушылардың негізгі сипаттамаларын өрнектейтін мүшелік функцияларын есептеу үшін пайдаланатын қарапайым, бірақ сенімді әдісті жасауға тырысамыз: бағалар, ыңғайлылық және қозғалыс жылдамдығы.

Жолаушылардың қалауын бағалаудың ұсынылып отырған тәсілі.

Тасымалдаушының мақсаты қазіргі және әлеуетті нарықты неғұрлым толық қамту болып табылады, ол үшін маршрутты қамтитын пункттерден және пункттерден қозғалатын жолаушыларды тарту қажет. Егер жолаушының жүріп – тұру қажеттілігін жалғыз тәсілмен-бір автобус маршрутын пайдалана отырып қанағаттандыру мүмкін болса, онда тасымалдаушы нарықтың осы секторының барынша ықтимал үлесін алады. Алайда, егер қозғалыс қажеттілігі бірнеше жолмен жүзеге асырылса (сапар қоғамдық көлік жүйесінде бірнеше маршрут бойынша жүзеге асырылуы мүмкін), жолаушының таңдауы бар. Бұл жағдайда бір сапарға қызмет ете алатын тасымалдаушылар арасында бәсекелестік

туындайды. Тасымалдаушы таңдаған стратегияға байланысты жолаушы тиісті маршрутқа артықшылық береді.

Сапарды қоғамдық көлік маршруттарына жатқызу жолаушылардың қалауына, сондай-ақ тасымалдаушы үшін бұл сапардың маңыздылығына байланысты (бұл тасымалдаушы белгілі бір сапардың тартымдылығына байланысты мінез-құлық стратегиясын анықтайды).

Маршрутты таңдау кезінде жолаушылардың қалауы үш негізгі көрсеткішке байланысты: жеткізу жылдамдығы (жол жүру уақыты), жайлылық және қызметтер бағасы. Барлық осы параметрлер белгілі бір дәрежеде автобус моделімен анықталады. Жеткізу жылдамдығы дизайн ерекшеліктеріне байланысты (алайда қозғалыс жылдамдығына жол желісінің жүктелуі және жол қозғалысын ұйымдастыру әдістері де әсер етеді). Жайлылық автобустың жолаушылар сыйымдылығына, салонның дизайн ерекшеліктеріне және автомобильдің суспензиясына тікелей байланысты. Қызметтің бағасы автобустың нақты моделінің пайдалану сипаттамаларына байланысты көрсетілетін қызметтердің құнына қарай анықталады. Осылайша, белгілі бір маршрутты таңдаудағы жолаушылардың қалауы тасымалдаушы пайдаланатын автобус модельдеріне байланысты деп те айтуға болады.

Автобус моделінің оңтайлы модельдер жиынтығына жататындығын сипаттайтын анық емес ішкі жиынның көмегімен жолаушылардың автобустың белгілі бір моделіне артықшылық беру дәрежесін сипаттау ыңғайлы. Бұл жағдайда жіберуші - тағайындалған пункт (O-D) әр түрлі жұптар үшін немесе күннің әр түрлі уақытында (аптаның күні) бір O-D жұбы үшін артықшылық дәрежесі айтарлықтай өзгеше болуы мүмкін. Мысалы, қаланың ұйықтайтын аудандарымен байланысты O-D жұптары үшін қозғалыс жылдамдығының мәні күннің уақытына байланысты әр түрлі болады. Жалпы алғанда, O-D жұптарының әрқайсысы сапар мақсатына сүйене отырып, көлік қызметін тұтынушылардың әртүрлі кіші топтарымен байланысты болуы мүмкін, ал O-D жұптарының құрамы тиістілік функциясының түрін анықтайды.

Егер жылдамдық критерийі бойынша артықшылық  $\mu_V$  мүшелік функциямен, сапардың жайлылығы критерийі бойынша  $\mu_K$  - функциямен, ал сапар бағасының критерийі бойынша  $\mu_T$  - функциямен сипатталса, онда жолаушының  $\mu_V \in [0;1]$ ,  $\mu_K \in [0;1]$ ,  $\mu_T \in [0;1]$ , жалпы артықшылығы ішкі жиындардың жиынтығы болып табылатын анық емес жиын арқылы көрсетілуі мүмкін  $\mu_V$ ,  $\mu_K$ , және  $\mu_T$ :

$$\mu = w_V \cdot \mu_V + w_K \cdot \mu_K + w_T \cdot \mu_T \quad (3.26)$$

мұндағы:  $w_V, w_K, w_T$  – қозғалыс жылдамдығының, ыңғайлылықтың және тарифтің тиесілі функциялары үшін салмақ коэффициенттері болып табылады

Жолаушылардың қалауын бағалау үшін автобустардың оңтайлы модельдерінің анық емес жиынына тиесілі функциялардың түрін анықтап, оларды жолаушылардың негізгі топтары үшін стандарттау қажет. Тиесілілік функцияларын анықтау үшін біз сараптамалық сауалнама нәтижелерін талдау әдістемесін қолдануды ұсынамыз. Бұл әдістемеде келесі кезеңдер іске асырылуы тиіс:

1. Жолаушылардың негізгі әлеуметтік топтарына бөлінген респонденттер үшін мәліметтерді жинау және сипаттамалардың маңыздылығын есептеу (мысалы, студенттер, зейнеткерлер).

2. Жиналған деректердің жеткіліктілігін бағалау.

3. Респонденттердің пікірлерінің келісімділігін бағалау.

4. Респонденттер үлгісінде көрсетілген әрбір әлеуметтік топ үшін белгілердің маңыздылық санаттары үшін тиесілі функциялардың эмпирикалық мәндерін бағалау.

5. Мүшелік функцияларын жақындататын функционалдық тәуелділіктерді бағалау.

Бірінші кезеңде сарапшыларға (респонденттерге) тарифтер деңгейінің, жайлылық пен қозғалыс жылдамдығының маңыздылығын 10 балдық шкала бойынша бағалау ұсынылады. Сипаттамалардың әрқайсысы бойынша мәселелерді өңдеу кезінде респонденттер үшін сипаттамалардың маңыздылығы жеке үлестерде былайша айқындалады:

$$z_i = \frac{B_i}{B_V + B_K + B_T} \quad (3.27)$$

мұндағы:  $B_i$  – сарапшы  $i$ -ші белгіге берген ұпай саны:  $B_i \in \{B_V; B_K; B_T\}$ .

Екінші кезеңде сарапшылардың пікірлерін алдын ала бағалаудан кейін сұралған сарапшылар санының жеткіліктілігі бағаланады. Бұл үшін іріктеудің орташа қателігі жолаушылар үшін  $i$  сипаттаманың мәніне сәйкес бағалануы керек [76]:

$$\Delta_i = \sqrt{\frac{1}{N \cdot (N - 1)} \cdot \sum_{j=1}^N (z_{ij} - \bar{z}_i)^2} \quad (3.28)$$

мұндағы:  $\bar{z}_{ij}$  – жолаушы үшін  $i$  - ші сипаттаманың маңыздылығының орташа мәні болып табылады;

$N$  – респонденттердің саны (сұралған сарапшылар).

$i$ -ші белгі үшін талап етілетін (жеткілікті үлкен) үлгі  $N_i^*$  өлшемі келесідей бағаланады [76]:

$$N_i^* = \frac{N}{N \cdot \frac{d_i^*}{3} + 1} \quad (3.29)$$

мұндағы:  $d_i^*$  – іріктеме қателігінің зерттелетін мәндердің стандартты ауытқуына қатынасын білдіреді (жолаушылар үшін белгілердің маңыздылығы):

$$d_i^* = \frac{\Delta_i}{\sigma_i} \quad (3.30)$$

мұндағы:  $\sigma_i$  – бұл  $i$ -ші белгінің маңыздылығы үшін стандартты ауытқу.

Үшінші кезеңде біз Кен-Даллдың сәйкестік коэффициентін қолдана отырып, сарапшылардың пікірлерінің  $W$  сәйкестігін бағалауды ұсынамыз [76]:

$$W = \frac{12 \cdot S}{N^2 \cdot (M^3 - M)} \quad (3.31)$$

мұндағы:  $S$  – әрбір зерттеу объектісінің (артықшылық белгісі) барлық дәрежелік бағаларының тиісті орташа мәннен ауытқу квадраттарының қосындысын білдіреді;

$M$  – бұл сараптама объектілерінің саны (бағаланатын артықшылықты сипаттамалар).

Сәйкестік коэффициентінің мәні  $i$ -ге неғұрлым жақын болса, сарапшылардың пікірлері соғұрлым жақсы болады. Егер  $W$  мән 0,5-тен аз болса, респонденттердің санын көбейту керек.

Төртінші кезеңде сауалнама деректерін негізге ала отырып, біз жолаушының қалауын  $k$ -санатындағы  $J$ -белгісі бойынша  $i$ -ші әлеуметтік топқа тиесілік функциясы ретінде былайша айқындауды ұсынамыз:

$$\mu_{ijk} = \frac{N_{ijk}}{\max_k N_{ijk}} \quad (3.32)$$

мұндағы:  $N_{ijk}$  – бұл  $i$  - ші әлеуметтік топ сарапшыларының саны, олар  $j$ -белгісін  $k$ -диапазонындағы мән ретінде бағалады.

Сонымен, бесінші кезеңде біз эмпирикалық мәндер жұптары мен сәйкес санаттар негізінде мүшелік функциялардың  $\langle \mu_{ijk}, k \rangle$ . аналитикалық формасын бағалауды ұсынамыз. Функционалдық тәуелділіктер тәуелділіктің нысанын көрсететін көпмүшелік модель үшін ең аз квадраттар әдісін пайдалана отырып,

сипаттамалардың әрқайсысы үшін (тариф, жайлылық және қозғалыс жылдамдығы) бағалануы мүмкін:

$$\mu_i(k) = \sum_{p=0}^P a_{ip} \cdot k^p \quad (3.33)$$

мұндағы:  $k$  – тиістілік функциясымен сипатталған  $i$ -ші белгі үшін санаттың реттік нөмірі болып табылады;  
 $a_{ip}$  – функционалдық тәуелділікті анықтайтын көпмүшелік коэффициенттер;  
 $P$  бұл көпмүшелік модельдің күрделілігі.

Айта кету керек, эмпирикалық мәліметтерге бейімделген көпмүшелік модельдер бағалаудың қажетті сапасын қамтамасыз ету үшін жеткілікті күрделі болуы керек, мысалы, көпмүшенің ең жоғары дәрежесі кем дегенде 95% анықтау коэффициентінің мәніне кепілдік бере алатындай үлкен болуы керек (іс жүзінде көпмүшелік модель неғұрлым күрделі болса, ол соғұрлым эмпирикалық деректерге сәйкес келеді).

Мүшелік  $a_{ip}^*$  функцияларының таңдалған сипаттамалардың табиғи мәндеріне тәуелділігін (тариф, жайлылық деңгейі және қозғалыс жылдамдығы) анықтауға арналған көпмүшелік модельдер коэффициенттері:

$$a_{ip}^* = a_{ip} \cdot \left(\frac{K}{\max f_i}\right)^j \quad (3.34)$$

мұндағы:  $\max f_i$  –  $i$ -і сипаттаманың максималды мәні;

$K$  – жолаушы үшін объектінің маңыздылығының белгілі бір санаттарының саны (санаттар саны неғұрлым көп болса, меншік функциясының тәуелділігін соғұрлым дәлірек бағалау мүмкін болады).

Жолаушылардың қалауы бойынша сауалнама 2019 жылдың қазан айында Қазақстанның Тараз қаласында жүргізілді. Сауалнама барысында 390 тұрғыннан сұралып, келесі әлеуметтік топтар анықталды: еңбекке қабілетті жастағы ересектер, студенттер мен зейнеткерлер. Респонденттерге өздерінің қалауларын үш негізгі сипаттама бойынша бағалау ұсынылды: тариф деңгейі, жайлылық және сапар жылдамдығы.

Сауалнама нәтижелерін өңдегеннен кейін  $i$  белгінің мәні 0,5-тен аспайтындығы анықталды. Жолаушылардың қалауын зерттеу үшін 0,1 қадаммен мүмкін мәндердің диапазонында 5 диапазон анықталды:

- 1 санат: диапазондағы белгілердің маңыздылығы [0; 0,1];
- 2-санат: диапазондағы белгілердің маңыздылығы (0,1; 0,2];
- 3 санат: диапазондағы белгілердің маңыздылығы (0,2; 0,3];
- 4 санат: диапазондағы белгілердің маңыздылығы (0,3; 0,4];



– 5 санат: диапазондағы белгілердің маңыздылығы (0,4; 0,5].

Барлық сарапшылар әлеуметтік мәртебеге сәйкес 3 топқа бөлінді, содан кейін әр топтың әр белгісі бойынша артықшылықтар зерттелді. Сауалнама нәтижелері 3.8-кестеде келтірілген [77].

Кесте 3.8 – Жүргізілген тексерудің нәтижелері

Көрсеткіштің маңыздылық ауқымы	Респонденттер саны		
	Тарифтік	Жайлылық	Жылдамдық
<b>Еңбекке қабілетті жастағы ересектер</b>			
0...0.1	11	2	4
0.1...0.2	26	22	17
0.2...0.3	27	28	22
0.3...0.4	28	30	26
0.4...0.5	38	48	61
Топтағы жиыны	130	130	130
<b>Студенттер</b>			
0...0.1	1	4	2
0.1...0.2	12	52	13
0.2...0.3	48	70	15
0.3...0.4	30	17	52
0.4...0.5	91	39	100
Топтағы жиыны	182	182	182
<b>Зейнеткерлер</b>			
0...0.1	1	1	2
0.1...0.2	2	2	11
0.2...0.3	6	21	26
0.3...0.4	21	26	28
0.4...0.5	48	28	11
Топтағы жиыны	78	78	78
Сауалнама жиыны	390	390	390

Жолаушылардың қалауының әрбір сипаттамасы үшін сарапшылардың жеткілікті санын есептеу нәтижелері 3.9-кестеде келтірілген.

Кесте 3.9 – Сарапшылардың жеткілікті үлкен санын есептеу нәтижелері

Индикатор	Функциялар		
	Тарифтік	Жайлылық	Жылдамдық
Стандартты ауытқу	0.0107	0.0113	0.0074
Орташа іріктеу қатесі	0.0005	0.0006	0.0004
Іріктеменің қателік шегі	0.0016	0.0017	0.0011
Іріктеме қателігінің стандартты ауытқуға қатынасы	0.1527	0.1527	0.1527
Статистикалық жеткілікті сарапшылар саны	371	371	371

Сауалнама нәтижелері бойынша келісу коэффициентінің мәні 0,827 құрады, бұл сарапшылар пікірлерінің келісетіндігінің жоғары екенін көрсетеді.

Полиномиялық модельдердің үшінші дәрежесі қанағаттанарлық дәлдік ретінде қабылданды, өйткені алынған модельдер үшін анықтау коэффициенті 0,90-дан төмен болмады. 3.10-3.12 суреттерде құндылық санаттарына байланысты жолаушылардың қалауларының ерекшеліктерін көрсететін аксессуарлардың көпмүшелік модельдері көрсетілген. Тиістілік функциясының тиісті белгінің мәніне тәуелділігін анықтау үшін көпмүшелік модельдер коэффициенттері үшін есептеу нәтижелері 3.10-кестеде келтірілген.

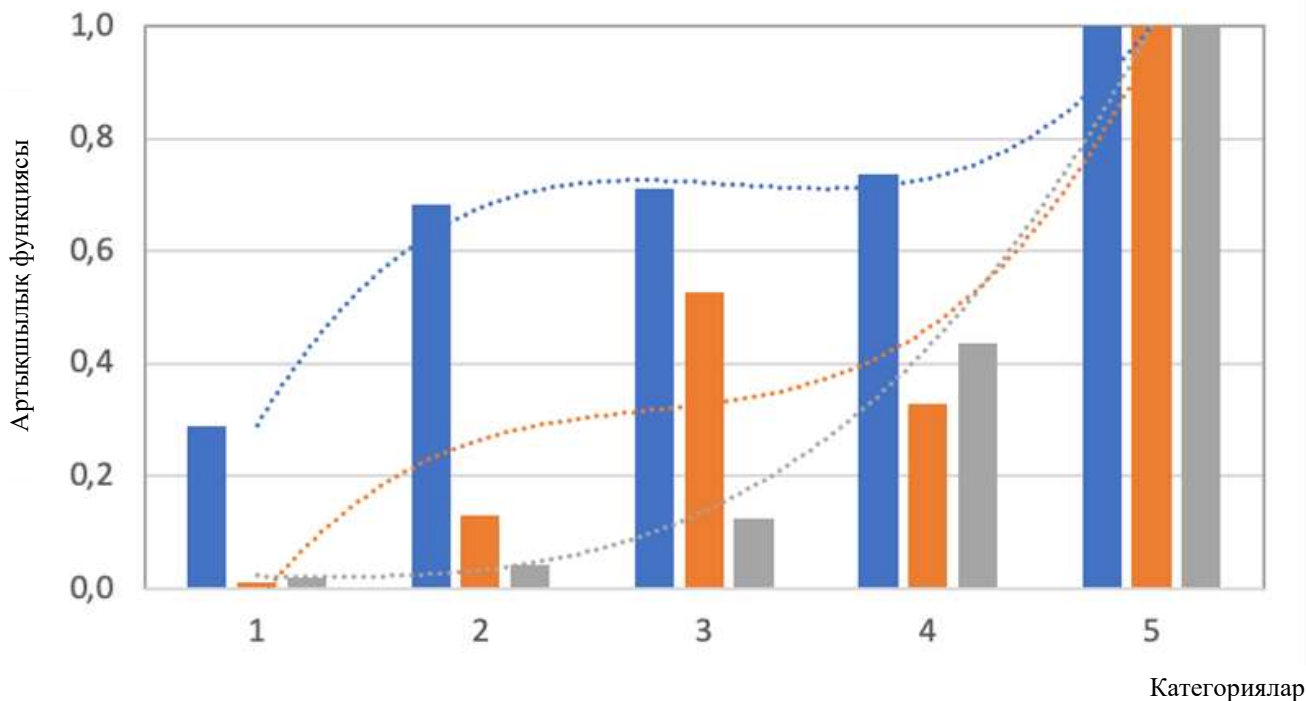
Кесте 3.10– Тиесілік функцияларын білдіретін көпмүшелік модельдердің коэффициенттері

Көпмүшелік дәрежесі	Жолаушылар санаты					
	Ересектер		Студенттер		Зейнеткерлер	
	$a_{ip}$	$a_{ip}^*$	$a_{ip}$	$a_{ip}^*$	$a_{ip}$	$a_{ip}^*$
Тарифке мүшелік функциясы						
3	0.0504	1.87E-06	0.0495	1.83E-06	0.0156	5.78E-07
2	-0.4727	-5.25E-04	-0.4089	-4.54E-04	-0.0469	-5.21E-05
1	1.4505	4.84E-02	1.168	3.89E-02	0.0417	1.39E-03
0	-0.7368	-7.37E-01	-0.8308	-8.31E-01	0.0125	1.25E-02
Ыңғайлы мүшелік функциясы						
3	0.0521	6.51E+00	0.125	1.56E+01	-0.0625	-7.81E+00
2	-0.4807	-1.20E+01	-1.2505	-3.13E+01	0.5319	1.33E+01
1	1.5089	7.54E+00	3.7531	1.88E+01	-1.0128	-5.06E+00
0	-1.0417	-1.04E+00	-2.6086	-2.61E+00	0.5571	5.57E-01
Қозғалыс жылдамдығындағы мүшелік функциясы						
3	0.0533	5.33E-05	0.0167	1.67E-05	-0.0744	-7.44E-05
2	-0.4292	-4.29E-03	-0.0721	-7.21E-04	0.0538	5.38E-04
1	1.1569	1.16E-01	0.1612	1.61E-02	-0.6361	-6.36E-02
0	-0.7213	-7.21E-01	-0.076	-7.60E-02	0.2714	2.71E-01

Коэффициенттерді есептеу кезінде 3.11-кестеде келтірілген заттай көрсеткіштердің мәндері ескерілді.

Кесте 3.11 – Санаттар бойынша көрсеткіштер мәндерінің диапазоны

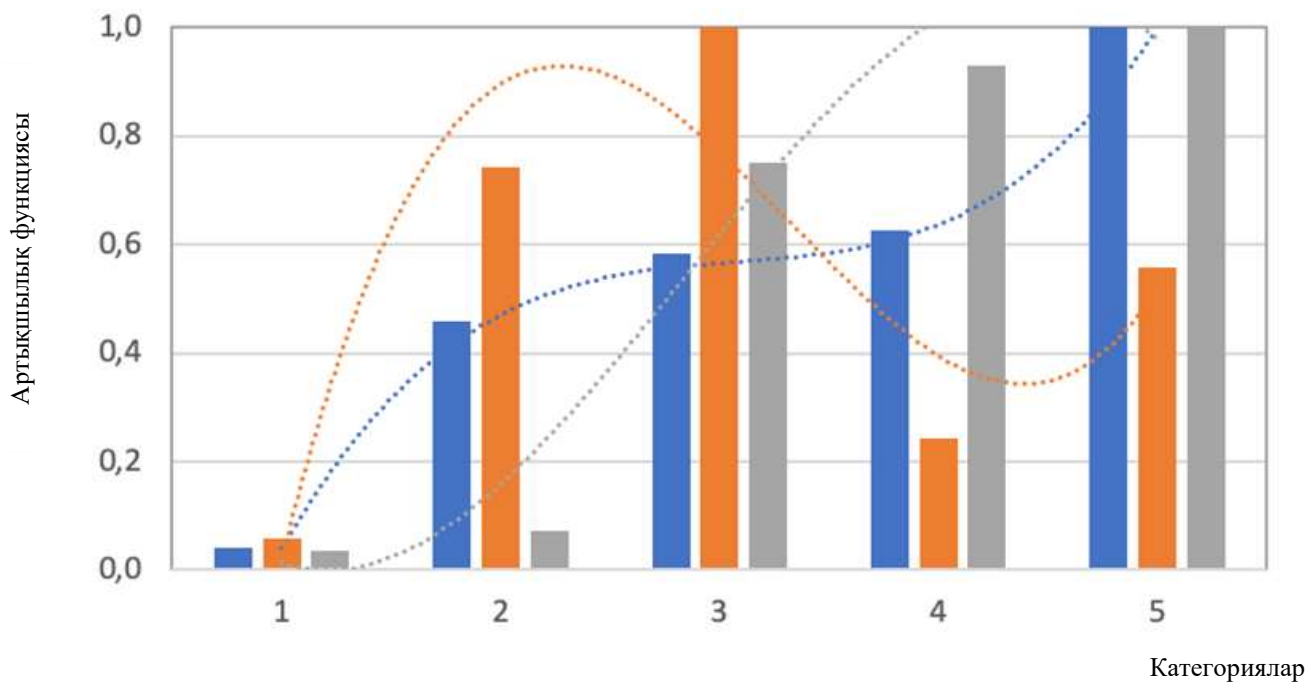
Категория	Тариф, тенге	Жайлылық	Жылдамдық, км/сағ
1	25...50	0.0...0.2	0...10
2	50...75	0.2...0.4	10...20
3	75...100	0.4...0.6	20...30
4	100...125	0.6...0.8	30...40
5	125...150	0.8...1.0	40...50



Сурет 3.10 – Тарифтерге мүшелік функциялары үшін көпмүшелік модельдер

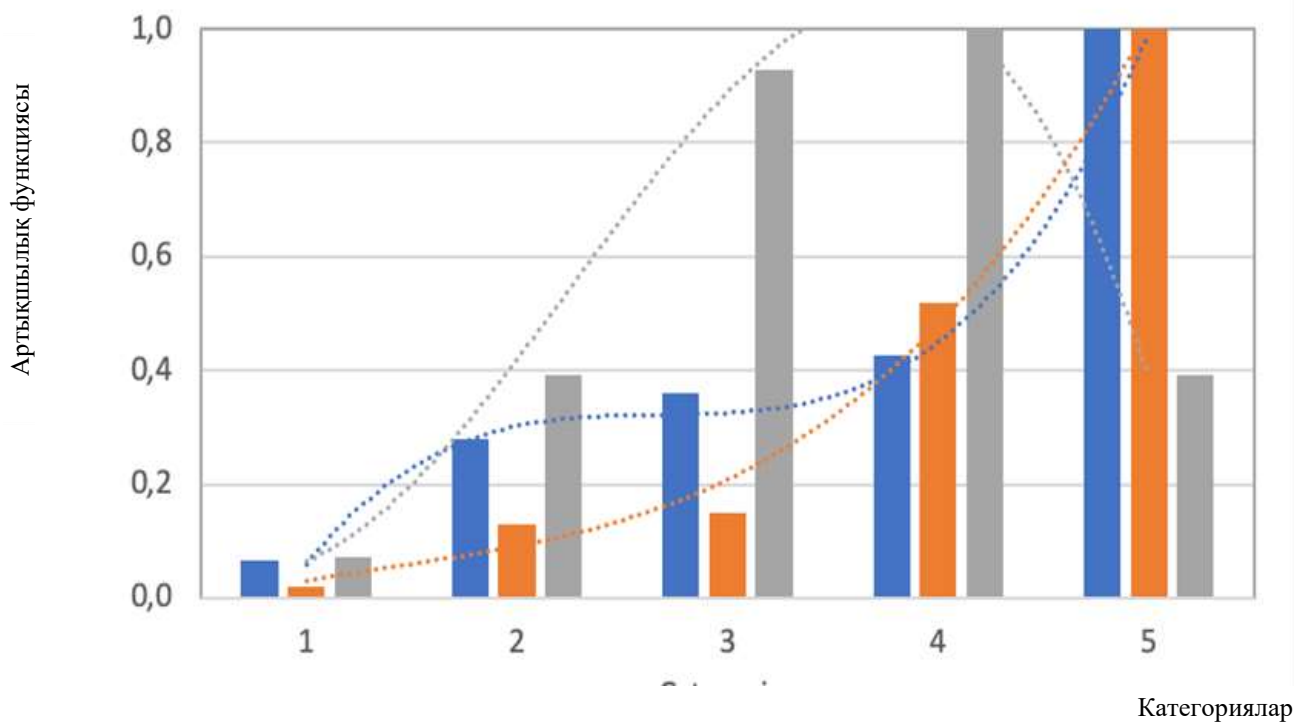
- .....Ересектер  $Y = 0,0504X^3 - 0,4727X^2 + 1,4505X - 0,7368$
- .....Студенттер  $Y = 0,0495X^3 - 0,4089X^2 + 1,168X - 0,8308$
- .....Зейнеткерлер  $Y = 0,0156X^3 - 0,0469X^2 + 1,0417X - 0,0125$

MS Excel стандартты функцияларын қолдана отырып, мүшелік функциялары үшін тренд модельдерін үшінші дәрежелі полиномиялық модельдер ретінде анықтадық.



Сурет 3.11 – Жайлылық функциялары үшін көпмүшелік модельдер

- .....Ересектер  $Y = 0,0521X^3 - 0,4807X^2 + 1,5089X - 1,0417$
- .....Студенттер  $Y = 0,125X^3 - 1,2505X^2 + 3,7531X - 2,6086$
- .....Зейнеткерлер  $Y = -0,0625X^3 + 0,5319X^2 + 1,0128X + 0,5571$



Сурет 3.12 – Қозғалыс жылдамдығының функцияларына арналған көпмүшелік модельдер

.....Ересектер  $Y = 0,0533X^3 - 0,4292X^2 + 1,1569X - 0,7213$

.....Студенттер  $Y = 0,0167X^3 - 0,0721X^2 + 0,1612X - 0,076$

.....Зейнеткерлер  $Y = -0,0744X^3 + 0,5308X^2 - 0,6361X + 0,2714$

Жолаушылардың соңғы қалауын көрсететін тиесілік функциясын бағалау үшін таңдалған белгілердің әрқайсысы үшін салмақ коэффициенттерін анықтау қажет. Біз салмақ коэффициенттерінің мәндерін барлық респонденттер үшін орташа арифметикалық мәндер ретінде анықтадық. Сауалнама мәліметтеріне сәйкес таңдалған артықшылық функцияларын респонденттер бірдей бағалады, дегенмен тариф біршама маңызды функция ретінде бағаланды.

### 3.3 Құмырсқалар колонияларының классикалық алгоритмі

Құмырсқалар колониясының алгоритмдерін бастапқыда ұсынған Марко Дориго, ол өзінің 1992 жылғы докторлық диссертациясында [78] өзінің алғашқы құмырсқалардың мінез-құлқына негізделген алгоритмін ұсынды құмырсқалар жүйесі (ҚЖ), классикалық саяхатшы тапсырмасына қосымшада. Құмырсқалар колонияларының алгоритмдеріне қатысты ең көп қолданылатын және ең сәтті зерттеу желісі оларды комбинаторлық оңтайландыру мәселелерінде қолдануға қатысты құмырсқалар колонияларын оңтайландыру (ҚКО) [79] деп айтуға болады. Бұл алгоритмнің шығуы Аргентинаның Линепитем құмырсқасының колониясын бақылау болды, ол белгілі бір шарттар орындалған кезде ұя мен тамақ көзі арасындағы бірқатар балама маршруттардың ең қысқа жолын таба алады. Құмырсқалар стигмергия құбылысының арқасында тамақ таба алады, яғни феромондарды сақтау арқылы қоршаған орта арқылы жанама ақпарат алмасу, ал ақпарат алмасу жергілікті сипатта болады; тек феромондар қалған құмырсқа ғана олар туралы түсінікке ие. Серуендеу кезінде құмырсқалар жерде

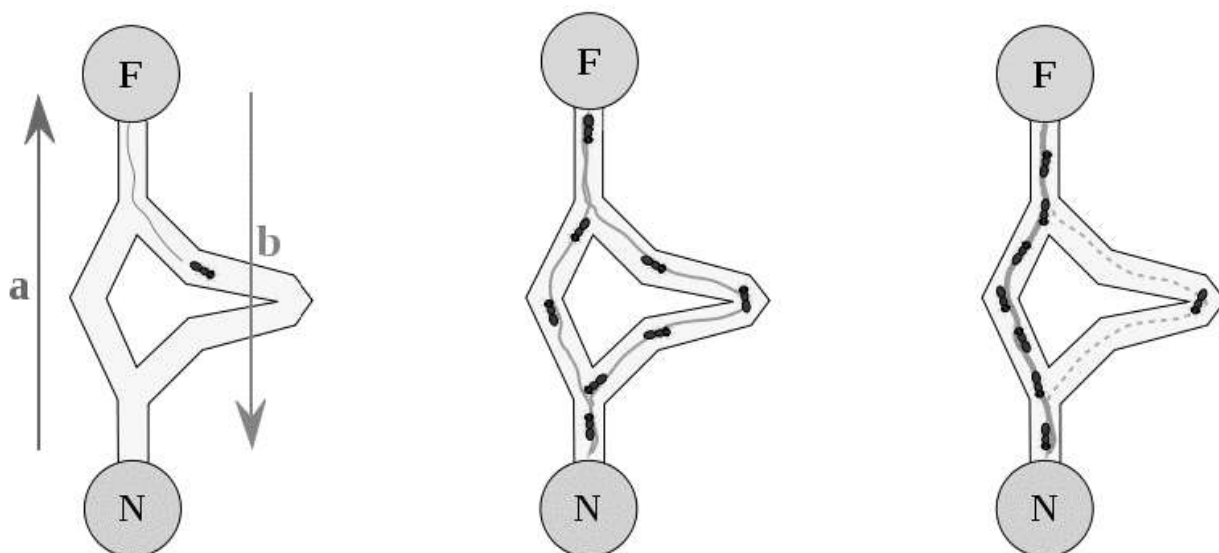
феромон ізі деп аталатын нәрсені қалдырады, ол уақыт өте келе ұшып және буланып, осылайша өзінің тартымды күшін төмендетсе де, басқа құмырсқаларды, соның ішінде із қалдырған құмырсқаны да ізге түсуге мәжбүр етеді. Ең жақсы жол межелі жерге дейін-тамақ немесе ұяға қайту жолы. Жол неғұрлым «таңбаланған» болса (яғни феромондардың концентрациясы жоғары болса), оны өз тапсырмаларын орындайтын құмырсқа таңдауы ықтимал. Сонымен қатар, құмырсқалардың көп саны берілген жолды таңдаған кезде із белсенді бола бастайды, ал одан да жақсы жол табылған жағдайда тұндырылған феромондар булана бастайды. Алайда, егер құмырсқа өз жолында ешқандай соқпақ таппаса, оның одан әрі жолдарды таңдауы тек кездейсоқ болады – егер таңдалған жолдардың біреуінде кедергілер болмаса. Бұл механизмді қысқа маршруттардағы оң кері байланыс және ұзағырақ маршруттардағы теріс кері байланыс ретінде сипаттауға болады. Феромондардың өзгермелі табиғаты феромон іздерінің қарқындылығы төмендегеннен кейін жаңа жолдарды зерттеуді ынталандырады және осылайша берілген маршрутты таңдау үдерісін ауыстырады. Колонияның ең жақсы маршруттарды табу және белгілеу шеберлігін құмырсқаларды ұжымдық зерттеу үдерісі ретінде қарастыруға болады.

Жақында құмырсқалар алгоритмдері комбинаторлық есептерді шешу сияқты салаларда танымал бола бастады, мұнда олар графикте қолайлы жолдарды іздеуде қолданыла алады. Олар биологиядан шабыттанған және әсіресе робототехника мен телекоммуникацияда қолданылатын сандық әдістердің бірін білдіреді.

Құмырсқалардың мінез-құлқын нақты мысалмен қарастырамыз (3.6-сурет). Міндет-ұядан (N) мақсатқа (тамақ көзі, F) дейін оңтайлы жолды табу.

Бұл колония дараларының өзара әрекеттесу механизмдерін зерттеген көптеген зерттеушілердің назарын аударды. Ұядан қуат көзіне апаратын ұзындығы тең емес екі жолдың арасында таңдау эксперименттерін жасай отырып, биологтар құмырсқалар әдетте қысқа жолды пайдаланатынын байқады [80]. Бұл мінез-құлықтың үлгісі келесідей:

- бастапқыда құмырсқалар ұядан кездейсоқ қозғалады;
- құмырсқалардың бірі тамақ тапқанда, ол ұяға қайта оралып, артында арнайы фермент
- феромонның ізін қалдырады,
- басқа құмырсқалар сақталған феромонның "иісін" қабылдайды және белгіленген жолмен жүруге тырысады;
- феромон жолдары асинхронды және жанама байланыс сұлбасын тудырады, соның арқасында құмырсқалар тағамға балама жолдар табылған кезде жанама түрде бір-бірімен ақпарат алмасады: жолдағы феромон концентрациясы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым басқа құмырсқалар оны ұстануы ықтимал;
- қысқа жолдар аз уақытты қажет етеді, сондықтан басқаларға қарағанда жиі феромонмен белгіленеді, ал феромонның жоғары концентрациясы өз кезегінде құмырсқалардың көбеюін тарта отырып, қысқа жолды таңдайды;
- сирек қолданылатын ұзын жолдар булану үдерісінде феромон мөлшерінің төмендеуіне байланысты жоғалады.



Сурет 3.12 – Құмырсақалар колониясының оңтайлы жолын табу

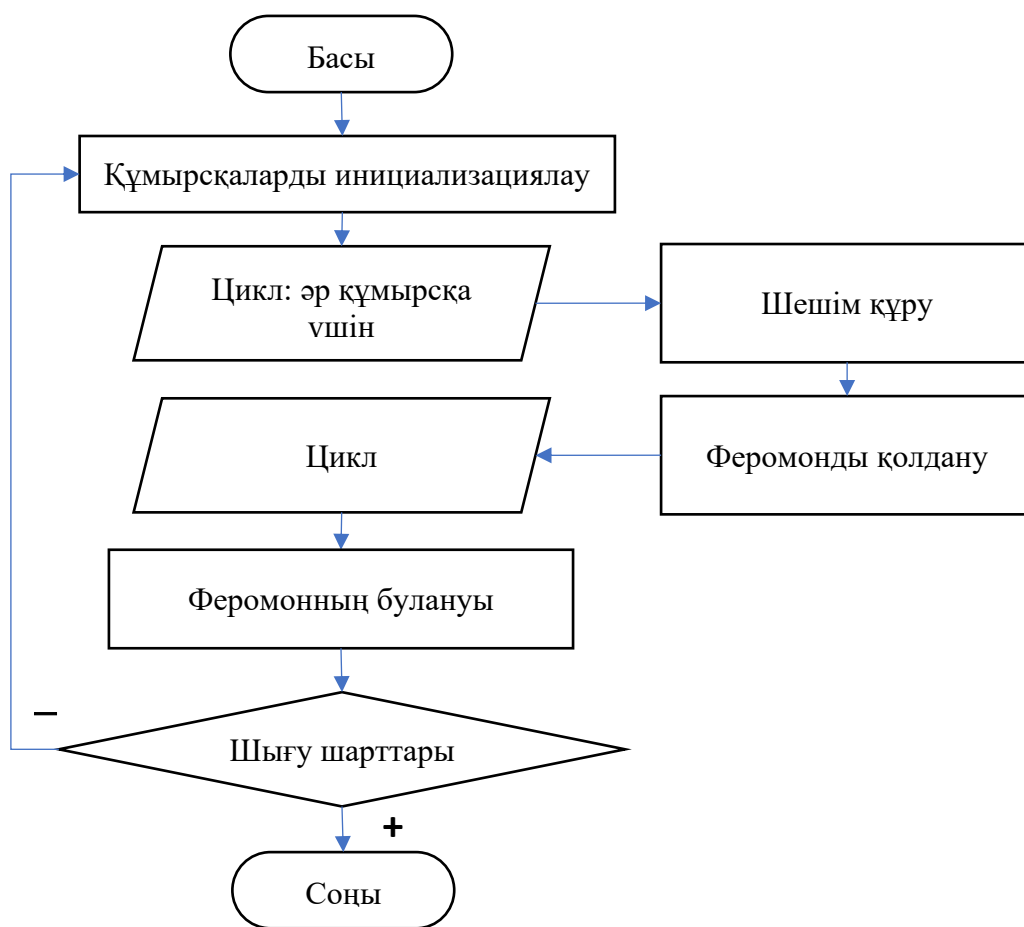
Сипатталған оң және теріс кері байланыс механизмдері арқылы стигмергия деп аталатын құмырсақалар колониясындағы мұндай жанама байланыс ең қысқа жолды анықтауға және бекітуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда құмырсақалар колониясының мінез-құлқының келесі негізгі принциптерін ажыратуға болады [81]:

- әр құмырсақаның әрекетінің қарапайымдылығы;
- орталықтандырылған бақылаудың болмауы;
- тұндырылған феромон арқылы жанама ақпарат алмасу.

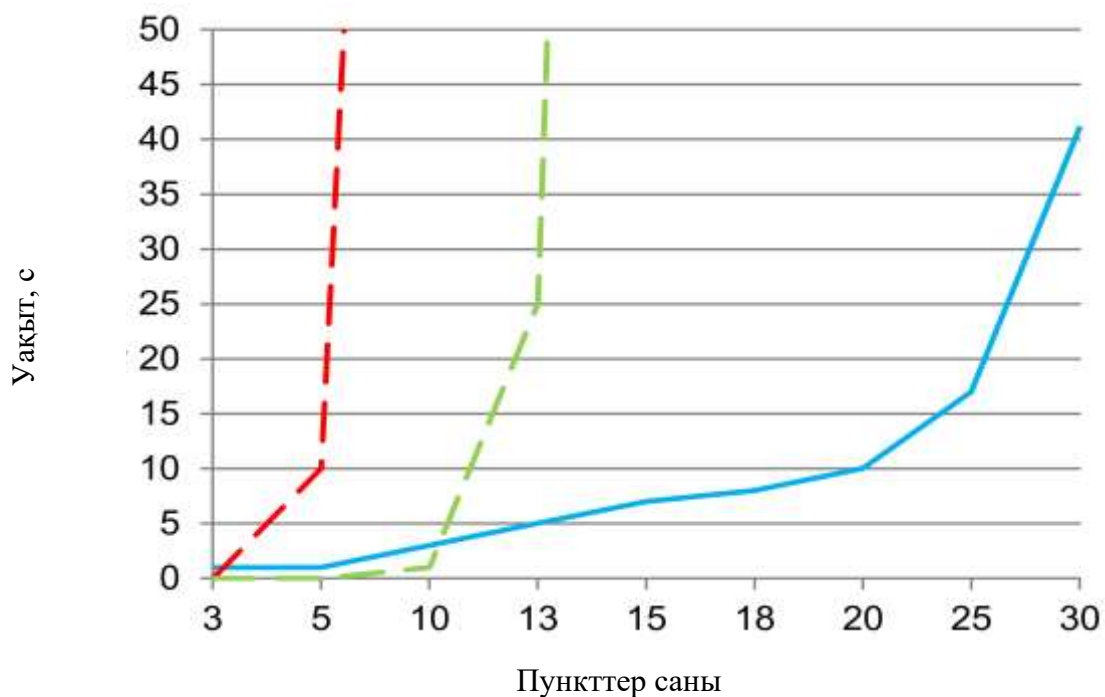
Құмырсақалар алгоритмі, сондай-ақ имитациялау арқылы *құмырсақалар колониясын оңтайландыру алгоритмі* (Ant Colony Optimization Algorithm) деп те аталады, бұл үйір интеллект әдістеріне қатысты белгілі Мета-эвристика, оның мәні құмырсақалар колониясының мінез-құлқының сипатталған үлгісін талдау және пайдалану болып табылады. Графиктердегі маршруттарды табудың әртүрлі мәселелерін шешуге қатысты. Марко Дориго 1992 жылы графикте оңтайлы жолды табу міндеті үшін құмырсақалар жүйесі деп аталатын алғашқы құмырсақалар алгоритмі өзінің докторлық диссертациясында ұсынды [78]. Құмырсақалар алгоритмінің негізгі жұмыс кезеңдері жалпы түрде 3.13-суреттегі құрылымдық диаграммада көрсетілген. Виртуалды құмырсақалар графиктің шеттерінде қозғалу арқылы есептің шешімін дәйекті түрде жасайды. Бұл жағдайда қозғалыс үшін ең үлкен ықтималдығы бар, ұзындығы аз және әр қабырға үшін белгілі бір шартты мәнмен берілген феромонның көп мөлшері бар қабырғалар таңдалады. Феромон әр итерацияда жаңартылады: салынған маршруттарда олардың ұзындығына пропорционалды түрде ұлғаяды және булану коэффициентін ескере отырып, бүкіл графикте азаяды.

Құмырсақалар алгоритмі бұтақтар мен шекаралар әдісіне және толық шамадан тыс әдіске қатысты ең дәл емес, бірақ көпмүшелік күрделілікке ие (3.14-сурет), бұл қысқа мерзімде қиын есептердің шамамен шешімін алуға мүмкіндік береді. Нақты әдістердің факторлық күрделілігі бар, сондықтан 10-нан асатын нүктелер

саны әдетте тиімді емес. Эксперименталды түрде алынған нәтижелер күтілгенге сәйкес келеді.



Сурет 3.13 – Жалпы формадағы құмырсқа алгоритмінің құрылымдық сұлбасы



Сурет 3.14 – Есептеу уақытының өзгеру графигі  
 — Құмырсқа алгоритмі, — — Толық тандау, — — Бұтақ әдісі

Құмырсака алгоритмдерінің конвергенциясы туралы мәселе ғылыми зерттеулерге теориялық қызығушылық тудырады. Қазіргі уақытта құмырсака алгоритмінің кепілдендірілген конвергенциясының кейбір дәлелдері бар, бірақ оның стохастикасына байланысты конвергенция уақыты белгісіз [79].

### **3.4 Мультиколониялық құмырсакалар жүйесінің әдісін жасау**

Мультиколониялық құмырсакалар жүйесінің жаңа әдісі (Ant Multi-Colony Optimization) комбинаторлық оңтайландыру есептерінің жалпыланған нұсқаларын шешу үшін ұсынылады, онда дәстүрлі құмырсака алгоритмін қолдану белгілі белгілі бір ерекше жағдайдың шешімдерінің саны масштабталады [82, 83]. Бұрын көрсетілгендей, мұндай жалпыланған есептер көптеген ұқсас ішкі есептерге ие және күрделі шешімді іздеуді қамтиды.

Әділеттілік үшін, отандық және шетелдік әдебиеттерде басқа салалардың мәселелерін шешуде қолдануға арналған көптеген колониялары бар құмырсакалар алгоритмінің идеялары бар екенін атап өткен жөн, бірақ тәсілдер осы жұмыста сипатталғаннан түбегейлі ерекшеленеді. Мысалы, мұнай тасымалдау кәсіпорындарының телекоммуникациялық желісінің оңтайлы құрылымын таңдау үшін көп колониялық құмырсака алгоритмдері ұсынылды [84]. Бұл жағдайда әр түрлі құмырсакалар колониялары шешім табудың әр түрлі кезеңдерінде қолданылды: бірінші колония салған жолдардың біртектілік дәрежесін анықтау; екінші колонияның төселген жолдардың құнын анықтау; үшінші колонияның жергілікті шешімін іздеу. Тағы бір белгілі тұжырымдама есептеулерді жеделдету мақсатында әртүрлі үдеріс орларда бірнеше колонияларды пайдалану болып табылады [85].

Құмырсакалар колониясы принципі бойынша оңтайландырудың жаңа нұсқасының негізгі идеясы-дәстүрлі құмырсакалар алгоритмінің орнына бір колония қазір жалпы іздеу кеңістігінде бірлесіп әрекет ететін бірнеше қолданылады. Сонымен қатар, әрбір колония стигмергия механизмі негізінде жалпы шешімде өз бөлігін құра отырып, өзінің ішкі міндетін шешеді. Әрбір ішкі тапсырманың ерекше шарттарын есепке алу үшін колониялар кірістерді әр түрлі түсіндіре алады және шешім қабылдауға әсер ететін әртүрлі параметрлерге ие болады. Алдыңғы тәжірибеге жүгіну кезінде шатасуды болдырмау үшін оларды қалдырған колониялар ғана қабылдайтын әртүрлі феромондар қолданылады. Сонымен қатар, белгілі бір жағдайларда шетелдік феромонның жағымсыз әсері орынды. Осылайша, феромон колонияны өзінің ішкі мәселесінің шешімін табуға бағыттайды. Бұл ретте феромондар барлық колонияларда есепті тұтастай шешу құнына пропорционалды концентрациясы бірдей шешімнің тиісті бөліктері үшін қойылады. Булану бір уақытта және бірдей жылдамдықпен жүреді. Осының бәрінен, барлық колониялармен ортақ, тек іздеу кеңістігіндегі шешім элементтері қалады, яғни бір колония шешімінің бөлігі бір уақытта басқа колония шешімінің бөлігі бола алмайды деп қорытынды жасауға болады.

Енді графтар теориясы тұрғысынан ұсынылған мультиколониялық құмырсакалар жүйесінде шешім құру үдерісін талдайық. Өздеріңіз білетіндей,



есептің түріне байланысты құмырсқа алгоритмінің әр қайталануында құмырсқаның шешімін жалпы көрініс үшін графиктің шыңдарымен белгіленетін күйлерді, әрекеттерді, бағыттарды және т.б. таңдау тізбегі түрінде қалыптастыру жүреді. Мультиколониялық құмырсқалар жүйесінде шешімнің бөліктерін бір уақытта бірнеше құмырсқалар салады. Біріншіден, құмырсқалар топтары қалыптасады, олардың құрамына әр колониядан бір өкіл кіреді. Негізінде, мұндай колония аралық топтардың әрқайсысы алгоритмнің дәстүрлі нұсқасының жеке құмырсқасын алмастырады. Топ құмырсқалары «жеребе» нәтижесінде біртіндеп шешім шығарады, оның ішінде әр қадамдағы шыңдар, баламалардың жиынтығына негізделген ықтималдық бойынша анықталады.

$x$  колониясына жататын  $k$  тобындағы құмырсқа шешімнің бір бөлігіне қалыпты ықтималдықпен  $t$  итерациясында  $i$  шыңын қосады [73]:

$$p_{x,i}^k(t) = \frac{[\tau_{x,i}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{x,i}^k]^\beta}{\sum_{y \in Y} \sum_{j \in J^k} [\tau_{y,i}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{y,i}^k]^\beta} \quad (3.35)$$

- мұндағы:  $Y$  – көптеген колониялар;  
 $J^k$  –  $k$  тобы үшін көптеген қол жетімді шыңдар;  
 $\eta_{x,i}^k$  – баламаның априорлық тартымдылығы,  $x$  колониясының қазіргі  $k$  тобының құмырсқа шыңынан  $i$  шыңына өту құнының кері мәні;  
 $\tau_{x,i}^k$  –  $x$  колониясының қазіргі  $k$  тобындағы құмырсқа шыңынан  $i$  шыңына өтудегі  $x$  колониясының феромонының мөлшерімен анықталатын баламаның артқы тиімділігі;  
 $\alpha, \beta$  – алгоритмнің реттелетін параметрлері.

Формула бөліміндегі өнім сомасын есептеудің бірнеше рет қайталануын болдырмау үшін бағдарламалық жасақтаманы іске асыру кезінде қалыпқа келтіруді соңғы рет жүргізген жөн. Ол үшін алдымен қалыптан тыс ықтималдықтарды есептеу формуласын қолдану ұсынылады:

$$p_{x,i}'^k = [\tau_{x,i}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{x,i}^k]^\beta \quad (3.36)$$

содан кейін бүкіл  $k$  тобының қалыптан тыс ықтималдықтарының алынған мәндерінің қосындысын бір рет есептейміз:

$$P^k(t) = \frac{p_{x,i}'^k(t)}{\sum_{y \in Y} \sum_{j \in J^k} p_{x,i}'^k(t)} \quad (3.37)$$

содан кейін формула бойынша әрбір мән үшін қалыпқа келтіруді орындаймыз:

$$p_{x,i}^k(t) = \frac{p_{x,i}'^k(t)}{P^k(t)} \quad (3.38)$$

Егер маршруттардың сапасын жақсарту мақсатында колониялар арасында шыңдарды бөлудің неғұрлым агрессивті стратегиясы қажет болса, қалыптан тыс ықтималдықты есептеудің күрделі формуласы қолданылуы мүмкін:

$$p_{i,x}^k(t) = \frac{[\tau_{x,i}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{x,i}^k]^\beta}{[\sum_{z \in Y, z \neq x} \tau_{z,i}^k(t)]^\gamma} \quad (3.39)$$

мұндағы:  $\gamma$  – басқа колониялардың феромонының репеллентті әсерін бақылайтын құмырсқа алгоритмінің жаңа параметрі.

Шамасы, бөлгіште қосымша соманың болуы ықтималдықтарды есептеу уақытына әсер етеді, әсіресе көптеген колонияларда, ал тағы бір басқарылатын параметр алгоритмді орнатуды қиындатады. Сондықтан формулалар арасындағы таңдау (3.33, 3.34) белгілі бір тапсырманың шарттарына және оның өлшемдерін ескере отырып негізделуі керек.

Көптеген баламалар бос болғаннан кейін, яғни барлық шыңдарға барғаннан кейін, барлық құмырсқалар бастапқы шыңға қайтарылады (егер қажет болса) және шешім қалыптасқан болып саналады. Сол сияқты, құмырсқалардың барлық колонияаралық топтары өз шешімдерін жасайды.

Әрбір шешім үшін тиісті колониялар пайдаланатын доғалардағы феромон мөлшері барлық шешім доғаларының жалпы салмағына кері пропорционалды түрде артады, содан кейін дәстүрлі түрде феромонның ішінара булануы жүреді.

*Қалалық жолаушы көлік маршруттық желілерін жобалау міндеті үшін құмырсқалар колонияларының алгоритмі*

Қоғамдық көліктің маршруттық желісін жобалаудың негізгі идеясы-бастапқы және соңғы аялдамалардың оңтайлы жұптарын табу. Әр түрлі жұптар әр түрлі тікелей жолаушылар тығыздығымен ( $D_{AB}$ ) әр түрлі маршруттар құра алады. Автобустарды құмырсқалар колониясы ретінде қарастыратын болсақ, бастапқы аялдамалар – құмырсқалар өз жолын бастайтын ұялар, ал соңғы аялдамалар – тамақ көзі, содан кейін қалалық көліктің маршруттық желілерін жобалау міндетін құмырсқалар колонияларының феромондар арқылы тамақ іздеу үдерісіне дейін жеңілдетуге болады, яғни. тікелей қатынайтын жолаушылардың тығыздығын ескере отырып, бастапқы аялдамадан соңғы аялдамаға дейін оңтайлы автобус маршруттарын табу.

Алгоритмнің негізгі қадамдары төменде сипатталған.

*1-қадам. Инициализация*

Маршруттық желіні инициализациялау: маршруттық желі – түйіндері аялдамалар (бастапқы, соңғы және аралық), ал шеттері аялдамалар арасындағы қашықтық болып табылатын график. Осылайша, маршруттық желі  $G = (S, L)$  түрінде ұсынылады, мұндағы  $S$  – аялдамалар,  $L$  – олардың арасындағы байланыстар.

Корреспонденция матрицасын инициализациялау: корреспонденция матрицасы-бұл қала бойынша қозғалатын объектілердің сандық сипаттамасы, яғни әр аялдама жұбы арасындағы ағын көлемі [86].

Алгоритм параметрлерін инициализациялау: алгоритмнің негізгі параметрлеріне  $m$  колонияларының саны,  $n$  колонияларындағы құмырсқалардың саны және оларды графикке орналастыру топологиясы жатады [63].

Феромондардың матрицасын инициализациялау ретінде бастапқы мәндерін элементтерінің феромондар матрицасын  $\tilde{\tau}$  пайдалану ұсынылады. Оның орташа шамасына тығыздығы жолаушыларды тікелей қатынастағы барлық матрицасы корреспонденция

$$\tilde{\tau} = \sum_{i,j \in N} Z_{ij} / \sum_{i,j \in N} l_{ij} \quad (3.40)$$

*2-қадам. Бастапқы және соңғы аялдамаларды таңдау*

Маршрутты іздеуді бастамас бұрын, бастапқы және соңғы аялдамаларды таңдау керек. Егер бұрыннан бар маршруттың ішінде жатпаса және барлық шектеулерді қанағаттандырса, бірнеше аялдама қолайлы болып саналады.

*3-қадам. Жолды табу*

Келесі аялдаманы таңдау: келесі аялдаманы таңдау туралы шешім қабылдау (3.35) формуласы бойынша  $\tau_{ij}$  феромондарының санын және  $d_{ij}$  аялдамалары арасындағы қашықтықты ескере отырып, ықтималдық ауысу ережесіне негізделген.

Көршілес екі аялдама арасындағы жолаушылар санын есептеу, ол  $k$  және  $l$  аялдамалары арасындағы жолаушылар санымен анықталады:

- маршруттағы жолаушылардың жалпы санын есептеу;
- маршруттың ұзындығын есептеу;
- маршруттағы тікелей қатынас жолаушыларының тығыздығын есептеу.

Егер табылған маршруттың параметрлері барлық берілген шектеулерді қанағаттандырса, онда маршруттық желіні жаңарту жүзеге асырылады, әйтпесе маршрут жойылады және қайтару алгоритмі 2-қадамға қайтарылады.

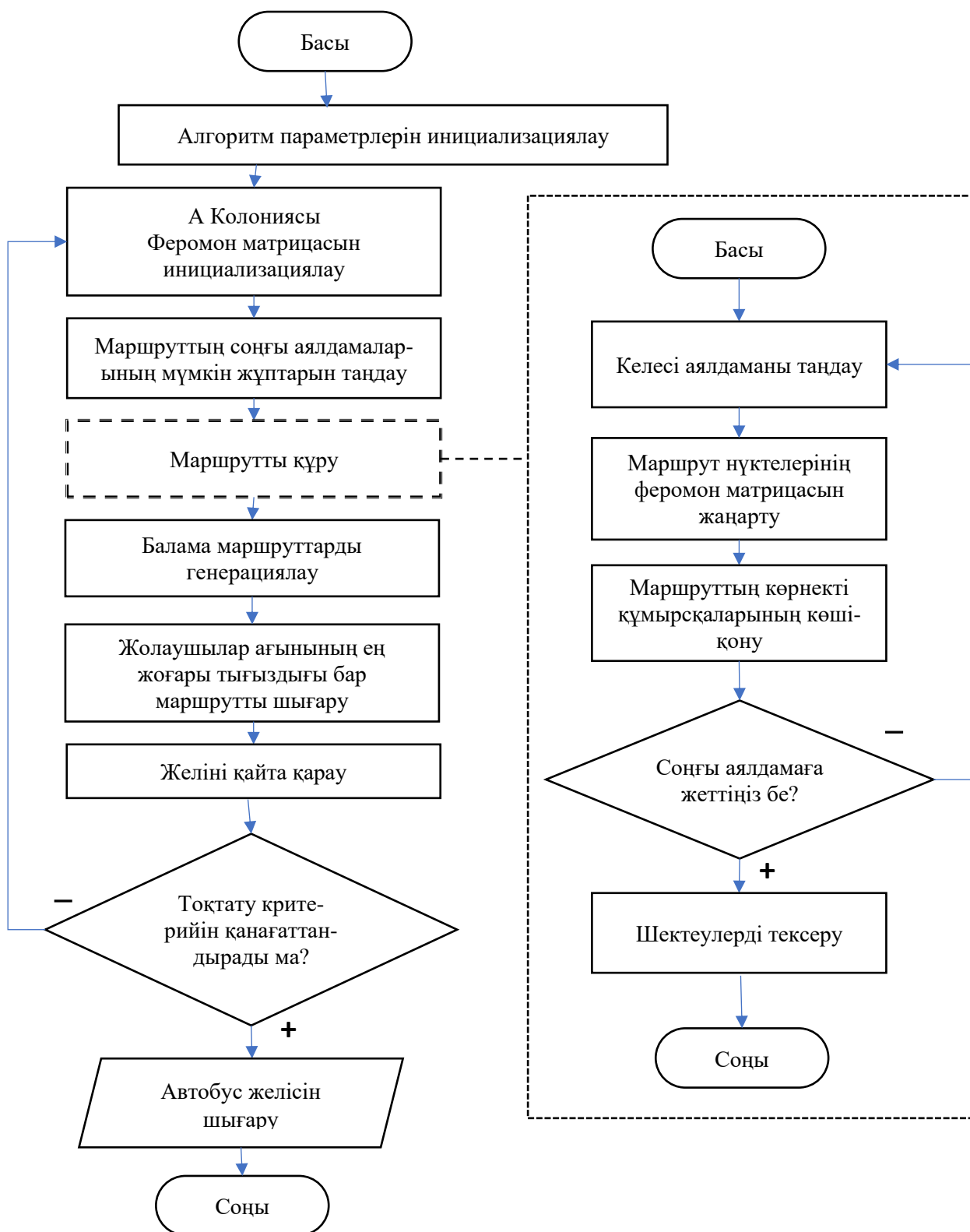
*4-қадам. Феромондарды жаңарту*

Маршрутты тапқаннан кейін феромон матрицасы жаңартылады.

*5-қадам. Алгоритмнің аяқталу шарты*

Егер қажетті бастапқы және соңғы аялдамалар арасындағы барлық маршруттар табылса, маршруттық желіні құру үдерісі тоқтатылады.

Тоқтату шарты ретінде іздеудің басынан немесе ең жақсы шешімнің соңғы жаңартуынан белгіленген уақытты немесе Итерация санын қолданған жөн. Іске асырылған мультиколониялық құмырсқа алгоритмі бар компьютерлерге арналған бағдарламаны мемлекеттік тіркеу туралы куәлік, тіркелген. 3.15 - суретте сипатталған алгоритмнің блок-сұлбасы берілген.



Сурет 3.15 – Маршруттық желілерді жобалауға арналған құмырсақлар колониясының алгоритмінің сұлбасы

Феромондар арқылы өзін-өзі ұйымдастыру, орталықсыздандыру және алдыңғы тәжірибені жинақтау механизмдері арқылы мультиколониялық құмырсақлар жүйесінің ұсынылған әдісі үлестірілген есептеулерді жүзеге асыруға және динамикалық жағдайларға бейімделуге мүмкіндік береді, бұл оның

одан әрі дамуына перспективалар ашады. Осыған байланысты әзірленген мультиколониялық құмырсақ алгоритмі динамизм, уақыт терезелері, жеткізу арқылы шығару сияқты қосымша шарттармен шешуге мамандандырылған модификацияларды әзірлеуге негіз бола алады.

### **3.5 Тарау бойынша тұжырымдама**

Өлшемдер теориясының негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі алынды, екі кезеңде қарастырылды - жаяу жүргіншінің кешенді қозғалысының сипаты мен қоғамдық көлік қозғалысының жылдамдығын ескере отырып. Ұсынылған өлшемсіз кешендер қоршаған ортаның климатын, жаяу жүргіншінің, маршруттың және қоғамдық көліктің сипаттамаларын ескеретіндігімен ерекшеленеді

Тараз қаласындағы сауалнама нәтижелері негізінде жолаушылардың қалауын бағалаудың қарастырылған мысалы әзірленген тәсіл жолаушылардың қалауын минималды күш-жігермен статистикалық маңызды бағалауды алуға болатын ыңғайлы құрал екенін көрсетеді.

Қосымша зерттеулердің бағыттары басқа қалалардағы сауалнама деректері негізінде алынған көпмүшелік модельдердің сәйкестігін тексеру, сондай-ақ тиістілік функцияларының эмпирикалық мәндерін есептеу кезінде көбірек санаттарды пайдалануға болады.

Жолаушылардың қалауын бағалау үшін автобустардың оңтайлы модельдерінің анық емес жиынына тиесілі функциялардың түрін анықтап, оларды жолаушылардың негізгі топтары үшін стандарттау жасалды. Маршрутты таңдау кезінде жолаушылардың қалауы үш негізгі көрсеткішке жатқыздық: жеткізу жылдамдығы (жол жүру уақыты), жайлылық және қызметтер бағасы. Тиесілілік функцияларын анықтау үшін біз сараптамалық сауалнама нәтижелерін талдау әдістемесі қолданылды.

Құмырсақалар колониясына еліктеу арқылы оңтайландырудың негізгі идеялары қарастырылды. Құмырсақалар алгоритмінің негізгі кезеңдері көрсетілген. Әдеби дереккөздерді талдау құмырсақалар алгоритмінің графиктердегі маршруттарды іздеудің белгілі есептерін шешудегі тиімділігін көрсетті.

Ең қысқа жолды іздеу кезінде құмырсақалар колониясының мінез – құлық моделін зерттеу мақсатында құмырсақалар колониясын имитациялау жүйесі жасалды. Оның мысалында құмырсақалар алгоритмінің жұмыс барысы және шешімді қалыптастыру үдерісі кезең-кезеңімен көрсетілген.

Көп колониялық құмырсақалар жүйесі деп аталатын жасанды интеллекттің жаңа әдісі жасалды. Оның негізгі идеясы-бір колонияның құмырсақалар алгоритмінің орнына қазір бір уақытта әрекет ететін бірнеше алгоритм қолданылады. Колониялар ортақ мақсатқа жету үшін әр қадамда бірлесіп шешім қабылдайды, бірақ әр колония өзінің ішкі міндетін қатаң түрде шешеді.

Бұл тарау [70], [77] жұмыстарында қарастырылған.

## 4 ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕР ЖӘНЕ ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН ЭКОНОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ

### 4.1 Маршрутты оңтайландыру әдістемесінің теориялық негіздері

Тараз қаласының ұтымды маршруттық желісін қалыптастырудың тиімділігі төмендегі әртүрлі факторлар кешенінің үйлесуіне байланысты:

– жеке автомобильдер паркінің едәуір ұлғаюы; жолаушылар құраушы пункттер құрылымы мен жолаушыларды тасымалдау көлеміндегі және көптеген өндірістік кәсіпорындардың экономикалық дағдарысқа қайта бейімделуіне байланысты түбегейлі өзгерістер;

– желіні дамытудың барлық аспектілерін жүйелі түрде жүргізбестен, жаңадан жалғыз маршруттарды тұрақты енгізу арқылы қолданыстағы маршруттық желіні стихиялық қалыптастыру;

– басқару жүйесін реформалау және жолаушыларды тасымалдауға әртүрлі меншік нысандарындағы операторларды тарту.

Сондықтан маршруттық желіні оңтайландыру мәселелерін шешу үшін көше-жол желісінің көлік сипаттамаларына қатысты жан-жақты ақпараттарды қабылдау, жүйелеу және жедел пайдалану үшін мамандандырылған деректер банкі құру қажеттілігі туындады. Деректер банкі мәліметтер базасынан және мәліметтер базасын басқару жүйесінен тұрады. Деректер банкіндегі ақпарат бөлімдер бойынша бөлінеді. Бөлімдерді таңдау және олардың құрамы пайдаланылатын ақпараттың сипатына байланысты анықталады. Қаланың көптеген жолдары көше-жол желісін құрайды, бірақ көлік желісі ұғымы біршама қысқарақ. Көлік желісі тек көлік құралдарының қозғалысы үшін жарамды болған және оның талаптарына сәйкес келетін жолдарды ғана ескереді. Маршруттық көлік желісі жолдарда маршруттық көлікті пайдалану мүмкіндігінің бар екенін білдіреді.

Кез-келген көлік желісінің моделі қандай да бір граф түрінде ұсынылуы мүмкін. Графтың тораптары жолдардың қиылысу нүктелері, қоғамдық көліктің негізгі аялдамалары, сондай-ақ шартты түрде таңдалған тартылыс пункттері болуы мүмкін. Сәйкесінше, графтың қабырғалары – осы нүктелер арасындағы жол учаскелері болып табылады [22, 29, 48, 87].

Көлік желісін модельдеу үшін картографиялық материал қажет. Ол қаланың қазіргі жағдайын және мүмкіндігінше оның даму перспективаларын көрсету үшін жеткілікті дәрежеде егжей-тегжейлі болуы керек. Картографиялық материал көшелер туралы мәліметтермен және олардың жүру бөлігінің сипаттамасымен толықтырылуы қажет.

Модельдеу үшін картографиялық материалдан басқа, қалада жол қозғалысын ұйымдастырудың ерекшеліктеріне қатысты ақпарат қажет, яғни, қиылыстарда, жол айырықтарында қозғалысты ұйымдастыру сұлбалары, сондай-ақ көшелерде, жолдарда, жол-көпір құрылыстарында онда белгіленген жол белгілеріне сәйкес қолданылатын әртүрлі шектеулер. Бұл шектеулерге жол қозғалысын ұйымдастыру шарттарына байланысты қозғалыстың кейбір бағыттарына, маневрлерге тыйым салу, сондай-ақ бір бағытта қозғалушы желінің учаскелері туралы ақпараттар да кіреді.

Қоғамдық көліктің маршруттық желісінің жұмыс істеуінің оңтайландырылған моделін құру үшін көше-жол желісі туралы мәліметтерден басқа, қолданыстағы маршруттық желіге қатысты мәліметтер, атап айтқанда маршруттардың орналасу сұлбасы, маршруттар бойынша қозғалыс жиілігі мен интервалдары, соңғы аялдамалар тізбесі қажет. Бұдан басқа, қаладағы халықтың құрылымына, жыл мезгілі мен тәулік сағатына байланысты тасымалдауға сұраныстың өзгеруін айқындайтын негізгі тартылыс пункттерінің орналасқан жеріне қатысты деректер және барлық бағыттардағы жолаушылар ағыны бойынша деректер де қажет. Көлік қозғалысының моделін қалыптастыруға үлкен әсер етеді. Әдетте, халықтың әлеуметтік құрылымын төмендегіше жіктейді:

- қала құраушы кәсіпорындарда жұмыс істейтін жұмысшылар ;
- зауыттардың, фабрикалардың, теңіз және өзен порттарының, теміржол тораптарының, автокөлік бірлестіктерінің және т. б. жұмысшылары мен қызметшілері;

- қызмет көрсету саласында жұмыс істейтін жұмысшылар – тұрғын үй-коммуналдық, сауда кәсіпорындарының, мәдени-тұрмыстық орталықтардың жұмысшылары мен қызметшілері және т. б.

- жоғары оқу орындарының, техникумдардың, орта кәсіптік - техникалық училищелердің білім алушылары;

- өзбетінше жылжуға қабілетсіз тұрғындар – мектеп жасына дейінгі және бастауыш мектеп жасындағы балалар, зейнеткерлер, мүгедектер және т.б.

Кез-келген маршруттық жүйе нақты қалыптасқан жолаушылар ағынына шамасы бойынша ғана емес, сонымен қатар бағыттары бойынша да сәйкес келуі керек. Қаланың көлік қозғалысының сипаты туралы ақпаратты кесте түрінде құрастырылған жолаушылар ағынының матрицасынан алады, мұнда көлік аудандарының әрбір жұбы белгілі бір уақыт аралығындағы сапарлар санына сәйкес келеді. Жолаушылар ағынының матрицасы эксперименттік немесе есептік жолмен алынуы мүмкін. Матрицаны есептеу көлік ауданындағы тұрғындардың саны, жұмыс орындарының саны, мәдени-тұрмыстық объектілерге, сондай-ақ мектептер мен басқа да оқу орындарына бару туралы ақпарат негізінде жүргізіледі.

Көлік желісінің моделін пайдаланудың негізгі ережелері төмендегідей:

- модель бойынша есептеуге ұсынылған объектілердің орналасуы көлік желісінің ең жақын төбесімен анықталады (объектіні төбемен байланыстыру жүзеге асырылады);

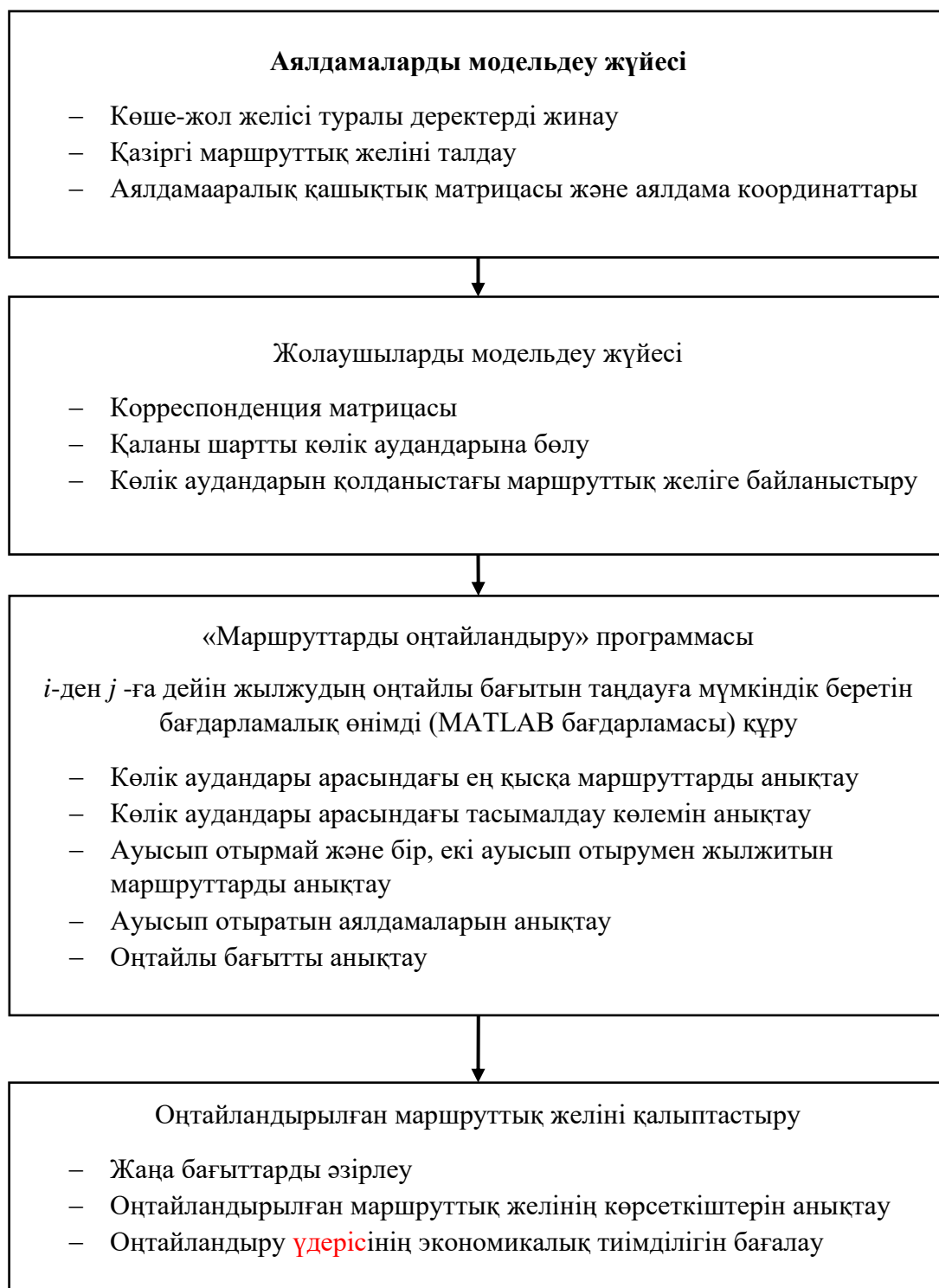
- қозғалыс тек осы доғалардың бағытын ескере отырып, көлік желісінің доғалары арқылы мүмкін болады.

Көлік желісі туралы барлық қажетті ақпаратты *шартты-тұрақты* және *жедел* деп бөлуге болады. Ақпаратты ұсыну шартты-тұрақты ақпаратты дайындау кезінде жұмыс көлемін азайтуға, түзетуге және толықтыруға қолайлы жағдай жасауға бағытталуы керек.

Маршруттық көлік желісінің моделін қалыптастыруды келесі кезеңдермен жүргізеді:

- көлік желісінің моделіне кіретін көшелер мен қиылыстарды тандау;
- көлік желісінің тораптары арасындағы қашықтықты анықтау;

– модельді қазіргі жол қозғалысын ұйымдастыру сұлбасымен келісу. Оңтайландыру мәселесін шешудің сұлбасы 4.1-суретте көрсетілген.



4.1-сурет. Маршруттық желіні оңтайландыру алгоритмі

3-тарауда қарастырылған математикалық модельдер негізінде аялдамалардың орналасуын таңдау мәселелерін қою бірнеше кезеңдерді



камтитын оңтайлы маршруттық желіні анықтау әдістемесін қалыптастыруға мүмкіндік береді:

1) Көліктік қызмет көрсету саласында жолаушылардың қажеттіліктерін зерттеу, жолаушылар ағынының шамасын есептеу, аялдама арасындағы корреспонденция матрицасын жасау.

2) Экономикалық шектеулер мен көліктегі жүрістің орташа нормативтік уақытын шектеу негізінде аялдамалардың саны мен орналасу орындарын анықтау, аялдамааралық қашықтық пен көлікпен жылжу уақытының матрицасын жасау.

3) Қалалық қоғамдық көлік жүйесінде жолаушылардың оңтайлы жүру маршруттарын таңдау. Ауысып отыру жүзеге асырылатын тиімді ауысу тораптарын анықтау.

Ұсынылған әдістемені іске асыру үшін бұрыннан белгілі болған немесе жаңадан жасалған бағдарламалық өнімдер қолданылады. Маршруттық желілерді оңтайландыру әдістемесінің алгоритмін (4.1-суретте) жүзеге асыру үшін бағдарламалық өнімдер қолданылады.

Бірінші кезеңде қашықтық матрицасын құрудан бастайды және төмендегі типтік есепті шешеді.

$N$  шыңдары бар және  $A$  доғалары бар болған, әрбір доға оның салмағы деп аталатын қандай да бір оң (теріс емес) санға сәйкес келетін қандай да бір  $G(N,A)$  граф қарастырылады. Графта берілген  $i$  төбелердің әрқайсысына дейінгі жолдар мен олардың ұзындықтарын табу қажет. Қашықтықтардың толық матрицасын құру кезінде жолдар барлық тораптар арасында жатады. Бастапқыдан бастап барлық басқа төбелерге дейінгі жолдар графта ағаш түрінде ұсынылуы мүмкін екендігі дәлелденді, сондықтан графтың әрбір төбесіне қандай да бір жолға жататын бір доға дәл келеді.

Екінші кезеңде қалалық көлік жүйесіне талдау жасалады, корреспонденциялар матрицасы есептеледі. *MATLAB* – да «гравитациялық» модельді қолдана отырып, математикалық модельдеу арқылы алынған ауданаралық корреспонденциялар матрицасын  $Z_{i,j}$  аялдамааралық корреспонденциялар матрицасына қайта есептеу жүргізіледі, бұл ретте қоғамдық көліктің қарапайымдастырылған қалалық көлік желісін, яғни маршруттың линиясында орналасқан бірқатар аялдамаларды блоктарға біріктіру есебінен желіде аз аялдамалар саны пайдаланады [88].

$Z_{i,j}$  аялдамааралық корреспонденциялар матрицасы  $i$  аялдамадан  $j$  аялдмасына дейін қалалық желі арқылы қоғамдық көлікпен жүретін жолаушылардың орташа тәуліктік санын көрсетеді (2.3-параграф). Жолаушылар ағынының шамасы бөлшек санмен көрсетіледі, өйткені бұл математикалық модельдеу арқылы алынған орташа тәуліктік мән.  $490 \times 490$  өлшемді  $Z_{i,j}$  аялдамааралық корреспонденциялар матрицасының фрагменті 4.1-кестеде келтірілген.

Үшінші кезеңде қалалық қоғамдық көлік жүйесінде жолаушылардың оңтайлы жүру маршруттарын таңдау көлікпен жылжудың уақыты минимум болу критерийі бойынша жүзеге асырылады және жолаушылар ағынының мөлшері бойынша тиімді тасымалдау тораптары айқындалады.

4.1-кесте. Аялдамааралық корреспонденциялар матрицасының фрагменті

$Z_i$ шығу аялдамасының нөмірі, $i$	$Z_j$ келу аялдамасының нөмірі, $j$	Орташа тәуліктік жолаушылар ағыны $c_{i,j}$ , жолаушы
1	2	1,91
1	3	2,11
1	4	1,79
1	5	3,05
1	6	1,3
1	7	0,83
1	8	0,81
1	9	0,45
1	10	1,09
1	11	4,82
.....		
484	485	1,82
485	486	0,24
486	487	1,08
487	488	0,15
488	489	1,21
489	490	2,34

4.2-суретте аялдамалар орналастырылған Тараз қалалық аймағының қоғамдық көлік желісінің үзіндісі көрсетілген.



4.2-сурет. Аялдамалар орналастырылған Тараз қалалық аймағының қоғамдық көлік желісінің фрагменті

## 4.2 Жолаушылардың жылжу маршруттарын таңдау

Факторлардың шешімге әсер ету дәрежесін және осылайша олардың маңыздылығын алдын ала анықтау шешім қабылдаушы үшін қиын болуы мүмкін, осыған байланысты әртүрлі критерийлерді білдіретін мақсатты функциялар келтіріліп, олардың көлікті маршруттау есебінде көп критерийлерлі шешіміне әсері талданады [89, 90]. Көбінесе төмендегі негізгі мақсатты функциялар қарастырылады:

- барлық маршруттардың жалпы ұзындығы;
- барлық маршруттардың жалпы жолаушыағын тығыздығы;
- маршруттық және тіке еместік коэффициент;
- аялдама өткізгіштігі;
- ауысыу саны;

Көрсетілген мақсатты функцияларды ескере отырып жасалған шешімдерді көрсету үшін көптеген аядамалары бар көлікті бағыттау мәселесінің метрлік нұсқасы алынды. Қала аймағында аялдамалардан 490 төбеден тұратын граф жасалады, оның ішінде бастапқы және соңғы аялдамалар анықталынады. Әзірге әр маршрутта бір қол жетімді көлік құралы бар деп қарастырылады.

$Z_{i,j}$  аялдамааралық корреспонденциялар матрицасы бар, маршруттары мен аялдамалары бар көлік желісінің графы  $i$ -ден  $j$ -ге дейінгі жолаушылардың қажетті оңтайлы маршруттарын анықтауы керек. Жолаушылар белгілі бөлігі, таныс маршруттарды пайдаланады, әсіресе бұл еңбек корреспонденциясына қатысты. Жолаушылардың басқа бөлігі жылжу бағытын таңдау үшін арнайы бағдарламалар мен қосымшаларды пайдаланады (Тараз қ. көлік операторы, tagaz-bus.kz және басқалары). Жылжу жолын таңдау тікелей (тоқтаусыз) маршрутты таңдауға негізделген, бұл жол жүру ақысын екі рет төлегісі келмеуімен, сондай-ақ аялдамаларда ауысып отырудың қолайсыздығымен байланысты. Алайда, бұл жағдайда жолаушы ұзақта орналасқан кету және келу қажетті аялдмасына жаяу жету үшін айтарлықтай уақыт жұмсайды.

Автобусқа ақы төлеудің бірыңғай жүйесі бар деп есептеледі, яғни, мысалы, белгілі бір уақыт ішінде жолаушы қалалық қоғамдық көлік желісі арқылы бір билетпен, транзит санына қарамастан жүре алады. Қозғалыс бағытын таңдағанда, жолаушы ыңғайлы, қауіпсіз тасымалдау жағдайларын және ілеспе әлеуметтік қызмет көрсету мүмкіндігін ескере отырып, жылжуға жұмсалатын уақыт негізінде шешім қабылдайды және сонымен бірге қалалық қоғамдық көліктің бірнеше түрін пайдаланса да, жол ақысын бір рет төлейді.

Белгілі бағдарламалар мен қосымшалар жылжуға кететін уақыт пен минималды санына немесе ауысып отыруның мүлдем болмауына негізделген оңтайлы маршрутты ұсынады. Бұл ретте тікелей маршрут таңдалады, бірақ бұл ретте келу және кету аялдмасына ұзақ жаяу жүріп баруға көп уақыт жұмсалады, оның үстіне, мұндай маршрут әрқашан ең қысқа болып табыла бермейді [91].

$i$ -ден  $j$ -ге сапардың оңтайлы бағытын таңдау мәселесін шешу үшін MATLAB тілінде бағдарламалық өнім әзірленді, ол  $i$ -ден  $j$ -ге бір ауысып отырумен және екі ауысып отырумен жылжуды таңдауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде біз жолаушылар саны бойынша ең үлкен тиімді тасымалдау

тораптары орналасқан орындарды аламыз. Дәл осы түйіндер кейіннен қалалық көлікпен тасымалдау тораптарына айналуы мүмкін.

Бастапқы деректер Microsoft Excel, Microsoft Access, AutoCAD-та дайындалады. Аялдамалар кестесі және осы аялдамалардың атаулары жасалады. Әрбір маршрут үшін осы маршрут өтетін аялдама нөмірлері ( $i$  және  $j$  аялдамалар тізбегі) жазып қойылады (4.3-сурет).

Table A: Bus routes and stops data from the Excel spreadsheet.

№	Аялдама №	Аялдаманың атауы	Аралық (М)
1	1	Мәскеу «Арбай»	-
2	2	Миргородский «Алматы»	1660
3	3	Магалае «Корвет»	465
4	4	Лесковский	588
5	5	Мөлтая «Самебен»	325
6	6	Студенческая	367
7	7	ул. Ломоносова	252
8	8	Поворот ул. Элеваторная	408
9	9	Коммунальная	499
10	10	Лесосклад	858
11	11	Элеваторная	258
12	12	ул. Народная	348
13	13	Кольцо	545
14	14	ЖД Вокзал	522
15	15	ул. Желтоқсан	625
16	16	ЖД Болыңиц	470
17	17	ул. Бульварная	595
18	18	ул. Тараканская	690
19	19	30 лет Победа - Айгөке би	721
20	20	Центральная площадь	530
21	21	Центральный парк «Гросс»	583
22	22	ул. Тудықов	812
23	23	Военская часть	272
24	24	Шекістаң	897
25	25	Полысшаев - Чайка	726
26	26	ТЦ «Дос-Нар»	285
27	27	Комсомолец	259
28	28	Рынок «Шығал»	777
29	29	Рынок «Бел»	522
30	30	Рынок «Ауыл Беренке»	454
31	31	Завод Залчисть	830
32	32	Автопарк №2	706
33	33	Автопарк	482
34	34	ул. Бомальникова	633
35	35	Село «Красная звезда»	716
36	36	Шателова	766
37	37	Жаңақосы	521
38	38	Мечеть	298
39	39	Абай	295

А) Microsoft Excel

Table B: Matrix of travel times between bus stops from the Access database.

	№100 ма	№101 ма	№102 ма	№103 ма	№104 ма	№105 ма	№106 ма	№107 ма
№100 ма	20	21	22	23	24	25	26	27
1	27	23	28	24	29	28	28	27
2	28	22	26	28	29	29	28	28
3	29	40	25	29	29	29	28	28
4	30	31	25	29	29	29	28	28
5	31	30	29	29	29	29	28	28
6	32	31	29	29	29	29	28	28
7	33	32	30	30	30	30	29	29
8	34	33	31	31	31	31	30	30
9	35	34	32	32	32	32	31	31
10	36	35	33	33	33	33	32	32
11	37	36	34	34	34	34	33	33
12	38	37	35	35	35	35	34	34
13	39	38	36	36	36	36	35	35
14	40	39	37	37	37	37	36	36
15	41	40	38	38	38	38	37	37
16	42	41	39	39	39	39	38	38
17	43	42	40	40	40	40	39	39
18	44	43	41	41	41	41	40	40
19	45	44	42	42	42	42	41	41
20	46	45	43	43	43	43	42	42
21	47	46	44	44	44	44	43	43
22	48	47	45	45	45	45	44	44
23	49	48	46	46	46	46	45	45
24	50	49	47	47	47	47	46	46
25	51	50	48	48	48	48	47	47
26	52	51	49	49	49	49	48	48
27	53	52	50	50	50	50	49	49
28	54	53	51	51	51	51	50	50
29	55	54	52	52	52	52	51	51
30	56	55	53	53	53	53	52	52
31	57	56	54	54	54	54	53	53
32	58	57	55	55	55	55	54	54
33	59	58	56	56	56	56	55	55
34	60	59	57	57	57	57	56	56
35	61	60	58	58	58	58	57	57
36	62	61	59	59	59	59	58	58
37	63	62	60	60	60	60	59	59
38	64	63	61	61	61	61	60	60
39	65	64	62	62	62	62	61	61
40	66	65	63	63	63	63	62	62
41	67	66	64	64	64	64	63	63
42	68	67	65	65	65	65	64	64

Б) Microsoft Access

Сурет 4.3 – Тараз қаласының қалалық қоғамдық көлігінің маршруттары өтетін  $i$ ,  $j$  аялдамалар тізбегі

Тараз қаласының қалалық қоғамдық көлік маршруттарына тек автобус маршруттары кіреді.

Есептеулер жүргізу үшін MATLAB тілінде бағдарламалық өнім әзірленді, ол  $i$ -ден  $j$ -ге оңтайлы маршрутты таңдауға мүмкіндік береді. Бағдарламалық өнімді әзірлеу 4 кезенді қамтиды.

1 кезең. Барлық аялдамалардың атаулары мен нөмірлері, аялдамааралық корреспонденциялар матрицасы, Тараз қаласының қалалық қоғамдық көлік маршруттары өтетін  $i$ ,  $j$  аялдамалар тізбегі жазылған бастапқы файл жүктеледі. «ауыстырып отырусыз» жылжулар таңдалады. Бағдарлама бірінші кезеңде

қалалық қоғамдық көлік маршруттарының тізімінен (барлық аялдамалар тізбегінде)  $i$  және  $j$  аялдамаларын табады және егер бар болса, тікелей жылжу бағытын табады. Әр  $i$  аялдаманы және әр  $j$ -ді кезекпен қарап, біз ауыстырып отырусыз апаратын маршруттардың тізімін аламыз. Бұндай 3146 маршрут алынды.

2 кезең. Аялдама нөмірлерімен, олардың атауларымен және аялдамааралық корреспонденциялар матрицасымен (ауысып отырусыз маршруттарда тартылған аялдамалар бұған кірмейді) бастапқы файл жүктеледі; Тараз қаласының қалалық қоғамдық көлігінің маршруттары өтетін  $i, j$  аялдамалар тізбектерімен жүктеледі. Бір ауыстырып отырумен жететін маршруттар таңдалады.

Екінші кезеңде  $i$ -ден  $j$ -ге дейінгі жылжулар қарастырылады, олар үшін ауыстырып отырусыз маршрут жоқ (оларды  $i^*$  және  $j^*$  деп атайық).

Бағдарлама қалалық қоғамдық көлік маршруттарының аялдама тізбегінен бірінші  $i^*$  және  $j^*$  табады және ең қысқа маршрут бойынша мүмкін болатын  $k$  түйіспелерін таңдайды ( $i^*$  бар жерде және  $j^*$  бар жерде қалалық қоғамдық көлік маршрутының аялдама тізбегіндегі бірдей аялдама нөмірі). Егер бірнеше  $k$  болса, онда мұндай ауысып отыру түйіндері эквивалентті болып саналады және бағдарлама олардың барлығын есте сақтайды. Келесі қалалық қоғамдық көлік маршруттарының тізбектері қарастырылады және басқа маршрут тізбегінде орналасқан  $j^*$  табылады Үқтимал болған жаңа ауысып отыру түйіндері  $k^*$  пайда болады. Әрі қарай, бағдарлама  $i^*$ -ден  $j^*$ -ге  $k$  және  $k^*$  арқылы жылжуды ең жақын жолын, дәлірек айтқанда  $i^*$  - ден  $j^*$  - ге ( $k$  немесе  $k^*$  арқылы) жету үшін ең аз аялдамалар санын ескере отырып салыстырады. Егер  $k^*$  арқылы жүру  $k$ -ге қарағанда жылдамырақ болса, онда барлық  $k$  бағдарламалар ұмытылып кетеді де, барлық  $k^*$  баламаларын жадта қалдырады. Егер  $k$  арқылы жүру  $k^*$  - ге қарағанда жылдамырақ болса, онда барлық  $k^*$  бағдарлама ұмытып кетеді. Сол сияқты, қалалық қоғамдық көлік маршруттарының аялдамалар тізбегінен табылған әрбір келесі  $i^*$  үшін маршруттар ізделеді. Барлық маршруттар тізбегі осылай көрінеді және жаңа ықтимал болған ауысып отыру тораптарын іздеу жүзеге асырылады. Формулаға сәйкес нұсқаларды сұрыптай отырып, біз әр жылжу үшін  $i^*$  - ден  $j^*$  - ге бір немесе бірнеше баламалы тиімді ауысып отыру түйіндері бар оңтайлы бағыттарды аламыз. Бізде бұндай 2321 маршрут алынды.

3 кезең. Бастапқы файл аялдама нөмірлерімен, олардың атауларымен және аялдамааралық корреспонденциялар матрицасымен жүктеледі (тоқтау маршруттарда тартылған аялдамаларды және олар үшін бір ауыстырып отырумен жететін маршруттар табылған аялдамаларды қоспағанда); Тараз қаласының қалалық қоғамдық көлік маршруттары өтетін  $i, j$  аялдамалар тізбектері. Екі ауысып отырумен жететін маршруттар таңдалады (4.4-сурет).

Үшінші кезеңде  $i$ -ден  $j$ -ге екі ауысып отырумен жететін жылжулар қарастырылады (оларды  $i^{**}$  және  $j^{**}$  деп атауға болады). Бағдарлама  $i^{**}$  аялдмасына солға және оңға ең жақын бірінші аялдаманы табады (бұл аялдаманы  $i'$  деп атауға болады, ол  $i^*$  деп аталады) және алдыңғы кезеңге оралады, яғни  $i'$  (немесе  $i^*$ ) аялдмасы мен  $j^{**}$  (немесе  $j^*$ ) аялдмасы арасында бір аялдмасы бар маршрутты іздейді. Егер мұндай сапар бағыты табылса, онда біз  $i^{**}$  - ден  $j^{**}$  - ге екі «тиімді» ауыстырып отырумен жеткізетін маршрутты

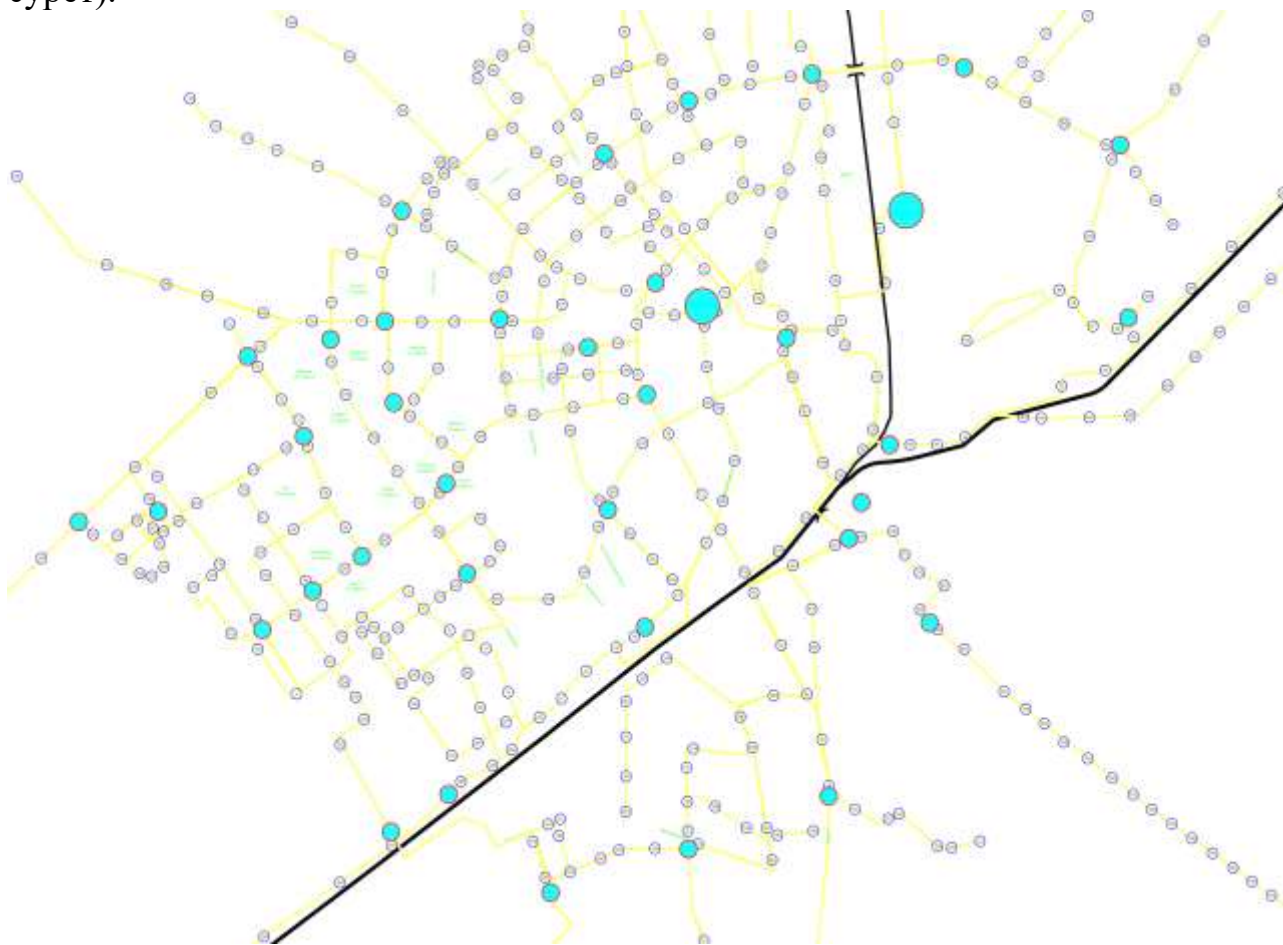
аламыз. Егер жоқ болса, онда  $i^{**}$  - ден солға және оңға ( $i^*$ ,  $i^*$ ) екінші жақын аялдама қарастырылады және бағдарлама тағы да алдыңғы кезеңге оралады, яғни  $i^*$  және  $j^{**}$  ( $j^*$ ) арасында бір ауысып отырумен маршрут іздейді. Егер мұндай жылжу маршруты табылса, онда  $i^{**}$  - ден  $j^{**}$  - ге екі ауысып отырумен жылжу бар деген сөз. Әрі қарай, нұсқаларды сұрыптай отырып,  $i^{**}$  - ден  $j^{**}$  - ге дейінгі барлық маршруттар екі тиімді түйінмен анықталады (Бізде 31 маршрут).

Егер үш кезеңнен кейін  $i$ -ден  $j$ -ге дейінгі жылжу маршруттары табылмаса, онда мұндай маршруттарды іздеу қолмен жүзеге асырылады.

4 кезең. Төртінші кезеңде тиімді ауыстырып отыру түйіндері анықталады. «Ауыстырып отыру» тексерулері жүргізіліп, маршруттар таңдалады (4.4-сурет). Барлық тиімді ауыстырып отыру түйіндерінің тізімі (272 түйін) анықталады.

Әр жұп үшін ( $i, j$ ) жылжудың оңтайлы бағыты анықталғандықтан, тиімді ауыстырып отыру түйіндері  $r$  бөлінді, содан кейін  $Z_{ij}$  корреспонденцияларының бастапқы матрицасы негізінде біз  $Z_{ij}$  мәліметтер массивін аламыз.

Тараз үшін қалалық маңызы бар бірінші 48 көлік ауыстырып отыру тораптары құру қажеттілігі анықталды, жолаушылар ағынының көлемі бойынша алғашқы 48 тиімді ауыстырып отыру тораптарының арасынан қажетті маршруттарды таңдауға болады. Жолаушылар ағынының мөлшері түйіннің маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады. Біз қоғамдық көлік желісіндегі таңдалған көлік ауыстырып отыру тораптарын белгілейміз (4.4-сурет).



Сурет 4.4 – Жолаушылар ағынының көлемі бойынша Тараз қалалық округінің көлік ауыстырып отыру тораптары

### 4.3 Тараз қаласы мысалында практикалық мәселелерді шешу

Тараз қаласындағы жолаушылар көлігінің маршруттық желісін оңтайландыру жылжу уақытын барынша азайтуға негізделген математикалық модельді пайдалана отырып жүргізілді. Сапар уақыты аялдамаға жақындау уақытын, күту уақытын және тікелей көлік құралындағы қозғалыс уақытын қамтиды. Ықтимал көлік байланыстары ең қысқа маршруттар бойынша анықталды.

Натурлық зерттеулер нәтижесінде бастапқы деректер ретінде пайдалану үшін егжей-тегжейлі мәліметтер базасы алынды. Алынған деректерді шартты түрде екі топқа бөлуге болады: қолданыстағы көше-жол және маршруттық желі бойынша деректер және қала халқына қатысты статистикалық ақпарат. Қолданыстағы көше-жол желісі жаңа перспективалық бағыттарды ұсыну есебінен, сондай-ақ пайдалануға беру жақын арада көзделген көшелер есебінен кеңейтілді және маршруттық көлік қозғалысы үшін өз сипаттамалары бойынша жарамды көшелер ғана назарға алынды. Осылайша алынған көше-жол желісі қиылыстар мен қоғамдық көлік аялдамаларын ескере отырып, қысқа ұзындықтағы сегменттерге бөлінді. Сегменттердің ұштарының координаттары қаланың жоғары дәлдіктегі ауқымды электрондық картасы бойынша анықталды, бұл модельде қаланың көше-жол желісін жоғары сенімділікпен көрсетуге мүмкіндік берді. Автобустардың маршруттық желісі 4.5-суретте көрсетілген.

Жылдамдық режимін таңдау кезінде әр учаскеде жолақтардың саны, жеңіл автомобильдермен жүктелу бағытты және жер бедері ескерілді. Қаланың көше-жол желісінің алынған моделі әрбір маршрут бойынша қозғалыс жиілігін ескере отырып, қолданыстағы қоғамдық көлік маршруттарымен толықтырылды.

Содан кейін қала шамамен бірдей халқы бар 490 аймаққа бөлінді (орташа есеппен 784 адам). Әр аймақ бойынша халық саны келесі топтарға бөлінді:

- аймақтағы тұрғындардың жалпы саны;
- аймақтағы қызметшілер саны;
- аймақтағы студенттік орындар саны;
- келушілер саны көп болған жоғары лауазымды қызметшілер саны.

Аймақтардың орталықтары қоғамдық көлік аялдамаларына сәйкес келетін көше-жол желісінің нүктелерімен жалғасты. Жолаушыларды аймақтардың орталықтарынан аялдама пункттеріне дейін тасымалдаудың орташа жылдамдығы 3,9 км/сағ-қа тең болды.

Жолаушылар ағыны бойынша деректер қоғамдық көлік маршруттарын натурлық зерттеу барысында реттелді. Тасымалдауға сұраныстың өзгеруіне әсер ететін негізгі тартылыс нүктелері анықталды.

Еңбек қозғалыстарын жүзеге асыру кезінде:

- еңбекті қолдану орындары;
- көлікті ауыстырып отырудың негізгі пункттері;
- «ұйқыдағы аудандар»;
- мәдени-тұрмыстық қозғалыстарды жүзеге асыру кезінде;
- демалыс орындары, базарлар, ірі сауда нүктелері;

– көлікті ауыстырып отырудың негізгі пункттері;



Сурет 4.5 – Тараз қаласының маршруттық желісі

Тапсырманы жеңілдету үшін автобустармен жылжитын жолаушылардың үлесі тұрақты болып қалады деп қабылданды. Бұл автобустың маршруттық желісін оңтайландыру кезіндегі дәлдікті арттыру мақсатында жасалды.

Тараз қаласының маршруттық желісін оңтайландыру жолаушылар тасымалының сапасын арттыруға мүмкіндік берді. Оңтайландыру үдерісінде қала орталығындағы көше-жол желісінің кейбір учаскелерінде жолаушылар ағыны қайта бөлінді. Нәтижесінде барлық тартылыс орындары мен оларға тасымалдау көлемі сақталған кезде автобустар қозғалысының қарқындылығы және желінің ең көп жүретін учаскелеріндегі жолаушылар ағыны төмендеді. 4.6 және 4.7 суретте және 4.2 кестеде маршруттық желіні оңтайландыруға дейін және кейін қаланың орталық бөлігінде жолаушылар ағынының диаграммалары мен автобустардың желілік жиілігі келтірілген.



Кесте 4.2 – Жүктелген көшелерден өтетін автобустар қарқындылығы

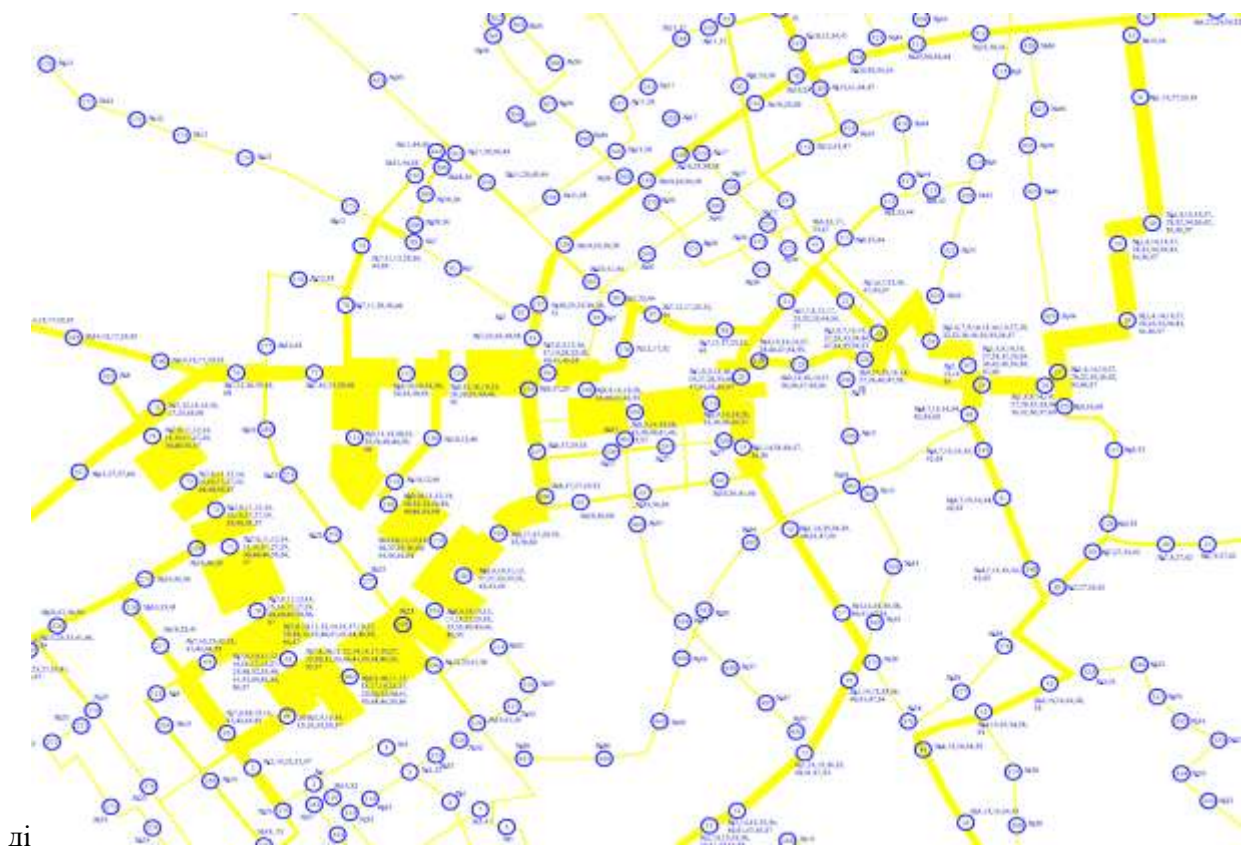
Реттік №	Көше аталуы	Оңтайландыруға дейінгі қарқындылық, <i>автобус/сағ</i>	Оңтайландырудан кейінгі қарқындылық, <i>автобус/сағ</i>
1.	С. Сейфуллин көшесі	79	49
2.	Лермонтов көшесі	77	48
3.	Б.Момышұлы (Диана дүкені)	72	45
4.	Б.Момышұлы (Жансая ш.а.)	59	37
5.	Рыскулов (Акбулак ш.а.)	58	36
6.	Рыскулов (Жайлау ш.а.)	58	36
7.	Б.Момышұлы (Қайқармет)	58	36
8.	Б.Момышұлы (Аса ш.а.)	58	36
9.	Пушкина (Әскери бөлім)	55	34
10.	Абай ("Чайка" емханасы)	55	34
11.	Асқаров (Диагностикалық орталық)	54	33
12.	Көшеней (Шахристан)	53	33
13.	Төле би (Дос-Нар сауда орталығы)	52	32
14.	Төле би (Орталық мешіт)	51	32
15.	Б.Момышұлы (Гастроном)	51	32
16.	Б.Момышұлы (43 дүкені)	51	32

Оңтайландыру үдерісінде жолаушыларды автобустармен тасымалдаудың негізгі көрсеткіштерінің өзгеруі кестеде келтірілген. 4.3.

Кесте 4.3 – Жолаушы тасымалдаудың негізгі көрсеткіштердің өзгеруі

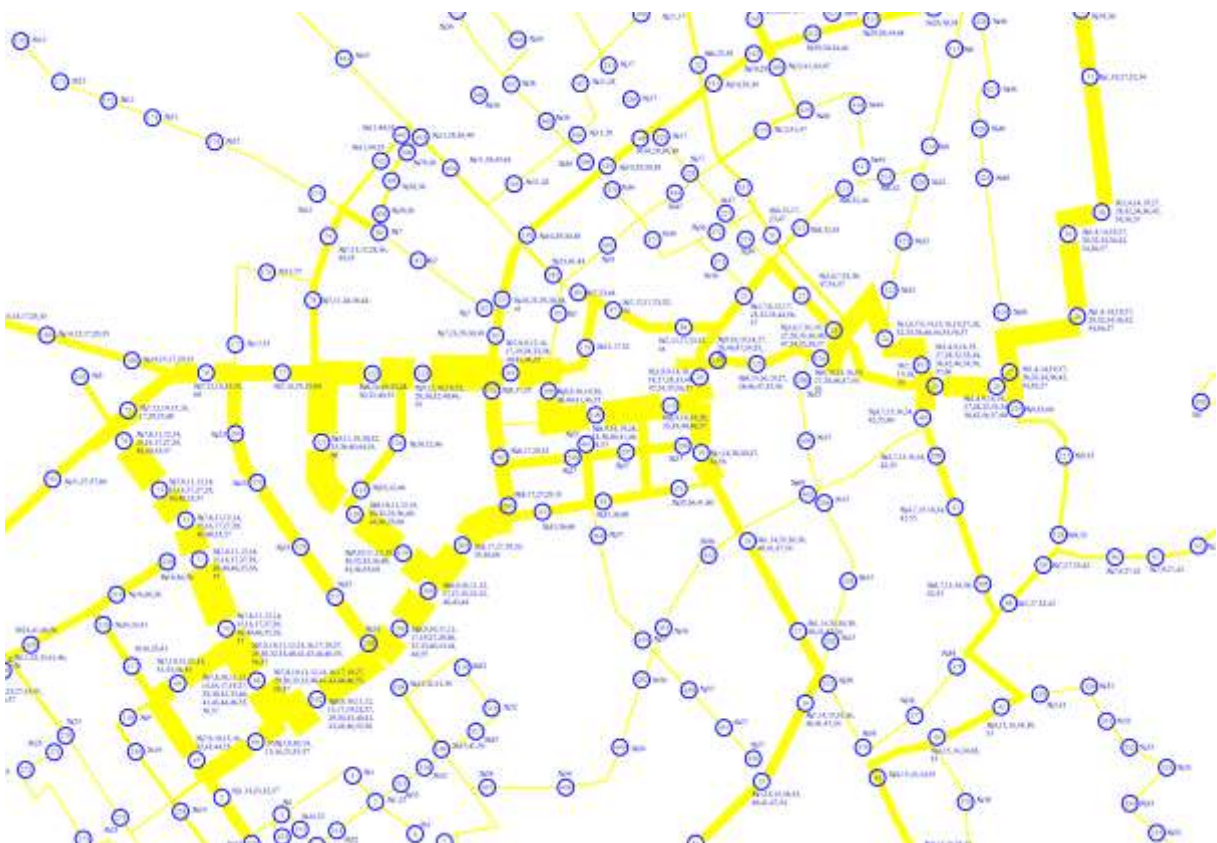
Көрсеткіштің атауы	Көрсеткіштің мәні		Өзгеріс, %
	Оңтайландыруға дейін	Оңтайландырудан кейін	
Көлікті ауыстырып отырусыз жылжыған жолаушылар үлесі, %	72	65	- 9,7
Бір ауыстырып отырумен жылжыған жолаушылар үлесі, %	16	22	+ 37
Екі ауыстырып отырумен жылжыған жолаушылар үлесі, %	1	5	- 400
Бір жылжудағы көлік ауыстырып отырудың орташа саны	0,45	0,3	- 33
Жылжудың орташа ұзындығы, км	6,3	5,4	- 14
Жылжудың орташа уақыты, мин	35	28	- 20

Осылайша, Тараз қаласында қалалық жолаушылар көлігі жүйесінің жұмыс істеу сипаты туралы эксперименттік деректер, әзірленген модельдер мен бағдарламалық қамтамасыз ету негізінде автобус тасымалдарының оңтайлы маршруттық желісін қалыптастыру мәселесі шешілді. Негізгі пайдалану көрсеткіштері халыққа көліктік қызмет көрсету сапасының жақсарғанын көрсетеді.



ді

Сурет 4.6 – Оңтайландыру іс-шаралары жүргізілгенге дейін жолаушылар ағынының диаграммасы



Сурет 4.7 – Оңтайландыру шараларын өткізгеннен кейін жолаушылар ағынының диаграммасы

#### 4.4 Қалалық жолаушыларды тасымалдау тарифтерінің экономикалық-математикалық моделі

Тариф – жалпы пайдаланылатын автомобиль көлігімен (таксиден басқа) жолаушылар мен багажды тасымалдау жөніндегі көлік қызметінің бірлігі үшін төлемақы мөлшерлемесі.

Көлік тарифінің құрамына өндіріс шығындары мен көлік ұйымдарының пайдасы, сондай-ақ қосылған құн салығы (ҚҚС) кіреді.

Жолаушы автокөлігімен тасымалдау тарифі экономикада қолданылатын бағалармен тығыз байланысты, яғни отын-энергетикалық ресурстарға (мысалы, жанар-жағармай материалдарына) бағаның өзгеруі міндетті түрде автокөлік қызметтерінде тарифтер деңгейінде көрсетіледі. Өз кезегінде тарифтердің өсуі қызмет тұтынушыларына кері әсерін тигізеді, ал жолаушылар жол ақысын көбірек төлейді, бұл қоғамда әлеуметтік шиеленісті тудырады.

Қалалық жолаушыларды тасымалдау қызметін мемлекеттік басқару органдары тарапынан тарифтерді реттеп отырады. Сонда тарифтік бағаларды мемлекеттік органдар белгілейді және түзетеді. Бұл реттелген тариф өз деңгейінде тасымалдау құнынан төмен болуы мүмкін, сондықтан жетіспейтін кірістерді мемлекеттік органдар өтеуі керек [2; 41].

Қалалық қатынас автобустарында жол жүру тарифі бір жолаушыға белгіленеді. Тарифтерді қайта қарау елдегі инфляцияға байланысты мезгіл-мезгіл жүргізіледі, көбінесе ол жаңа күнтізбелік кезеңнің (жылдың немесе тоқсанның) басталуына қарастырылады.

Қалалық жолаушылар тасымалының жалпы тарифін келесі формула бойынша қарастыруға болады:

$$T_e = \frac{\sum Z_i}{Q_{\text{жыл}}} \times k_e \times k_{\text{ҚҚС}} \leq \frac{D_{\text{халық}}}{2 \times d_{\text{сапар}}} \times k_{\text{көлік}} \quad (4.1)$$

- мұндағы:
- $Z_i$  –  $i$  - баптары бойынша барлық шығыстар;
  - $Q_{\text{жыл}}$  – нақты немесе болжамдалған тасымалданатын жолаушылар саны;
  - $k_e$  – тасымалдаушы шығындарына есептік рентабелділік коэффициенті (15% ретінде қолданылады);
  - $k_{\text{ҚҚС}}$  – қосылған құн салығының коэффициенті (12% ретінде қолданылады);
  - $D_{\text{халық}}$  – халықтың жан басына шаққандағы орташа номиналды ақшалай табыстары
  - $d_{\text{сапар}}$  – жергілікті ерекшеліктерді ескере отырып, айына сапарлардың орташа саны
  - $k_{\text{көлік}}$  – көлік шығыстары үлесінің деңгейі-5%,

Тариф бағасын халқының орташа айлық табысыннан көлік шығыстарының үлесі – 5% құрайды деп және жергілікті ерекшеліктерді ескере отырып, айына бір бағытқа орташа сапарлар санын 30 рет деп ескеріп шектеуге болады. ҚР Статистика комитетінің 2022 жылғы деректері бойынша [4] Тараз қ. халқының орташа айлық табысы жан басына шаққанда 110 540 тг құрады. Тариф бағасын бір сапарға  $T_e^{\text{сапар}}$  және бір айға  $T_e^{\text{ай}}$  шектеу есебі көрсетілген:

$$T_e^{\text{ай}} = 105230 \times 0,05 \approx 5262, \quad T_e^{\text{сапар}} = \frac{102230}{2 \times 30} \times 0,05 \approx 85,2$$

Соңғы жылдары Тараз қаласындағы автобуспен жүру құнының өзгерісі төмендегі 4.4-кестеде көрсетілді

Кесте 4.4 – Тараз қаласындағы автобуспен жүру құны және халықтың өмір сүру деңгейінің көрсеткіштері

Көрсеткіштер	2011ж	2014ж	2017ж	2021	2022
Тариф	45	55	65	85	85
Тараз қ. халқының орташа айлық табысы	30 783	39 764	54564	90 255	105788
Тариф бағасын бір сапарға шектеу есебі	25,65	33,1	45,5	75,2	88,1

2016 жылы автотасымалдаушылардың талабы бойынша жеңілдіктер алынып тасталды.

2020 жылдың 28 қыркүйекте Тараз қоғамдық көлігінде электронды билет жүйесі іске қосылды. Ересектер жол жүру ақысын Tulparcard картасының немесе QR-кодтың көмегімен тиісті мобильді қосымша арқылы, қолма – қол ақшамен – 65 теңге, оқушылар-30 теңгеден төлей алады. Кейінірек қала билігі халыққа 8 қазаннан бастап сараланған тарифке өтті, енді қолма – қол ақшамен екі есе қымбат: ересектер үшін 130 теңге және мектеп оқушылары үшін 65 теңге.

Соңғы рет 2021 жылдың 4 мамырдан бастап Тараз қаласында автобустарда жол жүру ақысы 65 теңгенің орнына 85 тг құрады (Тұлпар картамен). Қолма - қол ақшамен төлемдер өзгеріссіз қалды-130 теңге. Сондай-ақ, балалар үшін тариф 35 теңгеден 40 теңгеге дейін көтерілді.

Жолаушы тасымалдау желісін жетілдіру үшін дамыған мемлекеттер қарап мерзімдік (ай және жыл бойынша) тариф қабылдау ұсынып отырмыз. Бұл өзгерістің басты мақсаты жұмыста ұсынып отырған қаланың маршруттық жүйесін толық оңтайландыру мәселесін шешеді, әсіресе жолдары қайталанатын маршруттар желісін азайтады. Бұл сәйкесінше жалпы маршрут желісін, автобустар мен жүргізушілердің санын қысқартады.

Болашақта кәсіпорындарға жолаушы тасымалдаған көлемі бойынша емес, автобустың жүрген жолы бойынша табыс төлеу, сонда жолда жүргізулердің жолаушылар үшін бәсекелестікке жол бермейді. Бұл әлеуметтік маңызды желілер ашу мәселесі қолға алынады, сәйкесінше маршруттық желілердің қол жетімділігін жоғарлатады.

#### 4.5 Жаңа маршруттық желіні енгізудің экономикалық тиімділігін анықтау

Маршруттарды мақсатты таңдау және оларда жұмыс істейтін көлік құралдарының санын анықтау нәтижесінде қолда бар автобустар паркінің бір бөлігі босатылады. Босатылған автобустарды басқа мақсаттарда пайдалану мүмкіндігі бар, мысалы, резервтеу немесе вахталық тасымалдауды орындау, жаңа тапсырыстар қабылдау және т.б.

Оңтайлы маршруттық желіні әзірлеу және көлік құралдарын ұтымды пайдалану бойынша атқарылған жұмыстың нәтижелері халыққа көліктік қызмет көрсету шығындарын қысқарту туралы айтуға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелерді қолданудың экономикалық тиімділігі қолданыстағы және енгізілген сұлбалар кезінде паркті пайдалану нәтижелерін салыстыру арқылы анықталады. Алынған тиімділік жылжымалы құрамның сұранысының төмендеуіне байланысты және осыдан келіп шығатын жанармай, қосалқы бөлшектер, майлау материалдарына деген сұранысты азайту және т. б. нәтижесінде пайда болады.

[1, 2, 28] еңбектерге сәйкес тасымалдаудың өзіндік құны  $S$  жоғарыда көрсетілген көлік жұмысына жұмсалатын келтірілген соманың арақатынасымен анықталады:

$$S_{\text{жолаушы}} = Z_{\text{экс}} / P_{\Sigma}, \quad (4.2)$$

Күні бойы маршруттағы жылжымалы құрамның жалпы жүрісін төмендегі формула бойынша анықтауға болады:

$$L_{\text{м.л}} = 2 \cdot L_{\text{м}} \cdot \sum_{i=1}^N R_i \quad (4.3)$$

мұндағы:  $L_{\text{м}}$  – маршруттың ұзындығы, км;

$R_i$  –  $i$ -ші автобуспен орындалған рейстер саны;

$N$  – пик сағаттардағы маршруттағы жылжымалы құрам саны, дана.

Тараз қаласының қолданыстағы маршруттық желісінің маршруттарындағы барлық автобустардың жалпы жүрісі бір жұмыс күні ішінде 28415 км құрайды.

Ұсынылған маршруттық желілер көрсеткіштерін есептеулер нәтижелері бойынша сәйкес кезеңдерде бірдей көлік жұмысы орындалады, ал жылжымалы құрамның барлық маршруттарда орындалған жалпы жүрісі 25212 км-ге тең.

Қолданыстағы және ұсынылған сұлбалардың маршруттарындағы жалпы жүрістердің айырмашылығын Тараз қаласындағы автобустың 1 км жүрісінің өзіндік құнына көбейту арқылы экономикалық тиімділікке қол жеткіземіз. Ол үшін босатылған көлік құралдарының паркінен шартты сыйымдылығы бар автобус маркасын табу қажет:

(4.3) формуладағы шамалардың мәндерді орындарына қойып есептеулер

нәтижесінде шартты сыйымдылықты мөлшері 36 адамға тең болды. Бұл көрсеткіш ПА3-3205 маркалы автобуска сәйкес келеді (4.4-кесте).

$$q_{\text{орта}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (4.4)$$

мұндағы:  $N$  –  $q$  сыйымдылығы бар жылжымалы құрам бірліктерінің саны.

Кесте 4.5 - Маршрутқа қамтылған жылжымалы құрам көрсеткіштері

ЖҚ маркасы	Сыйымдылығы, жолаушы	Қазіргі кездегі ЖҚ саны	Ұсынылған ЖҚ саны
ПА3-3205	36	101	47
Dong feng	28	52	51
FAWCa 6602	28	53	47
Mercedes – Bens	77	15	24
SCANIA	77	13	18
Golden Dragon	90	21	31
Жалпы	–	255	218

ПА3-3205 маркалы автобустың 2022 жылға арналған 1 км жүрісінің құнын есептеу нәтижелері 4.5-кестеде келтірілген.

Сонымен, экономикалық тиімділік (тасымалдау шығындарын азайту):

$$Э_{\text{тиім}} = S_{\text{жолаушы}} * L_{\text{м.л.}}, \quad (4.5)$$

мұндағы:  $L=3203$  – қолданыстағы және ұсынылған сұлбалардағы км маршруттарының жалпы жүрістердің айырмасы, км.

Кесте 4.6 – Шығыстар

№	Шығыстар құрамы	Шығындар жиынтығы, тг
1	Жүргізушілердің еңбек ақысы	25 742 720
2	Кондукторлар еңбек ақысы	15 090 560
	Тұрақты шартты шығыстар. <i>Барлығы</i>	40 833 280
1	Отынға кететін шығыс	29 336 049
2	Майлау және басқа да пайдалану материалдар шығысы	3 251 550
3	Автобус дөңгелектерін қалпына келтіру шығыстар	1 960 000
4	ТҚ мен АЖ шығыстары	790 924
5	Жылжымалы құрамның амортизациясы	11 968 000
	Ауыспалы шығыстар. <i>Барлығы</i>	47 306 523
	Жалпы	88 139 803
	Автобусты маршрутта пайдаланудағы 10 км жүрістің өзіндік құны, тенге	65

Тараз қаласының жаңа маршруттық желісіне көшу нәтижесінде, тасымалданған жолаушылар саны бірдей болған жағдайда алынатын тікелей экономикалық тиімділік (жолаушы тасымалдауға жұмсалатын шығыстардың кемуі нәтижесінде) тәулігіне 208 195 тг немесе айына 6 245 850 тг сомасындағы қаржыны қамтамасыз етуі тиіс деген қорытынды жасауға болады.

#### **4.6 Тарау бойынша тұжырымдама**

Экспериментті ұйымдастыру мақсатында ұсынылған алгоритмдер мен әдістер жүзеге асырылды. Тестілік деректердің негізгі көзі ретінде әзірленген графтар, картадағы нүктелер жұбы арасындағы жолдар туралы нақты карта деректері пайдаланылды.

Қолданылған тәсілдің өзіндік ерекшелігі – геодезиялық сызық бойындағы екі нүкте арасындағы геодезиялық түзу бойынша қашықтықты олардың арасындағы ең қысқа жолдың ұзындығымен және уақытымен екі бағыт бойынша байланыстыратын статистикалық заңдылықтарды тағайындау:

– Тараз қаласында қоныстану ерекшеліктері, көше-жол және маршрут желісі, жолаушылар ағындарын бөлу туралы эксперименттік деректер негізінде маршруттық желі моделі салынды;

– маршруттық желіде ең қысқа қашықтықты есептеу және жолаушылар ағындарын бөлуді оңтайландыру бойынша бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді;

– оңтайландыру нәтижесінде алынған тасымалдау үдерісінің көрсеткіштері көліктік қызмет көрсету сапасының жақсарғанын, жылжудың орташа уақытының және көлік ауыстырып отыру коэффициентінің төмендегенін, желінің неғұрлым тығыз учаскелерінде жолаушылар ағынының ең жоғары деңгейінің төмендегенін көрсетеді.

Төртінші тарауда жүргізілген есептеулердің нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

1. Жолаушылар ағынын тексеру оңтайлы маршруттық желіні есептеу үшін қажетті деректерді алуға мүмкіндік береді. Оны орындау шығындары жаңа маршруттық желіні пайдалануға беруден түскен пайда арқылы өтеледі.

2. Ұтымды маршруттық желіге көшу арқылы тасымалдаушылар мен қала әкімшілігінің шығындарын бір жұмыс күні ішінде 208 195 тг немесе айына 6 245 850 тг мөлшерінде азайтуға қол жеткізіледі.

3. Жаңа сұлбаны енгізу нәтижесінде марканы маршрутқа шығарудың нақты коэффициентін ескере отырып, 37 автобусты қысқартуға мүмкіндік береді, бұл қаланың жолаушы көлік құралына деген қажеттілігін азайтады.

4. Тараз қаласы үшін қолданыстағы маршруттық желінің ұзындығы 28415 км-ден қысқарып, ұсынылған есептік желі маршруттарының ұзындығы 25212 км-ді құрады.

5. Ұсынылған барлық шараларды енгізуден түсетін жалпы экономикалық тиімділік айына 1,5 миллион тг құрайды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертация жұмысты орындау кезінде келесі қортыныдылар алынды

1. Тараз қоғамдық көлік байланыстарының графикалық-аналитикалық моделі жасалып, талдау жүргізу нәтижесінде: көлік желісінің тығыздығы - 1,51км/км; желіні қамту коэффициенті 0,28; маршруттық коэффициент 2,93; тіке еместік орташа коэффициенті 2,3. Бұл көрсеткіштер арқылы маршруттар қаланың тиімді негізгі көшелерінде шоғырланғанын көрсетеді.

2. МЖ-ні оңтайландырудың белгілі әдістерін хронологиялық тәртіпте зерттеп, талданды. Алынған талдау негізінде зерттелетін саладағы ғылым негізінен ҚЖК МЖ оңтайландырудың математикалық модельдері мен бағдарламалық-есептеу құралдарын жетілдіру арқылы дами береді деген қорытынды жасалды. ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыруды талдау кезінде қалалық көлік жүйесінің барлық қатысушыларының мүдделері қарастырылып, тұтастай алғанда жүйенің тиімділік көрсеткіштері тұжырымдалды.

Көлікті бағыттаудың классикалық міндеті, оның түрлері мен шешу әдістері қарастырылған. Көлікті маршруттау міндеттерін талдау негізінде ҚЖК маршруттық сұлбаларын оңтайландыру кезінде ескеру қажет қосымша шектеулер анықталды. ҚЖК жүйесі үшін оңтайландыру критерийі ретінде жолдың белгілі бір бөлігінде жолаушылар ағынының тығыздығын пайдалану ұсынылды. Көліктік маршруттау мәселелерін шешу әдістерін талдау бүгінгі таңда ең перспективалы Мета-эвристикалық алгоритмдер екенін көрсетті.

3. Зерттеу негізінде аялдамаға дейін жаяу жүргіншілер мен қоғамдық көліктердің қозғалысына әсер ететін факторлар талданды және анықталды. Респонденттердің сауалнамасы негізінде алынған көрсеткіштерді априорлық саралау әдісі вариация коэффициентіне байланысты респонденттердің пікірлерінің үйлесімділігінің жақсы дәрежесінің болуын анықтауға және ең ықпалды факторларды анықтауға мүмкіндік берді. Өлшемдер теориясының негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі алынды, екі кезеңде қарастырылды - жаяу жүргіншінің кешенді қозғалысының сипаты мен қоғамдық көлік қозғалысының жылдамдығын ескере отырып. Ұсынылған өлшемсіз кешендер қоршаған ортаның климатын, жаяу жүргіншінің, маршруттың және қоғамдық көліктің сипаттамаларын ескеретіндігімен ерекшеленді. Негізгі коэффициенттерін ескере отырып, белгілі бір қалада, аудан орталығында және т. б. жылдамдық шамасын реттеу бойынша жаяу жүргіншінің және қоғамдық көліктің үнемді қозғалысын негіздеуге мүмкіндік беретін математикалық модель түрде көрсетілген қоғамдық көлік аялдамаларының орналасу орындарының екі сатылы теориялық-эксперименттік негіздемесін ұсынылды.

4. Тараз қаласының қоғамдық көлік жүйесінде мультиколониялық құмырсқа жүйесі әдісімен жолаушылардың оңтайлы жүру маршруттарының алгоритмін әзірленді. Әдеби дереккөздерді талдау негізінде құмырсқалар колония әдісі арқылы маршруттарды оңтайландырудың тиімділігін көрсетті. Ең қысқа жолды іздеу кезінде құмырсқалар колониясының мінез – құлық моделін



зерттеу мақсатында құмырсқалар колониясын имитациялау жүйесі жасалды. Оның мысалында құмырсқа алгоритмінің жұмыс барысы және шешімді қалыптастыру үдерісі кезең-кезеңімен көрсетілді.

Нәтижесінде көп колониялық құмырсқалар жүйесі деп аталатын жасанды интеллекттің жаңа әдісі жасалды. Оның негізгі идеясы-бір колонияның құмырсқа алгоритмінің орнына қазір бір уақытта әрекет ететін бірнеше алгоритм қолданылады. Колониялар ортақ мақсатқа жету үшін әр қадамда бірлесіп шешім қабылдайды, бірақ әр колония өзінің ішкі міндетін қатаң түрде шешеді.

5. Маршруттық желілерді оңтайландыру әдістемесінің алгоритмін жүзеге асыру үшін кезеңге бөлінді: бірінші кезеңде ең қысқа қашықтық матрицасын құрудан бастайды, екінші кезеңде қалалық көлік жүйесіне корреспонденциялар матрицасы есептеледі және үшінші жолаушылардың оңтайлы жүру маршруттарын таңдау жолаушылар ағынының тығыздығы минимум болу критерийі бойынша жүзеге асырылады. Оңтайлы бағытын таңдау мәселесін шешу үшін MATLAB тілінде бағдарламалық өнім әзірленді

6. Ғылыми зерттеулердің тиімділігі жаңа маршрут енгізу нәтижесінде Тараз қаласының маршруттық желінің ұзындығы 28415 км-ден қысқарып, ұсынылған есептік желі маршруттарының ұзындығы 25212 км-ді құрады және 37 автобусты қысқартуға мүмкіндік береді, бұл қаланың жолаушы көлік құралына деген қажеттілігін азайтты. Экономикалық тиімділік ұтымды маршруттық желіге көшу арқылы тасымалдаушылар мен қала әкімшілігінің шығындарын бір жұмыс күні ішінде 208 195 тг немесе айына 6 245 850 тг мөлшерінде азайтуға қол жеткізіледі

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ

1. Имандосов, А.Т. Көлік құралдарымен жолаушы тасымалдау негіздері: оқу құралы / А.Т. Имандосов, А.Н. Семернин.- Алматы: "Отан" баспасы, 2016. – 171 б.
2. Аязбай, М.Д. Жолаушылар тасымалын жобалау: оқу құралы / М.Д. Аязбай, Б.О. Турлыбаева, Р.А. Кохсер.- Алматы: "Отан" баспасы, 2016. – 158 б.
3. Жамбыл облысын дамытудың 2021-2025 жылдарға арналған бағдарламасы. [Электрондық ресурс]. - Кіру режимі: <https://www.gov.kz/memleket/entities/zhambyl/documents/details/275070?lang=kk>
4. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы. [Электрондық ресурс]. - Кіру режимі: <https://stat.gov.kz>
5. ҚР ЕЖ 3.01-101-2013 Қала құрылысы. қалалық және ауылдық елді мекендерді жоспарлау және құрылысын салу. [Электрондық ресурс]. - Кіру режимі: [https://www.egfntd.kz/upload/NTD/СП%20РК/54\\_СП%20РК%203.01-101-2013.pdf](https://www.egfntd.kz/upload/NTD/СП%20РК/54_СП%20РК%203.01-101-2013.pdf)
6. Жаманбаев Б.У., Алмаханова Э.А., Молгаждаров А.С.. Результаты априорного исследования современного состояния городского пассажирского транспорта г.Тараз. Материалы XLIII МНПК «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», г. Алматы, 2019, КазАТК им. М.Тынышпаева. том 2, – С. 115-118
7. Жаманбаев Б.У., Бекжанова С. Е., Алмаханова Э.А.. Қалалық көлік жүйесінің көрсеткіштерін бағалау (Тараз қ.). ҚазККА хабаршысы №4, 2022. – С. 112-117
8. Имандосов А.Т., Жаманбаев Б.У., Алмаханова Э.А., Сатаева Ж.Б., Жетібаева Б.Б. Қалалық жолаушы көлігі жүйесінің аялдама пунктерін зерттеу. Научный журнал «Механика и Технологии», Тараз. – 2018. – №1. – С. 81-90.
9. Ганшина Л.Н. Функциональное содержание стратегического управления на городском пассажирском транспорте. Дис. ... к-та экон. наук: 08.00.05 .-Ставрополь: 2005. – 218 с.
10. Асанов М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы / М.О. Асанов, В.А. Баранский, Б.В. Расин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 288 с.
11. Шелейховский Г.В. Транспортные основания композиции городского плана / Г.В. Шелейховский, – М., 1936.
12. Андреев С.А. Анкетное обследование пассажиропотоков городского транспорта /С.А. Андреев // Труды НИИГД Моссовета, Вып. 1. - М.: Гострансиздат, 1935.
13. Коноплин В.В. Расчет рациональной схемы автобусных маршрутов / В.В. Коноплин, Б.Л. Геронимус, Д. Джумаев // Автомобильный транспорт, № 9, 1966. – С. 20 – 21.
14. Хрущев М.В. Исследование методов маршрутизации автобусного транспорта в городах: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Хрущев Михаил Владимирович. – М., 2000. – 206 с.

15. Макаров И.П. Модели проектирования сети маршрутов городского пассажирского транспорта / И.П. Макаров, В.В. Яворский // Моделирование процессов управления транспортными системами: Тез. Докл. Всесоюз конф. - Владивосток, 1977. – С. 92-95.
16. Булычева Н.В. Расчет пассажиропотоков и оптимизация параметров маршрутных схем / Я.В. Булычева, В.П. Федоров // Математические методы в управлении городскими транспортными системами. - Л.: Наука, 1979. – С. 65-90.
17. Лопатин А.П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте / А.П. Лопатин. - М.: Транспорт, 1985. – 144 с.
18. Аппак А. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок / А.Аппак. - Таллин: Ээсти раамат, 1984. - 216 с.
19. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.М. Кобзев, В.А. Юдин. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.
20. Garrison W.L. Tomorrow's transportation: changing cities, economies, and lives / W.L. Garrison, J.D. Ward- Norwood: Artech House, 2000. – 316pp.
21. Hibbs J. Transport police: The myth of integrated planning / J.Hobbs. – London: The institute of economic affairs. 2000. – 111p.
22. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г.А. Варелопуло. - М.: Транспорт, 1990. – 252 с.
23. Вейцман В.М. Разработка рациональных схем городских автобусных маршрутов/ Дисс. канд. техн. наук. - М., 1987. – 193 с.
24. Демченко А.И. Проектирование крупномасштабных транспортных сетей в условиях неопределенности исходной информации / Автореф. дис... канд. техн. наук. - Челябинск, 1993.
25. Доля В.К. Методы организации перевозки пассажиров в городах / В.К. Доля. -Харьков: Основа, 1992. – 160 с.
26. Пртынов А.П. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами / А.П. Пртынов, В.В. Скалецкий. - М.: Наука, 1981. – 280 с.
27. Ваксман С.А. Социально-экономические проблемы планирования развития систем массового пассажирского транспорта в городах. - Екатеринбург: УрГЭУ, 1996-289с.
28. Михайлов А.С. Управление рынком перемещений городского населения. - Алматы: НИЦ Гылым, 2003. – 237 с.
29. Пассажирские автомобильные перевозки: Учебник для вузов/ В.А.Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев; Под ред. В.А. Гудкова. -М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 448 с: ил.
30. Gwilliam K. The Value of Time in Economic Evaluation of Transport Projects. Lessons from Recent Research. World Bank, Wash. DC, 1997.
31. Waters W. The Value of Time Savings for the Economic Evaluation of Highway Investments in British Columbia. BC Ministry of Transportation and Highways, British Columbia, 1992.
32. Weisbrod G., Weisbrod B. Assessing the Economic Impact of Transportation Projects: How to Match the Appropriate Technique to Your Project. Transportation Research Circular. Washington DC.1997, N2, 477, pp. 1-34.

33. Litman T. Transportation Cost Analysis Summary. Victoria. Transport Policy Institute, 1999. – 48p.
34. Петраш М.Д., Муртазина И.Р. «Понятие «здоровый образ жизни» в психологических исследованиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология и педагогика. 2018. Т. 8. Вып. 2. С. 152–165.
35. Пыжикова Ж.В. Профессиональная работоспособность: средства и методы сохранения: учебное пособие / Ж.В.Пыжикова. – Самара: Изд-во «Универс групп», 2007. – 176с.
36. Гюлев, Н.У. Фалецкая, Г.И. О влиянии транспортной утомляемости на выбор пути следования. Коммунальное хозяйство городов (88), 2009. – С. 272-275.
37. Имандосов А.Т., Жаманбаев Б.У., Алмаханова Э.А., Аясқан Ж.Н., Байыс Н.Б., Сәбит М.Б. Қоғамдық көлік жүйесінің әлеуметтік-экономикалық тиімділігі. Механика и Технологии, Тараз. – 2019. – №2. – С.146-158.
38. Логистика: общественный пассажирский транспорт. Учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. - М.: Издательство "Экзамен", 2003. – 224 с.
39. Атькен, Е. Жолаушыларды тасымалдау технологиясы және оны ұйымдастыру: оқу құралы / Е. Атькен. - Алматы: Бастау, 2020. – 200 б.
40. Правдин, Н. В. Прогнозирование пассажирских потоков: учеб. для вузов / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей – М.: Транспорт, 1989. – 222 с.
41. Якимов, М.Р. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография / М.Р. Якимов, А.А. Арепьева. – М.: Логос. – 2016. – 280 с.
42. Леонова, С.А. Выбор мест расположения пересадочных узлов сети городского пассажирского транспорта / С.А. Леонова // Транспорт Урала. – 2019. – № 4 (63). – С. 101 – 105.
43. Лебедева О.А. Математические модели оценки матрицы корреспонденций на основе данных детектора «вход – выход» подвижного состава городского пассажирского транспорта / О.А. Лебедева. // Вестник ИрГТУ – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – № 2 2012 (61). – С. 66–68.
44. Мартынова Ю.А. Анализ опыта проектирования рациональных маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 2 (21). С. 1–10.
45. Кочегурова Е.А., Мартынова Ю.А. Оптимизация составления маршрутов общественного транспорта при создании автоматизированной системы поддержки принятия решений // Известия Томского политехнического университета. 2013. № 5. Т. 323. – С. 79–84.
46. Геронимус Б.Л., Егорова А.И., Паршиков В.А. Математическая методика определения схемы автобусных маршрутов в городах: в кн. Совершенствование планирования и организации автомобильных перевозок. М.: Транспорт, 1965. – С. 43–79.
47. Паршиков В.А. Определение оптимального размещения расчетной мощности элементов комплекса устройств // Технико-экономические вопросы

развития транспорта: труды конф. молодых специалистов. Кибернетика и транспортные процессы. М. 1963. – С. 7–33.

48. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки. – М.: Транспорт, 1981. – 222 с.

49. Каранян Г.А., Симонян Дж.Р. Итерационный метод оптимизации маршрутной сети городского автомобильного транспорта // Совершенствование технико-эксплуатационных показателей в автомобильном транспорте. Ереван: Айстан, 1974. Вып. 5. – С. 12–15.

50. Яворский В.В. Модели и алгоритмы проектирования маршрутных сетей городского пассажирского транспорта: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.03 / Яворский Владимир Викторович. Томск, 1976. – 193 с.

51. Брейдо Т.Е. Математическое моделирование транспортных сетей и оптимизация параметров их функционирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.03 / Брейдо Т.Е. Горький, 1977. – 248 с.

52. Горшков Т.Ш. Вопросы планирования маршрутных систем пассажирского транспорта в городах, расположенных в сложных топографических условиях (на примере г. Тбилиси): дис. ... канд. техн. наук Горшков Т.Ш. 05.22.02 М., 1981. – 193 с.

53. Ольховский С.Ю. Исследование и разработка методов совершенствования пассажирской транспортной системы город: дис.... канд. техн. наук: 05.22.02. - Москва, 1983. – 293 с.

54. Глик Ф.Г. Методика построения маршрутной системы массового пассажирского транспорта // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы VIII Междунар. (XI Екатеринбургской) науч. практ. конф. Екатеринбург : Издательство АМБ, 2002. – С. 240–247.

55. Доля В.К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах: дис. ... д-ра. техн. наук / Доля Виктор Константинович. М., 1993. – 301 с.

56. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учебное пособие. Изд-во АСВ, М., 2005. – 272 с.

57. Pattnaik S.B., Mohan S., Tom V.M. Urban bus transit route network design using genetic algorithm // Journal of Transportation Engineering. 1998. V. 124 (4). pp. 368–375.

58. Якимов М.Р. Научная методология формирования эффективной транспортной системы крупного города : дисс. д-ра. техн. наук : 05.22.01 / Якимов Михаил Ростиславович. М., 2011. – 46 с.

59. Кочегурова Е.А., Мартынов Я.А., Мартынова Ю.А., Цапко С.Г. Алгоритм муравьиных колоний для задачи проектирования рациональных маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // Вестник СибГУТИ. 2014. № 3. – С. 89–100.

60. Лебедева О.А. Оптимизация маршрутной сети городского общественного транспорта // Вестник АНГТУ. 2018. № 12. – С. 185–188.

61. Kepaptsoglou, K. & Karlaftis, M. Transit route network design problem: review. Journal of Transportation Engineering. 2009.135, 491–505

62. Болоненков Г.В. Организация скоростных автобусных сообщений в городах. – М.: Транспорт, 1987. – 160 с.
63. Yu B., Yang Z. Optimizing bus transit network with parallel ant colony algorithm // *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. – Bangkok, 2005. – V. 5. – pp. 374–389.
64. Nallusamy R., Duaiswamy K., Dhanalaksmi R. Optimization of multiple vehicle routing problems using approximation algorithms // *International Journal of Engineering Science and Technology*. – 2009. – V. 1 (3). – pp. 129–135.
65. Zhongzhen Ya., Bin Yu, Chuntian Ch. Parallel ant colony algorithm for bus network optimization // *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. – 2007. – V. 22. – pp. 44–55.
66. Прохоров, В.Т. & Мальцев, И.М. Оптимизационные методы для решения технологических задач: Монография. Шахты: ЮРГУЭС, 2004. – 441 с.
67. Бакуменко, Л. П. Методика априорного ранжирования факторов качества жизни населения / Бакуменко Людмила Петровна // *Статистика и экономика*, №. 1, 2011, – С.142-149.
68. Бриджмен, П. Анализ размерностей (2-е издание). Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика. 2001. – 148 с.
69. Иванов, М.Г. Размерность и подобие. Долгопрудный. 2013. 68 р.
70. Zhamanbayev, B. & Raimbayev, A & Almakhanova, E & Raimbayev, S & Waldemar W. Two-stage substantiation of placement of public transport stops. *Transport problems*. 2021. Vol. 16. No. 1. pp. 87-97.
71. Bilbao-Ubillos, J., Fernandez-Sainz, A., Heidenreich, N., Sperlich, S. Flexible estimation of transport demand functions: Recommendations for public policy makers. *Transportation Letters*. 2015, 7(5), pp. 241-251. Available from: <https://doi.org/10.1179/1942787514Y.0000000046>
72. Batarce, M., Muñoz, J.C., Ortúzar, J.D.D., Raveau, S., Mojica, C., Ríos, R.A. Use of mixed stated and revealed preference data for crowding valuation on public transport in Santiago, Chile. *Transportation Research Record*. 2015, 2535, pp. 73-78. Available from: <https://doi.org/10.3141/2535-08>
73. Strnad, I., Žura, M. Genetic algorithms application to EVA mode choice model parameters estimation. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. 2011, 5(3), pp. 533-541.
74. Li, X.-H., Huang, L., Li, Q., Liu, H.-C. Passenger satisfaction evaluation of public transportation using Pythagorean fuzzy MULTIMOORA method under large group environment. *Sustainability*. 2020, 12(12) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/su12124996>
75. Kisgyörgy, L., Tóth, J. Fuzzy analysis of comfort along travel chains. *Transport*. 35(2), pp. 203-212. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3846/transport.2020.12634>
76. Easterling, R.G. Fundamentals of statistical experimental design and analysis / Robert G. Easterling, Cedar Crest – New Mexico, USA: John Wiley & Sons, Ltd., 2015. – 272 p.
77. Naumov V., Zhamanbayev B., Agabekova D. Zhanbirov Zh. & Taran I. Fuzzy-Logic Approach to Estimate the Passengers' Preference when Choosing a Bus

Line within the Public Transport System. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina. 2021, 23(3), pp. 150-157.

78. Dorigo M. Optimization, learning and natural algorithms. Ph.D. Thesis, Politecnico di Milano, Milano, 1992.

79. Dorigo M., Stützle T. Ant colony optimization: overview and recent advances // Handbook of metaheuristics. Springer, Cham, 2019. pp. 311-351.

80. Goss S., Aron S., Deneubourg J.-L., Pasteels J.M. Self-organized shortcuts in the Argentine ant // Naturwissenschaften, Vol. 76, No. 12, 1989. pp. 579-581.

81. Котенко И.В., Шоров А.В., Нестерук Ф.Г. Анализ биоинспирированных подходов для защиты компьютерных систем и сетей // Труды СПИИРАН, Т. 3, № 18, 2011. – С. 19-73.

82. Кубил В.Н. Многоколониальный муравьиный алгоритм // Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надёжности, устойчивости и эффективности систем: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина. 2018. – С. 305-311.

83. Кубил В.Н., Мохов В.А. Многоколониальный муравьиный алгоритм с модификациями для решения многокритериальных задач маршрутизации транспорта // Известия высших учебных заведений. Электромеханика, Т. 61, № 6, 2018. – С. 94-109.

84. Глушко С.И. Иерархические нечеткие многоколониальные муравьиные алгоритмы и комплекс программ оптимизации телекоммуникационных сетей нефтетранспортных предприятий: дисс. ... канд. техн. наук, Смоленск, 2013. – 145 с.

85. Middendorf M., Reischle F., Schneck H. Multi colony ant algorithms // Journal of Heuristics, Vol. 8, No. 3, 2002. pp. 305-320.

86. Кочегурова Е.А., Мартынов Я.А., Мартынова Ю.А., Фадеев А.С. Получение матрицы пассажирских корреспонденций на основе данных электронных карт // Системы управления и информационные технологии (Перспективные исследования). - 2013. - №4(54).

87. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972. 552 с.

88. Gendreau M., An exact algorithm for the vehicle routing problem with stochastic demands and customers / M.Gendreau, G.Laporte, R.Séguin // Transportation science, Vol. 29, No. 2, 1995. pp. 143-155.

89. Kubil V.N. Measurement of Objective Functions Influence on Vehicle Routing Problems Solution / V. N. Kubil, D. V. Grinchenkov and V. A. Mokhov // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", 2019, pp. 1-6,

90. Кубил В.Н. Анализ влияния целевых функций на решение многокритериальной задачи маршрутизации транспорта // Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: материалы 19-ой Междунар. молод. науч.-практ. конф. ЮРГПУ (НПИ) М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик. 2018. С. 117-123.

91. Алексеев, В.Е. Нахождения кратчайших путей в графе / В.Е. Алексеев, В.А. Таланов // Графы. Модели вычислений. Структуры данных. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского гос. университета, 2005. – С. 236 – 237.

## ҚОСЫМША А Тараз қаласының маршруттық желісінің негізгі көрсеткіштері

№р /н	Маршруттың номері және аталуы	Арақашық тығы (L <sub>м</sub> ), км	Автобус саны, дана	Рейстер саны	Айналым уақыты, мин	Интервалдар, мин	Ауа линиямен қашықтық (L <sub>о</sub> ), км
1.	№1. Домалақ ана көшесі - Қызыл Жұлдыз ауылы	20	8	3	240	32	11
2.	№4. Түріксіб ауылы - "Ауыл Береке" базары	15	3	1	700	35	7,99
3.	№6. Танты ауылы - "Ауыл Береке" базары	16,9	4	2	300	20	8,28
4.	№7. Ш. Уалиханов көшесі - "Жібек жолы" базары	23	7	3	180	21	7,88
5.	№8 Гипермаркет SmfII – Станция Бұрыл	12,6	9	7	87	13	
6.	№9. Талас ауылы - "Жібек жолы" базары	22	10	5	114	19	12,9
7.	№10. "Жібек жолы" базары - №5 Әлеуметтік қызметтер ұсыну орталығы	12,4	-	-	-	-	7,37
8.	№11. Әуежай - Орталық базар	26	12	15	40	8	11,7
9.	№12. Минералды тыңайтқыштар зауыты - Орталық базар	20,7	11	8	76	14	6,09
10.	№14. ТЗМК - "Ауыл Береке" базары	20,3	10	3	174	29	9,15
11.	№15. ТЗМК - "Жаңа құрлыс" алқабы	30,5	11	8	71	13	10,7
12.	№16. "Қала маңы" ауылы - "Жібек жолы" базары	21,1	14	18	34	8	9,15
13.	№17. ТЗМК – 15 шағын ауданы*	18	3	2	380	19	8,05
14.	№19 Сенкібай көшесі - Ишин көшесі	20,9	14	13	47	11	9,79
15.	№23. "Бәйтерек" шағын ауданы - 15 шағын ауданы*	24,3	8	11	53	7	9,96
16.	№27. Қызыл Шарық ауылы - Балуан Шолақ көшесі	31,7	13	21	28	6	12,9
17.	№28** "15 м/а-Тараз Сити" шағын ауданы - "Ауыл Береке" базары	14,5	3	-	-	-	
18.	№29. ТЗМК - Әскери бөлім	17,6	14	12	51	12	12,1
19.	№30. Автобекет - "Small" гипермаркеті	13	15	15	40	10	8,14
20.	№32. И. Крылов көшесі - №7 Емхана	26	16	15	41	11	9,28
21.	№33. Гродеково ауылы - "Бәйтерек" шағын ауданы	29,6	9	13	47	7	18,7*
22.	№34. "Саяхат99" ЖШС - Орталық базар	20,6	8	5	128	17	10,5
23.	№35. Т.Ж. бекеті - Металлургия зауыты	14,4	1	0	2100	35	10,5
24.	№36. Ағаш қоймасы - "Ауыл Береке" базары	20,7	6	4	140	14	7,03
25.	№38. Орталық базар - "Саяхат99" ЖШС	20,1	10	10	60	10	10,5
26.	№40 "Жансая" шағын ауданы* - Құмды кептіру шаруашылығы*	13,1	11	7	82	15	5,2
27.	№41. "Атакент" базары - "Бурыл" стансасы	22,1	-	-	-	-	8,7
28.	№42. Ақбұлым ауылы - "Ауыл Береке" базары*	20,2	2	1	900	30	8,91
29.	№43. "Жібек жолы" базары - "Ауыл Береке" базары	13,4	7	5	129	15	7,91
30.	№44. "Жібек жолы" базары - "Бурыл" стансасы	17,6	8	3	225	30	8,02
31.	№46. Аю Тропик* - "Атакент" базары	21,1	9	5	120	18	12,8
32.	№47. Орталық базар - Т.Ж. бекеті	12,9	7	5	111	13	8,65
33.	№54. Құмшағал ауылы - "Ауыл Береке" базары	25,7	3	1	700	35	16,1
34.	№55. Шалғай Қарасу – 15 мкр	31,6	8	4	165	22	10,9
35.	№56. "Бәйтерек" шағын ауданы - "Ауыл Береке" базары	15	-	-	-	-46	9,38
36.	№57. "Бәйтерек" шағын ауданы - "Ауыл Береке" базары	23,7	3	1	960	48	9,68
37.	№60. Шөлдала ауылы - Былғары комбинаты	27,6	3	1	1000	50	14,9



## ҚОСЫМША Б Аялдама бойынша жолаушы болжамы

Аялдама	Жолаушы	Аялдама	Жолаушы	Аялдама	Жолаушы	Аялдама	Жолаушы	Аялдама	Жолаушы
1	73	67	1583	137	907	201	511	264	404
2	194	71	836	138	200	202	971	265	726
3	331	74	1711	139	1429	203	565	266	1037
4	310	75	22	140	574	204	278	267	623
5	473	76	102	141	1773	205	244	268	309
6	366	77	585	142	2259	207	441	269	337
7	223	79	38	143	2487	209	501	270	418
8	181	81	967	145	83	210	160	271	733
9	135	82	236	146	487	211	603	272	490
10	343	83	370	147	841	212	473	273	440
11	2125	84	1082	148	463	213	626	274	182
12	456	86	719	149	167	214	208	275	126
13	197	88	0	150	773	215	528	276	166
14	106	90	113	151	282	218	1294	277	188
15	875	91	21	152	376	219	1143	278	81
16	880	93	488	153	190	220	980	279	609
17	1366	94	195	154	142	221	595	280	266
18	501	95	330	155	66	223	275	281	422
19	409	97	397	156	95	224	198	282	1878
20	447	99	305	157	251	225	1301	283	475
21	774	100	131	158	716	226	224	284	726
22	153	101	129	160	729	227	676	285	289
23	662	102	185	161	1072	228	13	286	336
25	578	103	101	162	781	229	69	287	1046
26	266	104	140	163	500	230	173	288	309
27	968	105	465	164	714	231	1545	296	516
28	90	106	75	165	621	232	171	297	285
29	240	107	375	166	1250	233	136	298	324
30	545	108	307	167	1099	234	1177	299	337
31	505	109	616	168	1675	235	100	300	340
32	1194	110	360	170	917	236	1059	301	224
33	1283	111	214	171	521	237	635	302	317
37	170	112	708	172	475	240	839	303	176
38	287	113	423	173	291	241	250	304	561
39	363	114	214	175	834	242	751	305	76
40	1105	115	207	176	1177	243	173	306	286
43	62	116	316	178	967	244	429	307	956
44	124	117	149	181	649	245	443	308	27
45	943	118	154	182	151	246	154	309	59
46	1814	119	140	183	1319	247	21	310	568
47	1217	120	776	184	581	248	37	318	429
51	711	121	219	185	48	249	22	319	398
52	462	122	1992	186	682	250	98	320	415
53	1755	123	718	187	254	251	533	321	193
54	699	124	1230	188	346	252	260	322	690
55	849	125	594	189	950	253	385	323	558
56	865	127	642	190	440	254	350	324	504
57	674	128	113	191	943	255	136	325	217
58	212	129	236	192	543	256	171	326	1039
60	2220	130	323	193	335	257	184	327	378
61	1075	131	1030	194	481	258	568	485	353
62	1410	132	830	195	652	259	972	486	126
63	112	133	1072	197	415	260	458	487	1178
64	20	134	437	198	338	261	1314	488	183
65	188	135	1678	199	396	262	472	489	413
66	1902	136	205	200	216	263	1320	490	884

## ҚОСЫМША В Аралық арасындағы аялдамалар саны

Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны
25-26	19	30-31	5	105-119	3	24-40	2	129-130	1
23-24	18	31-32	5	201-386	3	209-245	2	130-131	1
68-102	17	187-188	5	83-123	3	245-246	2	2-3	1
26-27	16	189-190	5	83-84	3	218-328	2	229-230	1
24-25	16	78-79	5	21-111	3	247-248	2	228-229	1
102-103	16	43-44	5	354-355	3	214-215	2	2-275	1
70-71	15	20-21	5	251-252	3	248-249	2	227-228	1
28-29	15	105-106	5	88-89	3	213-214	2	1-274	1
29-30	15	44-45	5	200-201	3	249-250	2	252-253	1
27-28	15	21-22	5	18-64	3	250-251	2	247-389	1
119-120	14	143-144	5	123-136	3	211-212	2	2-453	1
68-70	14	146-147	5	120-135	3	354-385	2	109-461	1
72-73	13	33-34	5	26-325	3	252-353	2	106-296	1
73-74	13	10-386	5	163-164	3	210-211	2	24-397	1
71-72	12	75-76	5	66-102	3	294-295	2	243-244	1
23-126	12	144-145	5	87-178	3	158-294	2	251-354	1
125-126	11	145-146	5	66-68	3	79-176	2	24-322	1
109-110	11	74-190	5	52-53	3	77-122	2	242-243	1
120-121	11	25-40	5	179-180	3	77-121	2	241-242	1
124-125	11	45-46	5	97-98	3	166-167	2	115-116	1
20-124	11	56-57	4	41-398	3	165-166	2	222-223	1
84-108	10	54-55	4	41-42	3	112-113	2	116-117	1
13-14	10	53-54	4	47-48	3	163-306	2	225-226	1
108-109	10	186-187	4	32-312	3	162-163	2	112-417	1
14-15	9	137-138	4	86-87	3	79-304	2	113-114	1
17-18	9	139-140	4	2-66	3	7-199	2	236-282	1
15-16	9	34-299	4	94-95	3	76-177	2	113-320	1
103-119	9	159-328	4	135-136	3	71-220	2	103-198	1
122-123	9	208-209	4	74-161	3	69-217	2	253-254	1
20-110	9	138-139	4	93-94	3	61-181	2	114-115	1
84-123	9	310-311	4	92-93	3	52-357	2	107-109	1
11-12	8	106-107	4	140-141	3	127-128	2	102-276	1
103-104	8	74-75	4	141-142	3	127-325	2	239-240	1
22-23	8	300-301	4	143-180	3	144-169	2	240-241	1
10-11	8	90-91	4	219-220	3	142-310	2	198-319	1
12-13	8	65-69	4	84-178	3	137-281	2	167-238	1
156-157	8	76-77	4	213-356	3	7-200	2	194-195	1
157-158	8	65-66	4	207-208	3	104-119	2	19-452	1
57-58	8	55-56	4	96-97	3	176-177	2	195-196	1
16-17	8	91-92	4	386-387	2	95-96	2	196-197	1
155-156	7	299-300	4	387-388	2	42-398	2	132-133	1
58-59	7	63-64	4	396-421	2	98-303	2	167-168	1
19-20	6	62-63	4	183-184	2	86-281	2	192-200	1
51-357	6	62-105	4	182-183	2	84-107	2	199-447	1
104-105	6	79-162	3	19-110	2	168-169	2	258-259	1
40-41	6	46-207	3	2-191	2	126-206	1	316-317	1
188-189	6	311-312	3	164-165	2	230-231	1	163-360	1
87-88	6	355-356	3	181-182	2	1-257	1	202-203	1
60-61	6	21-51	3	235-236	2	255-256	1	20-298	1
21-88	6	46-47	3	305-306	2	234-235	1	19-64	1
18-19	6	78-121	3	304-305	2	235-283	1	171-172	1
59-60	6	217-218	3	302-303	2	233-282	1	180-310	1
121-122	6	111-112	3	232-233	2	233-234	1	179-394	1
158-159	6	161-295	3	236-237	2	1-2	1	179-357	1
83-137	6	198-199	3	301-302	2	256-257	1	184-185	1
32-33	6	102-198	3	22-51	2	254-255	1	174-175	1
68-69	6	212-213	3	237-238	2	10-197	1	17-375	1
42-43	6	154-155	3	219-328	2	257-258	1	193-194	1
57-147	5	89-90	3	213-246	2	257-275	1	172-173	1
192-455	1	465-466	1	9-10	1	32-428	1	343-344	1
170-171	1	466-467	1	92-400	1	277-278	1	34-35	1
168-231	1	467-468	1	95-129	1	261-262	1	344-345	1

## ҚОСЫМША В жалғасы. Аралық арасындағы аялдамалар саны

Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны	Аралық	Аялдама р саны
191-192	1	468-469	1	98-99	1	262-263	1	345-346	1
192-193	1	470-471	1	51-179	1	264-265	1	347-348	1
205-206	1	471-472	1	476-477	1	265-266	1	348-349	1
173-174	1	408-409	1	477-478	1	266-267	1	349-350	1
221-222	1	457-458	1	48-221	1	267-268	1	350-351	1
203-204	1	425-426	1	482-483	1	268-269	1	352-353	1
215-247	1	313-314	1	483-484	1	270-271	1	37-38	1
216-248	1	410-411	1	48-381	1	271-272	1	353-385	1
148-149	1	411-412	1	484-485	1	272-273	1	260-261	1
14-456	1	412-413	1	48-49	1	273-274	1	360-361	1
218-219	1	413-414	1	485-486	1	297-298	1	361-362	1
149-150	1	414-415	1	486-487	1	276-277	1	362-363	1
143-310	1	416-287	1	487-488	1	340-341	1	363-364	1
151-152	1	417-418	1	488-489	1	278-279	1	36-37	1
180-419	1	418-419	1	69-259	1	279-280	1	364-365	1
133-473	1	41-88	1	49-50	1	281-393	1	365-366	1
164-281	1	420-421	1	407-408	1	283-284	1	366-367	1
223-224	1	422-423	1	51-227	1	284-285	1	367-368	1
22-373	1	443-444	1	52-140	1	285-286	1	368-369	1
224-225	1	424-425	1	5-314	1	287-289	1	369-370	1
144-374	1	475-476	1	53-144	1	288-289	1	370-371	1
156-293	1	426-427	1	5-315	1	288-290	1	352-385	1
131-132	1	427-428	1	5-6	1	290-291	1		
162-442	1	429-430	1	57-232	1	291-292	1		
208-244	1	430-431	1	58-232	1	292-293	1		
209-210	1	432-433	1	59-148	1	27-424	1		
16-202	1	433-434	1	61-148	1	393-394	1		
160-161	1	43-379	1	64-109	1	339-340	1		
215-216	1	434-435	1	64-462	1	374-395	1		
159-160	1	435-436	1	489-490	1	375-376	1		
204-205	1	436-437	1	325-326	1	376-377	1		
155-323	1	437-438	1	3-4	1	377-378	1		
153-463	1	438-439	1	301-429	1	379-380	1		
212-384	1	42-378	1	310-423	1	381-382	1		
153-293	1	81-82	1	311-420	1	382-383	1		
153-154	1	473-474	1	315-316	1	383-384	1		
152-153	1	69-70	1	99-100	1	38-39	1		
159-270	1	71-74	1	317-318	1	388-432	1		
459-460	1	72-220	1	318-319	1	389-390	1		
474-475	1	74-101	1	320-321	1	372-373	1		
444-445	1	75-161	1	321-322	1	391-392	1		
445-446	1	76-190	1	32-260	1	371-372	1		
447-448	1	77-280	1	323-324	1	395-396	1		
448-449	1	77-78	1	296-297	1	395-421	1		
449-450	1	7-8	1	324-325	1	395-422	1		
4-5	1	78-122	1	293-295	1	400-401	1		
450-451	1	79-175	1	326-327	1	401-402	1		
451-452	1	6-7	1	329-330	1	402-403	1		
453-454	1	80-81	1	330-331	1	403-404	1		
454-455	1	65-217	1	331-332	1	40-397	1		
456-457	1	82-83	1	332-333	1	404-405	1		
442-443	1	84-85	1	333-334	1	40-462	1		
458-459	1	85-86	1	334-335	1	405-406	1		
439-440	1	88-398	1	335-336	1	406-407	1		
460-461	1	8-9	1	336-337	1	390-391	1		
463-464	1	89-128	1	337-338	1	35-36	1		
46-380	1	89-329	1	338-339	1	341-342	1		
464-465	1	90-128	1	409-410	1	342-343	1		

# ҚОСЫМША Г Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін оқу үрдісіне енгізу кесімі

ҒЗЖ (ТҚЖ) нәтижелерін оқу үрдісіне енгізу кесімі	Н 4-1.04-2022 1 баспа 02.02.2022	 DULATY
--	-------------------------------------	---

**БЕКІТЕМІН**  
Зерттеулер және халықаралық  
байланыстар жөніндегі проректор  
Нурмухамбет Д.Ы.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

## Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін оқу үрдісіне ЕНГІЗУ КЕСІМІ «Дулати университеті» КЕ АҚ 2022- 2023 оқу жылы

Осы кесіммен Тараз қаласындағы жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін оңтайландыру тақырыбына зерттеу жұмысының нәтижелері расталады (ҒЗЖ тақырыбының аты (гранттық, шаруашылық келісім-шарттық, іздену-бастамашыл)

Көлік техникасы және технологиялар кафедрасында

Жаманбаев Бауржан Уалихановичтің орындалған жұмыс нәтижелері

6V11311 Автомобиль көлігінде тасымалдауды және басқаруды ұйымдастыру  
мамандығының

Автомобиль көлігімен жолаушылар тасымалын ұйымдастыру пәнінен

Жолаушы көлігінің маршруттық желілерін оңтайландыру әдістерін зерттеу нәтижелері.  
«Жолаушы тасымалдаудың маршруттық технологиясының негіздері» тақырыбындағы  
дәріске енгізілгені расталады.

1. ҒЗЖ (ТҚЖ) нәтижелерінің жаңашылдығы: Халық жылжымалығын жоғарлату мақсатында қалалық жолаушы тасымалдау маршруттық желісін оңтайландыру және жолаушыларды қоғамдамдық көлікі пайдалануды қызықтыру үшін аялдамарадын орналасу жерін негіздеу әдістемесі ұсынылған
2. Оқу-тәжірибелік тексеру 5 семестр 2022-23 оқу жылы
3. Енгізу тиімділігі студенттердің қалалық жолаушы тасымалдауды ұйымдастыру мәселелері бойынша көз қарасы кеңейді және тәжірибеде қолдануға мүмкіндігі жоғарлайды.

ОӘБ бастығы

  
\_\_\_\_\_  
(қолы)

Манапбаев Б.Ж.

ҒЗЖНКО басшысы

  
\_\_\_\_\_  
(қолы)

Қадіров Е.М.

Кафедра меңгерушісі

  
\_\_\_\_\_  
(қолы)

Ибылдаев М.Х.

Автор

  
\_\_\_\_\_  
(қолы)

Жаманбаев Б.У.

**ҚОСЫМША Д Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін  
өндіріске қабылдау туралы енгізу актісі**

**БЕКІТЕМІН**



Жамбыл облысы әкімдігінің  
жолаушылар көлігі және автомобиль  
жолдары басқармасының басшысы  
*Б.О.* **Джанибеков Б.О.**

(қолы)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ ж.

**Тараз қаласының қалалық жолаушылар көлігінің маршруттық  
желілерін оңтайландыру жөніндегі ғылыми-зерттеу жұмыстарының  
нәтижелерін қабылдау туралы  
ЕНГІЗУ АКТІСІ**

**1. Ғылыми-зерттеу немесе ғылыми-техникалық жұмыстардың атауы:** «Тараз қаласындағы жолаушылар көлігінің маршруттық желілерін оңтайландыру»

**2. Қысқаша андатпасы:** Еліміздегі қалалардың көлік жүйелерінің дамуы мен жұмыс істеуінің теориялық-әдістемелік негіздерін жетілдіру және жол желілері бойынша көлік ағындарының үздіксіз және қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз ету, тасымалдаудың барлық түрлерінде көлік шығындарын азайту бүгінгі таңдағы ең өзекті мәселелердің бірі екені айқын. Жұмыстың мақсаты қала тұрғындарының қажеттіліктерін толық, уақтылы және сапалы қанағаттандыру мақсатында қоғамдық жолаушылар көлігі желілерін оңтайландыру болып табылады.

**3. Енгізуден болатын экономикалық, әлеуметтік, экологиялық тиімділік саласы:** Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін Тараз қаласының әкімшілігі қалалық жолаушылар қоғамдық көлігі жүйесін дамыту кезінде енгізді, сонымен қатар Тараз қаласының жолаушылар көлігін дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған бағдарламасын әзірлеу кезінде қолданылды

**4. Жұмысты жүргізген және енгізген уақыты немесе мезгілі:**

Аталған ғылыми-зерттеу жұмыстары 2018-2021 жылдары арасында жүргізілді.

**5. Енгізу нысаны және орындалған жұмыстың ғылыми-практикалық жаңалықтары:** Зерттеудің теориялық және әдіснамалық негізі жүйелік тәсіл мен жүйелік талдау әдістері, шешім қабылдау теориясы болды. Жұмыстың мақсатына сәйкес төмендегі жұмыстар атқарылды:

-қаланың магистральдық базалық жол желісінің құрылымын жетілдіру процесін және бұл ретте туындайтын процестер зерттелеі;

-қалалық көлік жүйесінде тиімді желілерді құрудың негізгі принциптерін қарастырылып, нақты әдістемесі ұсынылды;

-Тараз қаласы бойынша жолаушылар көлігі жүйесінің заманауи талаптарға сәйкес ұйымдастырылған желілерін зерттеліп, жолаушыларды тұрақты тасымалдау тарифтерін қалыптастырудың экономикалық-математикалық моделімен әдістемесі берілді.

**Кәсіпорынның уәкілетті тұлғасының қолымен куәландырылған келесі құжаттардың көшірмелері тіркелген:** Осы мақсатта ұсынылған және авторлық куәлікпен заңдастырылған әдістемелер:

1. «Жолаушылардың қоғамдық көлік желісін таңдау тәсілі», «Өлшемдер теориясы негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі». Авторлық куәлік №27619 берілген уақыты 01.07.2022 ж.

2. «Өлшемдер теориясы негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі». Авторлық куәлік №27847 берілген уақыты 15.07.2022 ж.

3. «Қалалық жолаушыларды тасымалдау тарифтерінің экономикалық-математикалық моделі». Авторлық куәлік №27922 берілген уақыты 21.07.2022 ж.

#### Қолтаңбалар:

1. Ғылыми-зерттеу қызметінің нәтижелерін енгізген кәсіпорын өкілі:

Жамбыл облысы әкімдігінің  
жолаушылар көлігі және автомобиль  
жолдары басқармасының басшысы



(колы)

Джанибеков Б.О.

2. Ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындаушы ұйымының өкілі:

«Логистика және көлік  
Академиясы» АҚ,  
ғылым және ынтымақтастық  
жөніндегі проректоры



(колы)

Балбаев Г.К.

## ҚОСЫМША Е Құмырсқа алгоритміне негізделген маршрутты отайландыру бағдарламасының бастапқы мәтіні

```
tic
clear, clc
% ***** AIALDAMA DEREKTER *****
Aialdama_XY = dlmread('Aialdama_XY.txt'); % Aialdama X, Y
koord?nattary
Aialdama_L = dlmread('Aialdama_L.txt'); % Eki aialdama
arasyndagy qashyqtyq - L
Aialdama_Sany=size(Aialdama_XY,1); % Aialdama sanyn anyqtau
Aralyq_Sany=size(Aialdama_L,1); % Aralyq sanyn anyqtau

% Ayaldama matrisasyn qyru, aralyqtar qashyqtygy boiynsha
Matrix_L (1:Aialdama_Sany,1:Aialdama_Sany)=inf; % Aialdama
matrisasyn 'inf'- o? sheksizdikpen toltyramyz
for i=1:Aralyq_Sany
    Matrix_L (Aialdama_L (i,1), Aialdama_L (i,2))=Aialdama_L (i,3);
    Matrix_L (Aialdama_L (i,2), Aialdama_L (i,1))=Aialdama_L (i,3);
end

MaxIt = 10; % iteras?a sany
alpha = 1; % ?is koef?s?enti
beta = 2;% qashyqtyq koef?s?enti
BasAialdama=[1;4;3;6];
qumyrsqa = 10; % qumyrsqalar sany
Aialdama_Sany=size(XY,1); % Aialdama sanyn anyqtau
Q = 1; % shynarylatyn feromondar sany
ph = 0.01; % bastapqy feromon
getstop = zeros(1); % qala nomirin taga?yndau
DISTant = zeros(qumyrsqa,1); % qumyrsqalardyn bir urpaq
qashyqtygy
val = zeros(1); % yqt?maldyqtyn maks?maldy mfani
q = 0.9; % jaqsy aialdama arasyndagy tepe-tendik
p = 0.1; % janartu koef?s?enti, jergilikti
e = 0.1; % bulanu koef?s?enti (urpaq jady)
Marshruttar=numel(BasAialdama)/2;
JaqsyJol=zeros(Aialdama_Sany,Marshruttar);
BusStop=zeros(Aialdama_Sany,qumyrsqa);

for kollonia=1:Marshruttar
    bestDIST = inf; % en jaqsy bastapqy marshrut
    ROUTEant = zeros(qumyrsqa,Aialdama_Sany); % qumyr-r marshrutynyn
    matrisasy

    tau = ph*(ones(Aialdama_Sany,Aialdama_Sany));
    tau(logical(eye(size(tau)))) = 0;

    Bus_Start=BasAialdama(randi(numel(BasAialdama))) % Bastapqy
    aialdama
        for i = 1:numel(BasAialdama)
            if BasAialdama(i)==Bus_Start
                St=i;
```

```

        end
    end
    BasAialdama(St) = [];
    Bus_End=BasAialdama(randi(numel(BasAialdama))) % Songy aialdama
    for i = 1:numel(BasAialdama)
        if BasAialdama(i)==Bus_End
            En=i;
            end
        end
    end
    BasAialdama(En) = [];

    for k = 1:qumyrsqa % kolonialardyn qumyrsqalary)
        ROUTEant(k,1) = Bus_Start;
        AS=Aialdama_Sany;
        for s = 2:AS
            ir = ROUTEant(k,s-1);
            P = tau(ir,:).^alpha .* returndist(ir,:).^beta;
            P(ROUTEant(k,1:s-1)) = 0;
            RANDONE = rand;
            if sum(P) ~= 0
                P = P ./ sum(P);
                % k-qumyrsqanyn kelesi aialdama yqtimaldyqpen tabu
                getstop = find(cumsum(P) >= RANDONE, 1, 'first');
                ROUTEant(k,s) = getstop;
            else
                ROUTEant(k,:)=0; % songy aldamaga jol joq,
                break % for s-ti aiaqtau
            end
            if getstop==Bus_End
                AS=s; BusStop=s;
                break % for s-ti aiaqtau
            end
        end
        ROUTE = [ROUTEant(k,1:end)];
        if sum(ROUTE) ~= 0
    S = 0;
    % k-qumyrsqa jolyn taby
    for i = 1:BusStop-1
        S = S + Matrix_L(ROUTE(i),ROUTE(i+1));
    end
        DISTant(k) = S; % k-qumyrsqa joly

    % en jaqsy marshrut pen jol tabamys
    if DISTant(k) < bestDIST
        bestDIST = DISTant(k);
        bestROUTE = ROUTEant(k,[1:end]);
        BS=BusStop;
    end

    % feromonnyyn janaruy, ar qumyrsqadan keyin
    for tL = 1:BusStop-1
        xL = ROUTE(tL);

```



```

        yL = ROUTE(tL+1);

        % jana feromondy esepteimiz
        tau(xL,yL) = (1-p)*tau(xL,yL) + p*ph;
        tau(yL,xL) = (1-p)*tau(yL,xL) + p*ph;
    end
        end
    end

% -----JAHANDYQ JANARTU-----
% -----FEROMONDARDYN SANYN OZGERTEMIZ-----
% Eski joldyn feromondaryn bulandyramyz e-bulanu koef?s?enti
tau(tau < 1.5000000000000000e-100) = 1.5000000000000000e-100;
% Ar qala shin
for t = 1:BS-1
    xG = bestROUTE(t);
    yG = bestROUTE(t+1);
    % jana feromondy esepteimiz
    tau(xG,yG) = tau(xG,yG) + e*(Q/bestDIST);
    tau(yG,xG) = tau(yG,xG) + e*(Q/bestDIST);
end

JaqsyJol(:,kollonia)=bestROUTE(:)
bestROUTE(bestROUTE==0)=[]; % matrisadan 0-di alyp tastau
JaqsyQashyqtyq(kollonia)=bestDIST

% grafikti quru
stopOP(:,[1,2]) = XY(bestROUTE(:),[1,2]);

plot([stopOP(:,1)],[stopOP(:,2)], '-','LineWidth',1)
hold on % aldyngy graf?ktin ustine shenberlermen barlyq
aialdamalardy saly
bestROUTE(:)=0; % ;jaqsy joldardy 0-men janarty
end
plot(XY(:,1),XY(:,2),
'ob','markersize',20,'markerfacecolor','y');
n = 1:numel(XY(:,1));

% koordinata boinsha aialdama nomerlerin qoiu
for i = 1:numel(XY(:,1))
    text(XY(i,1),XY(i,2),num2str(n(i)), 'FontSize',10,...
        'HorizontalAlignment','center');
end

grid on
xlabel('\itx} (shygys boilyq)')
ylabel('\ity} (soltustik endik)')
title('A?aldamalar arasyndagy onta?ly bagyttar (marshruttar)')

clearvars
toc

```