

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу
университеті" коммерциялық емес акционерлік қоғамы

М. Тынышбаев атындағы көлік инженериясы және логистика мектебі
«Логистика» білім беру бағдарламасының бағыты

Сағатдинова Амангул Калниязкизи

Алматы қаласындағы метрополитеннің жұмысын жақсарту

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B11301 – Көлік қызметтері

Алматы 2025

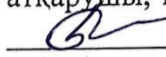
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

М. Тынышбаев атындағы көлік инженериясы және логистика мектебі

«Логистика» білім беру бағдарламасының бағыты

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Логистика» білім беру
бағдарламасының
басшысының міндетін
атқарушы, т.ғ.к., доцент
 Бектилезов А.Ю.
« 4 » 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Алматы қаласындағы метрополитеннің жұмысын жақсарту

6B11301 - Көлік қызметтері

Орындаған

Сагатдинова Амангул Калниязкизи

Рецензент

Ғылыми жетекші

т.ғ.к., аға оқытушы,

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,
«Бизнес-технологиялар» кафедрасы



Ахметкалиева С. К.

Муханова Г. С.

« 25 » 08 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

М. Тынышбаев атындағы көлік инженериясы және логистика мектебі

«Логистика» білім беру бағдарламасының бағыты

6B11301 - Көлік қызметтері

БЕКІТЕМІН

«Логистика» білім беру
бағдарламасының

басшысы, т.ғ.к., доцент

 Муханова Г.С.
2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Сагатдинова Амангул Калниязкизи

Тақырыбы: Алматы қаласындағы метрополитеннің жұмысын жақсарту

*Басқарма мүшесі – академиялық мәселелер жөніндегі проректор Р. К. Ускенбаеваның
29.01.2025 ж. № 26-Ө / Ө бұйрығымен бекітілген*

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «26» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы деректері: Алматы қаласының метрополитеннің
жұмысын жақсартуға әдістер

Дипломдық жобада әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) Алматы қаласы және Доха қаласының метро жүйесін салыстыру

б) Байқоңыр метро бекетін AnyLogic бағдарламасында имитациялық модельдеу

в) Алматы қаласының метро жүйесін жақсартуға Зәдіс түрін талдау

Графикалық материалдар тізімі: 30 сурет және 2 кестеде көрсетілген.

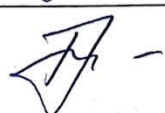
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Кульбаев М. Н. Строительство первой очереди метрополитена в г. Алматы, 2006

2 First Doha Metro trains arrive in Qatar [Электрондық ресурс] // The Peninsula Qatar. —
20.08.2017. — URL: <https://thepeninsulaqatar.com/article/20/08/2017/First-Doha-Metro-trains-arrive-in-Qatar>

3 Алматиналық метрополитен. Ережелердің жалпы тізімі [Электронды
ресурс] // Ресми сайт Алматиналық метрополитен. — URL:
<http://metroalmaty.kz/>

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Алматы қаласы және Доха қаласының метрополитеннің жұмысына шолу	11.02.2025 ж.	
Anylogic бағдарламасында Байқоңыр метро бекетінің имитациялық моделі	25.03.2025 ж.	
Алматы қаласы және Доха қаласының метрополитен желісін AnyLogic бағдарламасында салыстырмалы түрде имитациялық моделін жасау	07.04.2025 ж.	

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

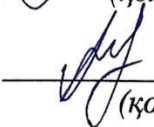
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, (ғылыми атағы)	Т.А.Ә. дәрежесі,	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылаушы	Болатқызы С.,	э.ғ.к.,		
	қауымдастырылған профессор			

Ғылыми жетекші


(қолы)

Муханова Г. С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды


(қолы)

Сағатдинова А. К.

Күні

«03» 02 2025 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы – «Алматы метрополитенінің жұмысын жақсарту».

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласының метрополитенің жұмысын жақсарту үшін Доха қаласының метрополитенінің жұмыс жасау жүйесін салыстырмалы түрде қолдану арқылы, AnyLogic бағдарламасында имитациялық модельдермен жаңа әдістер жасақталды.

Дипломдық жұмыстың құрылымы үш бөлімнен тұрады, олар: Кіріспе, негізгі бөлім және қорытынды, қосымша пайдаланылған әдебиеттер кіреді. Жалпы жұмыс көлемі 46 бетті құрайды және жұмыста екі кесте, отыз сурет бар.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы – «Улучшение работы Алматинского метрополитена».

В данной дипломной работе с целью улучшения работы метрополитена города Алматы были разработаны новые методы с использованием имитационных моделей в программе AnyLogic, основанные на сравнительном анализе с системой работы метрополитена города Доха.

Структура дипломной работы состоит из трёх разделов: введение, основная часть и заключение, а также приложения и список использованных источников. Общий объём работы составляет 46 страницу, включает две таблицы и тридцать иллюстраций.

ANNOTATION

The topic of this diploma thesis is «Improving the Operation of the Almaty Metro».

In this thesis, new methods were developed using simulation models in the AnyLogic software to improve the operation of the Almaty Metro, based on a comparative analysis with the operational system of the Doha Metro.

The structure of the thesis consists of three main sections: Introduction, Main Part, and Conclusion, as well as appendices and a list of references. The total length of the work is 46 pages and includes two tables and thirty figures.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	7
1 АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ЖӘНЕ ДОХА ҚАЛАСЫНЫҢ МЕТРОПОЛИТЕНДЕРІНЕ ЖАЛПЫЛАМА СИПАТТАМАЛАР	8
1.1 Алматы метрополитенің жұмысына шолу	8
1.2 Алматы метрополитенің жаңа желілерін салудағы алдағы жоспарлар.....	12
1.3 Доха қаласындағы метрополитенің құрлымы.....	13
2 МЕТРО БЕКЕТІҢ ANYLOGIC БАҒДАРЛАМАСЫНДА ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЫН ҚҰРУ	19
2.1 Байқоңыр метро бекетінің жолаушылар ағыны.....	19
2.2 AnyLogic бағдарламасында Байқоңыр метро бекетінің имитациялық моделын құру қадамдары.....	21
2.3 Имитациялық модельдің зерттеу нәтижесінде алынған нәтижелер	27
3 МЕТРОПОЛИТЕН ЖҰМЫСЫН ЖАҚСARTУҒА ӘДІСТЕР ҚОЛДАНУ	30
3.1 Алматы қаласының және Доха қаласының метрополитендерінің имитациялық моделі және салыстыру	30
3.2 Алматы метрополитенде жолаушылар ағының азайту үшін зерттеу әдістері.....	37
3.3 Зерттеу нәтижелерінен алынған қортынды және метрополитен жұмысын жақсартудағы оңтайлы әдіс.....	41
ҚОРЫТЫНДЫ.....	44
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	45

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта ірі мегополистерде урбанизация қарқынды түрде жүріп жатыр, халық санының артуы көлік инфрақұрлымының жұмысына сұраныс түсіреді. Сұраныстарға байланысты қоғамдық көліктің қызмет көрсету сапасының тиімділігін арттыру, жолаушылардың қауіпсіз тасымалдануы басты мәселелердің бірі болып табылады. Метрополитен жүйесі – жолаушылар ағының жедел және үздіксіз тасымалдауға мүмкіндік беретін жер асты орналасқан кешенлі көлік инженериялық жүйе ретінде қала көлігіндегі кептелістерді азайтуға маңызды үлес қосады.

Қазақстандағы жалғыз метрополитен жүйесі Алматы қаласында орналасқан. А желісінің жалпы ұзындығы 13,4 км, барлығы 11 бекет қамтиды. Сарыарқа және Бауыржан Момышұлы бекеттерінің іске қосылуының нәтижесінде жолаушылар саны артып тәулігіне 105 мыңға жетті. Жолаушылар санының артуы метрополитен жұмысының жолаушыларды өткізу қабілетінің артыру керек екенін көрсетеді.

Халықарарлық тәжірбиені қолдану үшін Катар мемлекетінің Доха қаласында орналасқан метрополитен жүйесі қолданылды. Доха метрополитен жүйесі 3 желіден және жалпы ұзындығы 76 км қамтиды. Ондағы үш желінің ішіндегі Алтын желісі Алматы қаласының метрополитен жүйесіне ұқсас болды. Желінің ұзынды, бекеттер саны және бір тәулікте метрополитен қолданатын жолаушылар ағыны да ұқсас.

Бұл дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты – Алматы қаласының метрополитенінің жолаушылар ағының Anylogic бағдарламасында имитациялық модельін жасау арқылы қызмет көрсету сапасын артытыруға бағытталған жаңа ұсыныстарды жасау болып табылады.

Зерттеу гипотезасына сәйкес міндеттер ретінде қойылды:

1. Алматы қаласы және Доха қаласы метро желілерінің сипаттау, қызмет көрсету көрсеткіштерінің және инфрақұрлым ерекшеліктерінің анықтау.
2. Байқоңыр бекетінің жұмыс күндері және демалыс күндерде болатын жолаушылар ағының Anylogic бағдарламасында имитациялық модельдеу, бекеттегі негізгі шоғырландыру нүктелерін, қызмет көрсету сапасын анықтау.
3. Доха метрополитенінің Алтын желісінің аралық интервал және жылдамдық көрсеткіштерінің салыстырып, Алматы метрополитеніне қолдануға болатын әдістерді қарастыру.

Имитациялық модельдеу нәтижелері бойынша салыстырмалы түрде талдау, статистикалық есептеулер және инженерлік – экономикалық негіздерді сүйене отырып жаңа әдістер жасау қолданылды. Дипломдық жоба Алматы қаласының метро желісін модельдеу арқылы қоғамдық көліктегі қызмет көрсету сапасын арттыруға бағытталған тәжірбиелік мәні бар әдістер кешені қалыптастырылды.

1 АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ЖӘНЕ ДОХА ҚАЛАСЫНЫҢ МЕТРОПОЛИТЕНДЕРІНЕМ ЖАЛПЫЛАМА СИПАТТАМАЛАР

1.1 Алматы метрополитенің жұмысына шолу

Алматы метрополитені – Алматы қаласындағы қалалық көшеден тыс электірлік жүйемен қамтамасыз етілген жер асты темір жол жүйесі. Қазақстандағы жалғыз және бірінші метрополитен болып саналады. Метрополитенің жұмыс уақытты: 6:00 - 00:00 ге дейін. А желісінің пайдалануға берілген жолының ұзындығы 13,4 км құрайды. Қазіргі таңда метрополитен 11 бекеттен тұрады. Оның ішінде 6 бекет жер бетінен терең орналасқан болып саналады. А желісінің бастауы Райымбек даңғылынан оңтүстік бағытта Назарбаев даңғылымен Абай көшесімен жалғаса отырып одан әрі батыс бағытта Момышұлы көшесімен өтеді. Желіде 4 вагоннан тұратын 15 пойыз жүреді. Пойыздар арасындағы интервал демалыс күндері 12 минутты, жұмыс күндері 10 минутты, ал қарбалас уақытта 8 минутты құрайды. Жылжымалы құрамның жүру жылдамдығы: 40 км/сағ . Максималды жылдамдық 60 км/сағ құрайды. Жылжымалы құрамда Оңтүстік Кореялық заманауи жабдықтармен қамтамасыз етілген Hyundai Rotem компаниясының пойыздары қолданылады (1-сурет).



Сурет 1 – Алматы метросының ішкі көрінісі
Ескерту – [7] дереккөзінен алынды

Алматы метрополитенің қазіргі таңда жұмыс жасап тұрған бекеттері (2-сурет):

– «Райымбек батыр» бекеті.

Бекеттің платформа бөлімінің аумағы ені бойынша 10 метр, ұзындығы 104 метр құрайды. Бұл бекет басқа бекеттермен салыстырғанда терең орналасқан болып саналмайды. Назарбаев даңғылы мен Райымбек батыр қиылысында орналасқан.

– «Жібек жолы» бекеті.

Бекет Панфилов пен Гоголь көшелерінің қиылысында орналасқан. Бекеттің платформа бөлімінің аумағы ені бойынша 10 метр, ұзындығы 104 метр құрайды. Терең деңгейлі бекет болып саналады. Тереңдігі 30 метр. Үш залдан құралған. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 28,5 метр, ұзындығы 57 метр болып табылады.

– «Алмалы» бекеті.

Қарасай батыр мен Панфилов көшелерінің бойында орналасқан. Бекеттің платформа бөлімінің аумағы ені бойынша 19,8 метр, ұзындығы 104 метр құрайды. Терең деңгейлі бекет болып саналады. Тереңдігі 30 метр, 3 залдан құралған. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 29 метр, ұзындығы 58 метр.

– «Абай» бекеті.

Назарбаев даңғылы мен Абай даңғылының қиылысында орналасқан. Бүкіл метро бекеттерінің ішінде ең терең орналасқан, тереңдігі 70 метр. Бекеттің платформа бөлімінің аумағы ені бойынша 15,2 метр, ұзындығы 104 метр құрайды. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 46 метр, ұзындығы 92 метр.

– «Байқоңыр» бекеті.

Абай даңғылы мен Байтұрсынов көшесінің бойында орналасқан. Бекеттің платформа бөлімінің аумағы ені бойынша 15,2 метр, ұзындығы 104 метр құрайды. Тереңдігі шамамен 20 метр болып есептеледі. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 20 метр және оның ұзындығы 40 метрді құрайды.

– «Мұхтар Әуезов» атындағы драма театр бекеті.

Абай даңғылымен көше қиылысында орналасқан. Бекеттің тереңдігі 30 метр, платформа бөлімінің аумағы ені бойынша 15,2 метр, ұзындығы 104 метр құрайды. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 27 метр және ұзындығы 54 метр.

– «Алатау» бекеті.

Жарокова мен Гагарин көшелерінің даңғылында орналасқан. Пойызға отыру алаңында бір біріне қарамақарсы екі платформа орналасқан. Олардың әр қайсысының ені 5,4 метр, ұзындығы 104 метрді құрайды.

– «Сайран» бекеті.

Абай даңғылының бойында орналасқан. Бекеттің тереңдігі 16 метр. Пойызға отырғызу алаңындағы платформаның ені 15,2 метр, ұзындығы 110,3 метрді құрайды. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 6,8 метр мен 8,3 метр аралығында.

– «Мәскеу» бекеті.

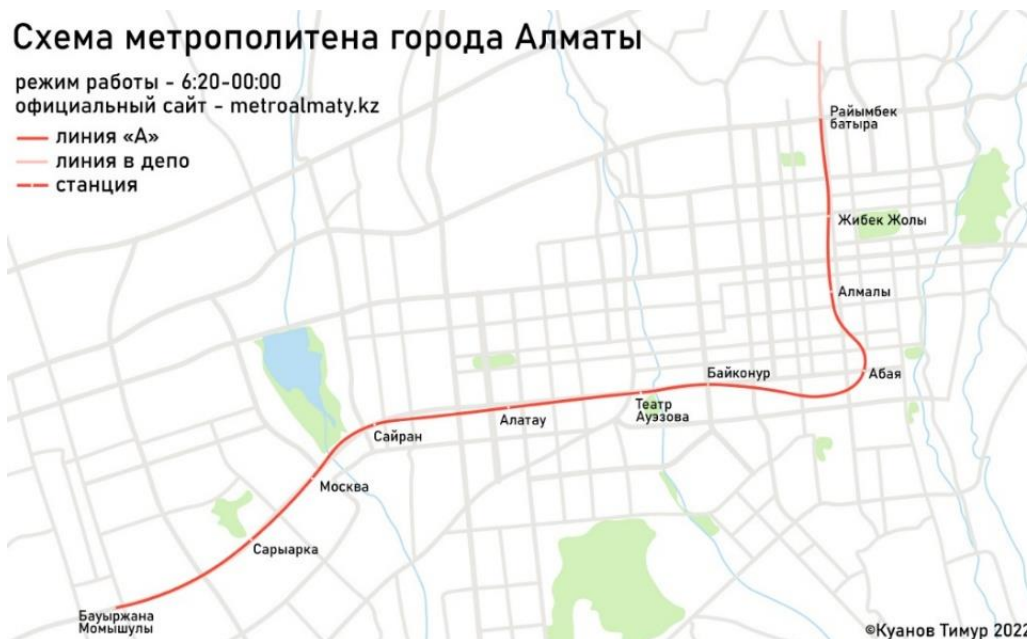
Абай даңғылының бойында орналасқан. Бекеттің тереңдігі 20 метр. Пойыздарға отырғызу алаңындағы платформаның ені 15,2 метр, ұзындығы 110,3 метрді құрайды. Эскалатормен төмен түсу тереңдігі 6,8 метр мен 8,3 метр аралығында.

– «Сарыарқа» бекеті.

Алтынсарин даңғылы мен Саина көшесінің қиылысында орналасқан. Терең деңгейлі бекет тереңдігі 33 метр. Пойыздарға отырғу аланындағы платформаның ені 15 метр, ұзындығы 120 метрды құрайды.

– «Бауыржан Момышұлы» бекеті.

Абай даңғылымен Момышұлы көшесінің қиылысында орналасқан. Терең деңгейлі бекет болып саналмайды. Пойыздарға отырғызу аланындағы платформаның ұзындығы 108 метр, ені 13,2 метрды құрайды.



Сурет 2 – А желісінің бойында орналасқан бекеттер

Ескерту – [8] дереккөзінен алынған

Алматы метрополитені жолаушылар санының жылдар бойы өсуі қаладағы қоғамдық көлікке деген сұраныстың артуын көрсетеді.

2023 жылы метро қызметін 24,2 миллион жолаушы пайдаланған, бұл көрсеткіш 2022 жылмен салыстырғанда айтарлықтай өсім болып табылады.

2022 жылдың мамыр айында «Сарыарқа» және «Бауыржан Момышұлы» станцияларының іске қосылуы нәтижесінде жолаушылар ағыны 40 %-ға артты. Бұл станциялар ашылғаннан кейін, мамыр айында 1062566 жолаушы тасымалданса, маусым айында бұл көрсеткіш 1496618 жолаушыға жетті.

2024 жылдың қыркүйек айында жолаушылар саны тағы да 61 %-ға өсіп, тәулігіне шамамен 105 мың жолаушыға қызмет көрсетілді. Жолаушылар санының өсу динамикасын төмендегі диаграммадан көруге болады (3-сурет).



Сурет 3 – Алматы метросының жолаушылар ағыны

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Бұл деректер Алматы метрополитенінің жолаушылар санының тұрақты өсуін және қалатұрғындарының метро қызметіне деген сұранысының артуын көрсетеді. Жылжымалы құрам 60 вагонмен жабдықталған. Ол 15 пойызды құрайды. Жылжымалы құрамға ТК-1 Райымбек батыр депосы қызмет көрсетеді. Ол бекеттің солтүстік бөлігінде салынған, 2011 жылы пайдалануға берілген. Қызмет көрсету орнының жолының ұзындығы 0,29 км құрайды. Бұл жерде пойыздарға және олардың салондарына және тунельдерге сервистік қызмет көрсетеді (4-сурет).



Сурет 4 – Пойыздарға қызмет көрсету орны

Ескерту – [7] дереккөзінен алынған

Hyundai Rotem – метрополитенің А желісі үшін арнайы жабдықталған Оңтүстік Кореялық компаниямен жасалған электр метро вагондар жүйесі. Вагондардың тұрақты ток кернеуі 750В болатын бүйірлік түйіспе рельсмен электрленген. Алматы метросында ALS-ARS орнына автоматты жүргізуді қолдайтын Communications Based Train Control қауіпсіздік жүйесі қолданылады.

1.2 Алматы метрополитенің жаңа желілерін салудағы алдағы жоспарлар

Бірінші желінің батыс бағыты 2011 жылдың 25 наурызында салына бастады. Бұл желі екі секцияға бөлінген 3 бекеттен тұрады.

Сарыарқа және Бауыржан Момышұлы – 3,1 км құрайды. 2022 жылдың 30 мамырында қолданысқа берілді.

Қалқаман – ұзындығы 2,5 км болады. Бұл бекеттің құрылысының аяқталуы 2026 жылға жоспарланған.

2024 жылдың 25 қаңтарында Президент Қасым – Жомарт Тоқаевпен кездесуде Алматы көлік жүйесінің дамыту жоспараланды. Оның ішінде метрополитенің 3 жаңа желілерінің жоспар бойынша сызбасын таныстырып өткен болатын (5-сурет).



1

Сурет 5 – 2030 жылға жоспарланған Алматы қаласының жаңа метро жүйелерінің схемасы

Ескерту – [8] дереккөзінен алынған

Шығыс бағытқа бағдарланған екінші желіні салу жоспары. Бұл метро желісі жер асты болады. Екінші желі қазіргі Жібек жолы бекетінен басталады. Ары қарай Гоголь көшесінің бойымен жүре отырып Құлжын трактіне өтіп, әуежайға дейінгі аралықты қамтиды. Бұл желінің станциялары келесі мекенжайларда орналасады:

- №1 – Жібек жолы стансасының қасында, Назарбаев даңғылының шығысында, бірінші желіге көшіру хабын ұйымдастырумен;
- №2 – Орталық мәдениет және демалыс саябағы ауданында;
- №3 – Құмай көшесінің ВОАД қиылысында;

- №4 – «Халық Арена» спорт кешенінің жанында;
- №5 – «Жетісу» базарына қарама-қарсы «Шығыс» көлік торабы аумағында;
- №6 – «Апорт-2» сауда орталығы мен автосалонның қасында;
- №7 – Нұршашқан шағын ауданы аумағында;
- №8 – әуежай маңында;
- электр депосы – №7 станцияның солтүстігі.

Екінші желінің жоспар бойынша ұзындығы 14 км құрайды.

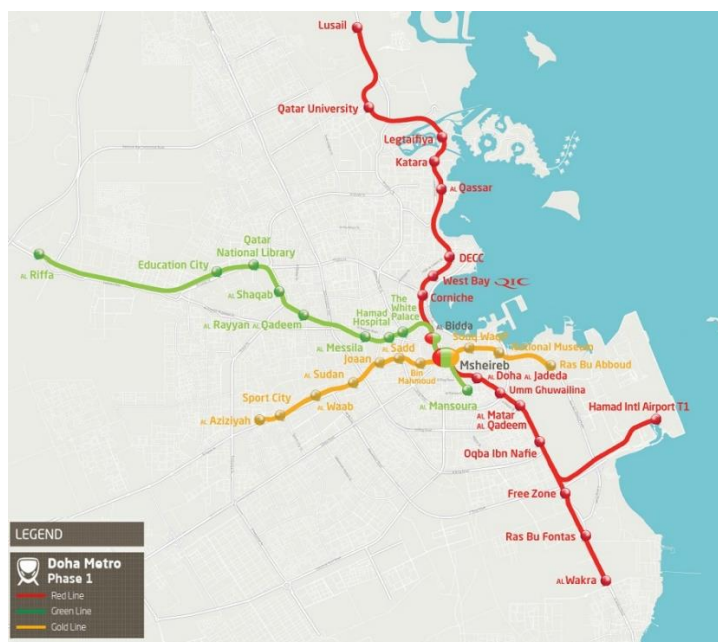
Қазіргі таңда жобаның техникалық негізін әзірлеуде конкурс жарияланды. Техникалық негіздеме 2025 жылдың қыркүйек айында аяқталуы тиіс. Осы арқылы Шығыс бағыттағы екінші желінің құрылысы 2027 жылы басталады.

Солтүстік бағыттағы үшінші метро желісінің салу жоспары. Үшінші желінің жолы Сайран бекетінен басталады. Сайран бекетінен солтүстік бағытта Брусиловский көшесімен, одан әрі Солтүстік айналма тас жолымен шығыс бағыттағы Айнабұлақ шағын аудандары арқылы Хмельницкий көшесіне дейін жетеді деп жоспарланған. Бұл желінің ұзынды 16,4 км болады. Бұл желілерді әзірлер мерзімі 2030 жылға дейін бекітілген.

Жерүсті метро жүйесінің салу жоспары. Жерүсті метро бұл қазіргі таңда салынуы бітпеген Астана қаласындағы ЛРТ жүйесіне ұқсас болады. Жоспарланған жерүсті метро өзінің бастауын солтүстік аудандағы Алматы-2 темір жол вокзалынан бастайды. Вокзал жанындағы Сүйенбай көшесінің бойымен жүре отырып Алматы-1 темір жол вокзалының жанынан аяқтайды. Жалпы желінің ұзынды 8,5 км болады деп жоспарланған. Қазіргі таңба жерүсті метро желісінің бойында болатын бекеттер атауы және олардың саны белгісіз. Құрылысты толығымен жобалау барысында бекеттер жайлы ақпарат анық болатын болады.

1.3 Доха қаласындағы метрополитенің құрылымы

Доха метросы (араб.: مترو الدوحة, латынша: Mitru ad-Dawha) – Катар мемлекетінің астанасы Доха қаласында орналасқан, жер асты жолаушылар тастамлдау жүйесі. 2019 жылдың 8 мамырынан бастап өз жұмысын бастады. Метро желісінің жалпы ұзындығы 76 км болатын 3 желіден және 37 бекеттен тұрады (6-сурет). Доха метросы Парсы шығанағы елдерімен байланысытратын жолаушылар мен жүктерге арналған темір жол жүйесі Qatar Rail ажырамас бөлігі. Бұл метро әлемдегі ең жылдам жүргізушісіз пойыздары бар метро желісіне жатад. Оның жылдамдығы 100 км/сағ дейін жетеді.



Сурет 6 – Доха қаласының метро жүйесі

Ескерту – [10] дереккөзінен алынған

Доха метросын 20 жыл бойы Qatar Rail жүйесінің иесі атынан Hamad Group (51%) мен француздық транзиттік операторлар Keolis және RATP Dev (49%) арасындағы бірлескен кәсіпорын RKN Qitarat басқарады және оған қызмет көрсетеді.

Доха метросы 2019 жылдан 2020 жылға дейін кезең- кезеңімен ашылған 3 желіден тұрады. Қызыл, Жасыл және Алтын желілері бар. 3 желінің біругі бекеті Мшейраб.



Сурет 7 – Қызыл метро жүйесінің картасы

Ескертпе – [10] дереккөзінен алынған

Қызыл метро желісі. Қызыл метро желісі ең бірінші ашылған желі. 2019 жылы 8 мамырда қолданысқа берілді. Желінің жалпы ұзындығы 40 км құрайды және 18 бекеттен тұрады (7-сурет).

Солтүстік бағыттағы жер асты Қызыл желісі.

Бұл бағыттың бастауы Мшейреб бекетінен солтүстік бағытта Ал Хорға дейін созылады. Бұл бағыт бойынша Доха гольф клубына дейін 7 бекет бар, осы бекеттер арқасында Аль Хорға дейін баруға мүмкіндік береді. Жобалау мен салу мердігері ретінде Оңтүстік Кореяның SK Engineering & Construction және Galfar Al Misnad компаниялары Salini Imperegilo басқаратын бірлескен компания таңдалған.

Солтүстік бағыттағы жер үсті Қызыл желісінің жобасына және оның құрылысына Оңтүстік Кореялық және Италияндық компаниялар таңдалған. Lotte Engineering & Construction, Rizzani de Eccher және Redco компанияларнан тұратын бірлескен кәсіп орын болып жұмыс атқарды.

Оңтүстік бағыттағы жер асты Қызыл желісі.

Бұл бағыттың бастауы Мшейреб бекетінен оңтүстікке қарай Месаид бекетіне дейін жалғасады. Желінің бойында 6 бекет орналасқан. Бағытты салу бойынша мердігерлер: Катарлық Диар Винчи Констракшн (QDVC), GS Engineering & Construction және Al Darwish Engineering компаниялары.

Қызыл желінің бойында орналасқан барлық 18 бекеттің атауы.

Қызыл метро желісін Жағалау желісі депте атайды.

Лусаил, Вест-Бэй, Мшейреб, Хамад халықаралық әуежайы және Аль-Вакрах қалаларын байланыстыратын Солтүстік-Оңтүстік желісі.

- Lusail QNB.
- Катар университеті.
- Лектафия.
- Қатара мәдени қалашығы.
- Әл-Касар.
- DEKK.
- West Bay Qatar Energy.
- Корниш.
- Әл Бидда.
- Мшейреб.
- Аль-Доха Әл-Джадеда.
- Умм Гувайлина.
- Әл-Матар әл-Қадим.
- Окба Ибн Нафи.
- Хамад халықаралық әуежайы, 1-терминал.
- Еркін аймақ.
- Рас Бу Фонтас.
- Әл-Уакра.

Жасыл метро желісі. Жасыл метро желісі 2019 жылдың 10 желтоқсанында қолданысқа берілген. Желінің жалпы ұзындығы 22 км құрайды және 11 бекеті қамтиды (8-сурет).



Сурет 8 – Жасыл метро жүйесінің картасы.

Ескертпе – [10] дереккөзінен алынған

Бұл желіде басқа метро желілері секілді жер үсті және жер асты жолдарын қамтыған. Мшейребтен қаланың батыс бөлігіндегі Ал Риффаға дейінгі аралықты алады. Жерасты жолының жобасы бойынша D&B келісімшарты PORR Bau (UG жетекші серіктесі), QD-Saudi Bin Laden Group (жер үстіндегі жетекші серіктес) және Хамад Бин Халид Контрактинг басқаратын бірлескен кәсіпорынға берілді.

Жасыл метро желісі екінші атауы білім беру желісі бойынды орналасқан барлық 11 бекеттің атауы.

Жасыл желі Білім қаласын Доханың орталығын байланыстыратын Аль-Райян жолымен жүреді. Ол сондай-ақ Умм Салал мен Оңтүстік өнеркәсіп аймағын байланыстырады.

- Әл-Риффа.
- Білім қаласы.
- Катар Ұлттық кітапханасы.
- Әл Шақаб.
- Ар-Райян әл-Қадим.
- Аль Мессила.
- Хамад медициналық қаласы.
- Ақ сарай.
- Әл Бидда.
- Мшейреб.
- Әл-Мансура.

Алтын метро желісі. Бұл желі 2019 жылдың 21 қарашасынан бастап қолданысқа берілді (9-сурет). Ұзындығы бойынша салыстырмалы түрде қысқасы болып есептелінеді. Жалпы ұзындық 14 км құрайды және 11 бекет орналасқан.



Сурет 9 – Алтын метро желісінің картасы.

Ескертпе – [10] дереккөзінен алынған

Алтын желі: Алтын 9 жерасты станциясын қосады. D&B мердігері Грецияның Ellaktor жетекшілік ететін ALYSJ БК болып табылады, оның құрамына Larsen and Toubro (Үндістан), Ұары Merkezi (Түркия), STFA Group (Түркия) және Al Jaber Engineering (Катар) кіреді.

Алтын желі (тарихи сызық) бойындағы барлық 11 бекеттің атауы.

Алтын метро желісі шығыстан батысқа қарай созылып, Мшейреб арқылы Аль-Вааб көшесімен, Аль-Райян оңтүстік көшесімен және Салва жолымен қаланы байланыстырады.

- Рас-Бу-Аббуд (бұрынғы солтүстік әуежай қаласы).
- Катар Ұлттық мұражайы.
- Аль-Сук.
- Мшейреб.
- Бин Махмуд.
- Аль Садд.
- Джоан.
- Әл-Судан.
- Al Waab QLM.
- Спорт қаласы.
- Әл-Азизия.

Жылжымалы құрам. Метро желісінде барлығы 3 вагоннан тұратын 75 пойыз қызмет көрсетеді. Пойыздар жапондық Mitsubishi Corporation мен Kinki Sharyo компанияларымен бірлесіп жасалған (10-сурет).

Mitsubishi Heavy Industries компаниясы рельстерді және электрмен жабдықтауды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар жобаның жалпы басқаруы мен жүйеерің біріктіуде жауапты болып саналады.



Сурет 10 – Жүргісушісіз басқарылатын Доха метросының пойыздары.
Ескертпе – [15] дереккөзінен алынған

Телекоммуникация және қауіпсіздік жүйесі

Франциялық Thales компаниясы пойыздардың басқару сигнализациясын, телекоммуникацияларды және қауіпсіздік жүйелерің жұмыстарын басқаруға көмектеседі.

IT инфрақұрылымы. Компьютерлер, желілік инфрақұрылым және басқа да тиісті жабдықты IBM, Lenovo, Hewlett-Packard, Siemens және Cisco Systems қамтамасыз етті. Қауіпсіздік шаралары Доха метросының жерасты жұмыстарының барлық бұрғылау кезеңінде орындалады. Жоспарланған процедуралар жарақат алу қауіпінсіз қауіпсіз жұмыс ортасын қамтамасыз ететін элементтерді қамтиды, соның ішінде төтенше жағдайларды басқару және жедел емдеу. Катар темір жолының қауіпсіздігі бағдарламасы бағдарламаны жоспарлау және жүзеге асыру кезінде қоғамдық көлік жүйелерінің бірегей сипатын ескере отырып, теміржол желісіндегі төтенше жағдайларды жоспарлауға және әрекет етуге бағытталған. Құқықтық және реттеу мәселелерін қамтитын көлік саясаты, қауіпсіздік үлгілері және тартылған мекемелер арасындағы қарым-қатынас сонымен қатар Qatar Rail Company Дохада жүзеге асырып жатқан қауіпсіздік жоспарының бөлігі болып табылады.

2 МЕТРО БЕКЕТІНІҢ ANYLOGIC БАҒДАРЛАМАСЫНДА ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛҮН ҚҰРУ

2.1 Байқоңыр метро бекетінің жолаушылар ағыны

Алматы метрополитенің салуыну жоспарының екінші кезеңіне Сайран, Мәскеу, Сарыарқа, Бауыржан Момышұлы бекеттері кірді. 2022 жылдың мамыр айында Сарыарқа және Бауыржан Момышұлы бекеттерінің іске қосылуы арқылы жолаушылар ағыны 40% - ға артты. Бұл бекеттер ашылғаннан кейін , мамыр айында метро қолданушы жолаушылар саны 1062566 ға жетті. Маусым айында көрсеткіш 1496618 жолаушыға дейін артты. 2024 жылдың қыркүйек айында жолаушылар саны тағыда 61% ға өсті. Бір тәулікте Алматы метрополитені 105 мың жолаушыға қызмет көрсетеді.

AnyLogic бағдарламасында имитациялық модельді жасау үшін «Байқоңыр» метро бекетін алдым. Бекеттің айналасында оқу орны, сауда ойын – сауық орталық орындары орналасқан. Олар Орталық стадион, спорт сарайы, Проминад сауда орталығы және Сатбаев атындағы ҚазҰТЗУ оқу орны (11-сурет).



Сурет 11 – Байқоңыр метро бекетінің орналсқан орны

Ескертпе – [1] дереккөзінен алынған

Алматы қаласының метросындағы жолаушылар ағының басқару дәстүрлі түрде бейнеканал арқылы басқарылады. Бұл суретте Байқоңыр метро бекетінің бір жұмыс күн бойынша жолаушылар ағыны көрсетілген. Метрополитен өз жұмысын

таңғы 6:20-дан түнгі 00:00-дей жасайды. Суретте көріп отырғанымыздай ең көп жолаушылар ағыны болатын уақыт кешкі 18:00-ге келіп тұр. Осы уақытта метроны қолданушылар саны артады (12-сурет). Яғни, пойыздарда жолаушылар саны артып орын азаяды және келесі пойыздын келуін күтетін жолаушылар саны көбейеді.



Сурет 12 – Жұмыс күндері жаяу жүргіншілердің метро қолдануы
Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Демалыс күндері жолаушылар ағыны жұмыс күндерден қарағанда бір қалыпты және біртіндеп азайып өсіп тұрады. Ең жоғарға жолаушылар ағыны көп болатын уақыт ол түскі уақыт екен 15:00-де. Демалыс күндері жолаушылар серуендеуге және бос уақыт өткізуге шықанда метроны бір қалыпты қолданғаның (13-сурет) көруге болады.



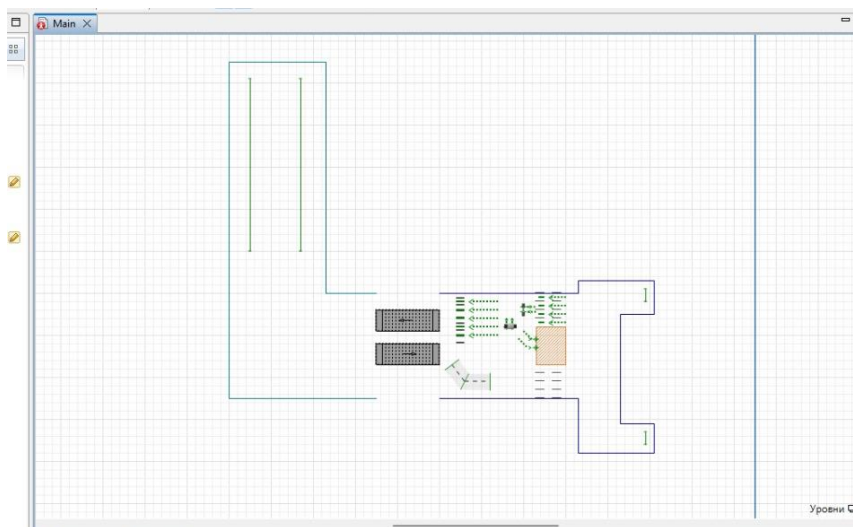
Сурет 13 – Демалыс күндері жаяу жүргіншілердің метроны қолдануы
Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Осы екі суретті қолдана отырып тұжырымдама жасам. Жұмыс күндері метроны қолданушы жолаушылар ағыны жұмыстың басталуы мен аяқталу уақытына сәйкес келеді. Бұл дегеніміз жер үсті көлік жолдарында болатын кептеліс секілді метрода да адам саны көбейетінің көрсетеді. Суреттерде көрсетілген жолаушылар ағыны метрополитенің жұмысын реттеуге және пойыз арасында болатын интервалдарды есептеуге көмектеседі.

2.2 AnyLogic бағдарламасында Байқоңыр метро бекетінің имитациялық модельін құру қадамдары

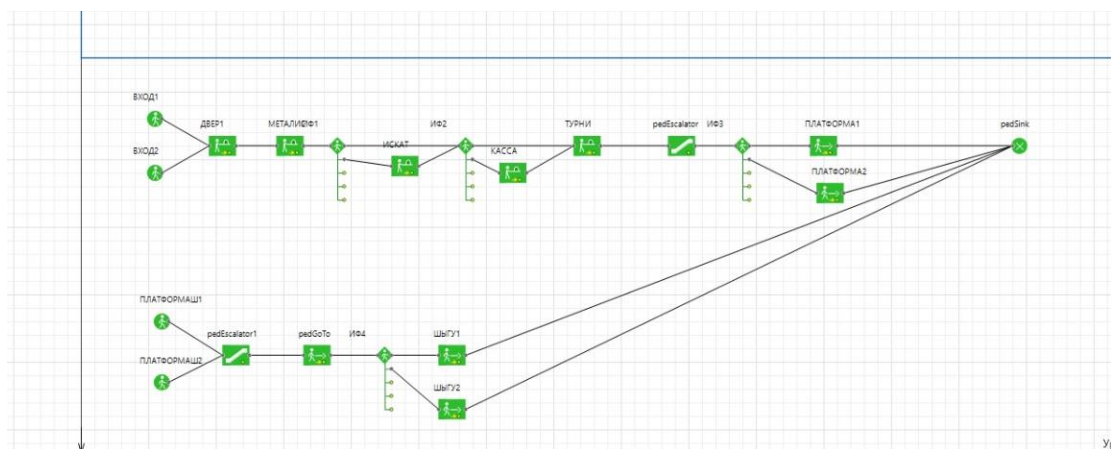
Anylogic бағдарламасында имитациялық модельді жасау – процестердің жұмысын вертуалды түрде көруге мүмкіндік береді. Жасаған модельдің басты мақсаты – жолаушылар ағының қозғалыс тізбегін, қызмет көрсету сапасын және тығыздық тудыратын жолаушылардың аймағын анықтау болған болатын. Толығымен аяқталып жасалған модельден метрополитен инфрақұрлымының жұмысының қаншалықты тиімді түрде жасап тұрғаның көрсете алады.

Байқоңыр метро бекетінің Anylogic бағдарламасында жасалған имитациялық моделі (14-сурет). Бұл модельде бекеттің архитектурасы және жолаушылар қозғалысын бақылау үшін жасалған. Модель екі қабаттан тұрады. Бірінші қабатта метроға кіреберіс есіктер, касса, металіздеуші және турникеттер орналасқан. Төменгі қабатта пойызға отыру және күту орны болып платформа жасалған. Төменгі және жоғарғы қабаттарға жолаушылар мініп түсу үшін эскалаторды қолдандым.



Сурет 14 – AnyLogic бағдарламасында Байқоңыр метро бекетінің имитациялық моделі

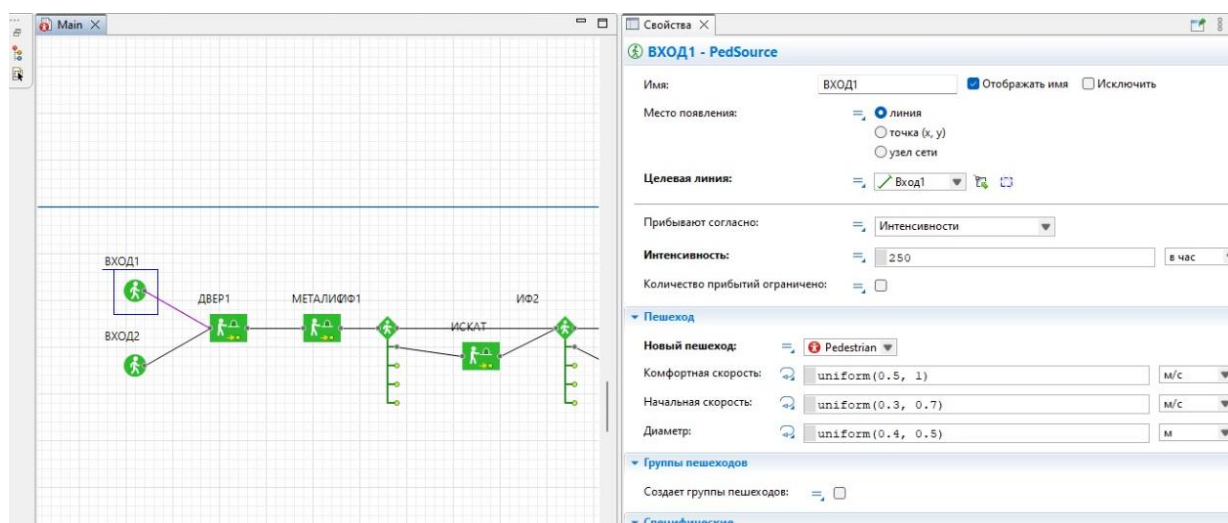
Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған



Сурет 15 – Байқоңыр метро бекетінің имитациялық модедын жасау барысында қолданылған элементтер

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Имитациялық моделді жасау барысында жолаушылардың қозғалысын ұйымдастыру үшін суретте көрсетілген элементтерді қолдандым (15-сурет). Осы элементтер арқылы кіреберістен платформаға дейінгі жолаушылардың өтуі керек бөлімдерді жүзеге асырдым.

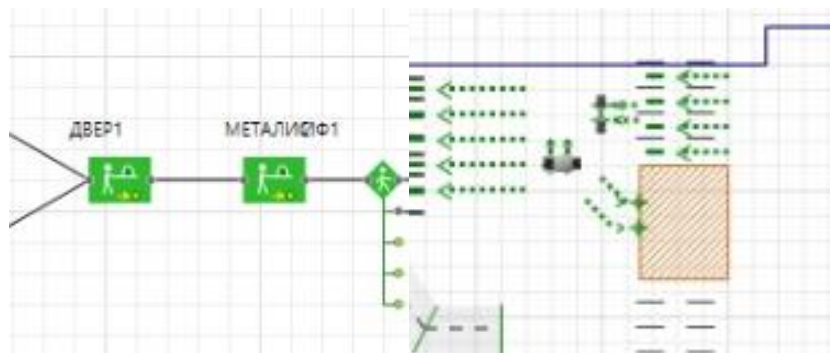


Сурет 16 – Ped Source элементі жаяу жүргіншілерді модельге енгізуге қолданылуы

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Ped Source жаяу жүргіншілерді модельге енгізудегі ең бірінші жасалатын бастапқы элемент (16-сурет). Байқоңыр метро бекетінің екі кіреберіс есігі

болғандықтан Ped Source элементің саны екеу болады. Бұл блок арқылы бекетке бір сағат ішінде кіретін жолаушылар саның көрсетеміз. Қысқаша сипаттама беріп кетсем. Жолаушылар модельде көрсетілген екі кіреберіс сызық бойымен пайда болады. Олар бір келкі ағынмен белгілі бір интенсивтікпен келеді. Ped Source элементі саны екеу болғандықтан бір сағат ішінде бекетке кіретін жолаушылар саның екіге бөліп көрсетім. Жолаушылар саның бір сағатта кіруін саны 550 жолаушыға тең деп көрсетім. Бірінші кіреберіс есігінің элементінде сағатына 300 жолаушы кіреді, екінші кіреберіс есіктен 250 жолаушы кіреді деп моделге енгіздім.

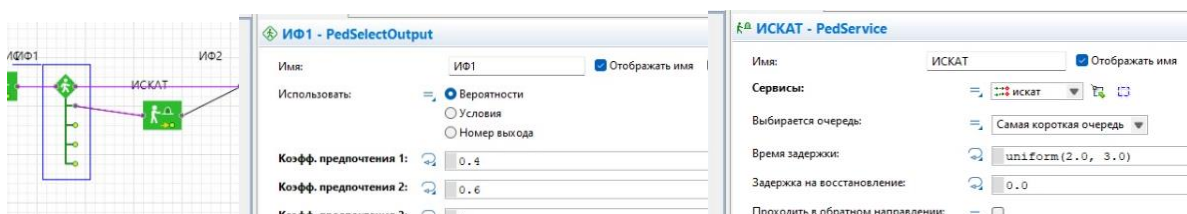


Сурет 17 – Ped Service элементтерінің жолаушыларды есіктен жіне метал іздеушіден өткізуге бағытталған көрінісі

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Двер1 атаулы Ped Service элементі жолаушылардың бір есіктен бекетке кіруін қамтамасыз етеді (17-сурет). Яғни, бұл элемент жолаушылардың ішке кіру кезіндегі кідірісі мен олардың кезек тәртібі бойынша кіруін қадағалайды. Бұл элементің осылай жұмыс жасату үшін модель ішіне кезек бойынша жүру элементің қостым.

Метал іздеуші детектор атауымен Ped Service элементі жолаушыларды метел іздегіш арқылы өткізуді моделдеуге арналған (17-сурет) . Метал іздеуші элементті қауіпсіздікті тектеру нүктесі ретінде жолаушылар белгілі бір кідіріспен және кезекті сақтай отырып жүреді. Бұл элементі жасау барысында кідіріс уақытын ең аз деп таңдап және келесі жолаушыны күту уақыты жоқ деп көрсетім.

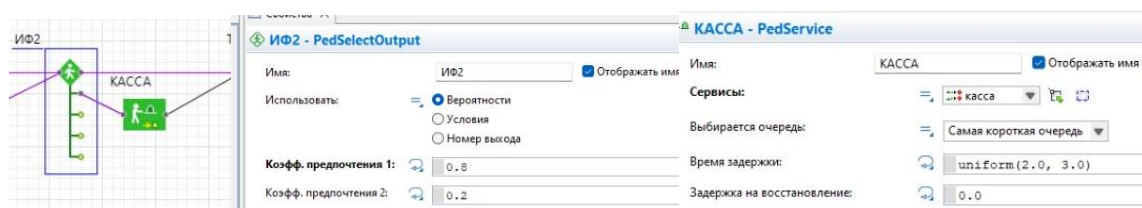


Сурет 18 – PedSelectOutput элементін жолаушылар ағының метел іздегіш детекторына бөлуі

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

PedSelectOutput элементі жолаушылар ағының бірнеше бағытқа бөлуге арналған (18-сурет). Модель жасау барысында бұл элементті қолдану себебім жолаушылардың қол жүгін метал іздегіш детектордан өткізу үшін кезекке тұруы және ондай қажетілік болмаса келесі қадамға өтуін қамтамыз ету. Екі бағытқа бөлуде бірінші бағыт 40% екінші бағыт 60% болады деп жасадым. Барлық жолаушылар ағының 60% қол жүгін метал іздегіш детектордан өтуі міндетелген.

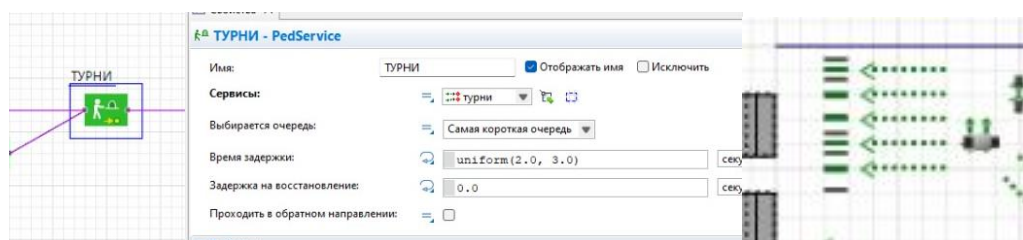
PedService элементінде қол жүгін тексеру детекторын орнаттым. Блок ең қысқа кезекті және жолаушыларды біртіндеп қызмет көрсетуі керек екенің еңгіздім. Қалпына келтіру уақытты 0.0 секундқа тең келесі кезекте тұрған жолаушыны өңдеусіз ақ қызмет көрсете береді.



Сурет 19 – PedSelectOutput және PedService элементтерінің жолаушылар ағынын екіге бөліну және касса аумағында қызмет көрсетуі

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

PedSelectOutput екінші элементі жолаушылардың касса баруын немесе келесі кезекке өтуін көрсетеді (19-сурет) . Қазіргі таңда метрода жолаушылардың 90% Опау картасы арқылы жол ақысына төлем жасайды. Карта болғандықтан кассаға барып жол ақысын төлеуге жетон сатып алуға деген қажеттілік болмайды. Осы мәліметтер арқылы жолаушылардың екі бағытқа баруын модельдедім.

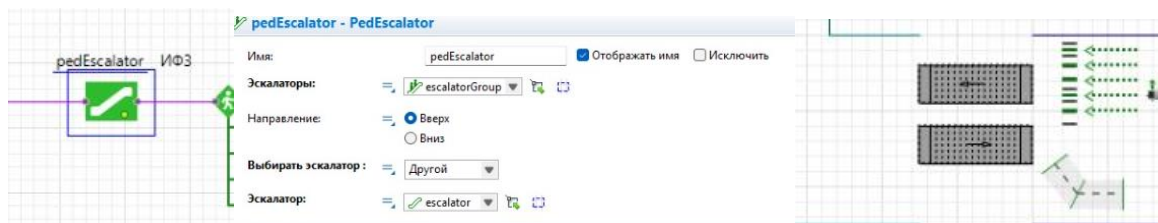


Сурет 20 – PedService элементі арқылы жолаушылардың турникете жол ақысын төлеуін модельдеу сипатамасы

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Суретте көрсетілгендей метро бекетінің үстінгі қабатындағы соңғы жолаушыларға қызмет көрсету орны. Моделді жасау барысында PedService элементін қолдандым (20-сурет). Сервис мақсаты жолаушылардың кассадан немесе метал іздегіш детектордан кейінгі болатын турникет арқылы жол ақысын төлеу

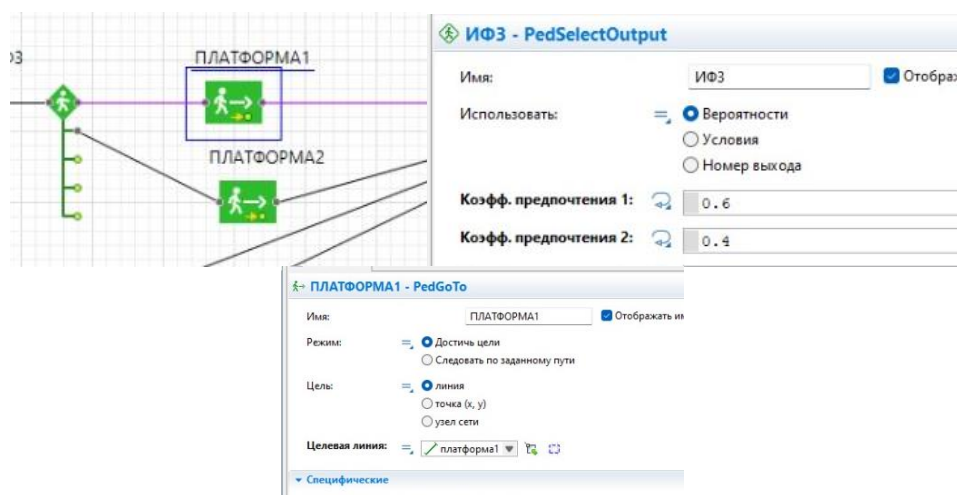
және пойыздарды күту аланы платформаға баруына жол ашуы. Турникет күту кезегін ең аз уақытқа қойдым, себебі бекеттегі турникеттер жұмыс жасау қарқындылығы жоғары. Жол ақысын төлеу кезінде күту уақытты жолаушыларда пайда болмайды.



Сурет 21 – PedEscalator элементі жолаушыларды екі қабат арасында қозғалыс қалыптастыру

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

PedEscalator элементі метродағы жолаушыларды жоғарғы қабаттан төменгі қабатқа түсіруге және сәйкесінше төменгі қабатан жоғары қабатқа көтеруге мүмкіндік беретін блок болып табылады (21-сурет). Эскалатор жұмысын жылдамдығын өзгертуге мүмкіндік берілген. Моделдеу барысында жолаушыларды келесі кезенге өткізетін элемент.

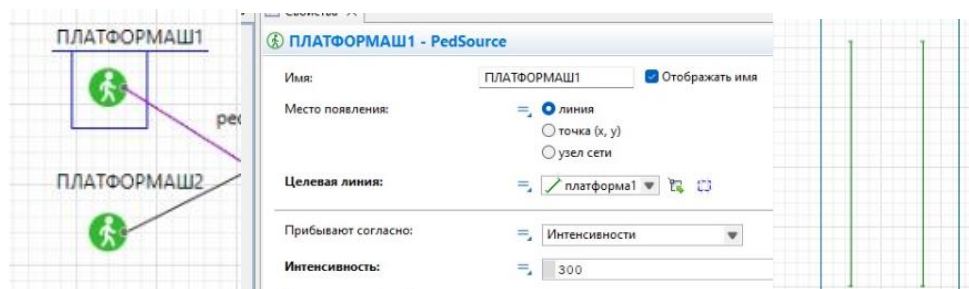


Сурет 22 – PedSelectOutput және PedGoto элементтері арқылы платформада жолаушылардың екі бағыттағы жылжымалы құрамға отыруы модельдеу

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

PedSelectOutput элементі бұл жерде енді жолаушылар ағының платформада екі бағытқа бөлу үшін қолданылады (22-сурет). Байқоңыр метро бекетінде пойыздар бір біріне қарама қарсы бағытта келіп тоқтайды. Жолаушылардың ағының 60% Бауыржан Момышұлы бекетіне бағытталған пойыздарға отырады. Райымбек

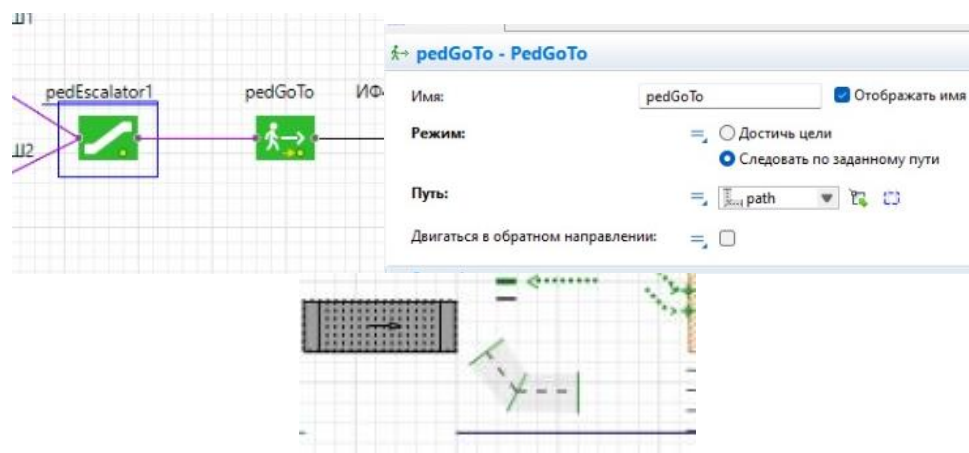
бекетіне бағытталған пойыздарға жолаушылардың отыру ықтималдығы 40% құрайды.



Сурет 23 – PedSource элементі арқылы жолаушылардың жылжымалы құрамнан шығуы

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

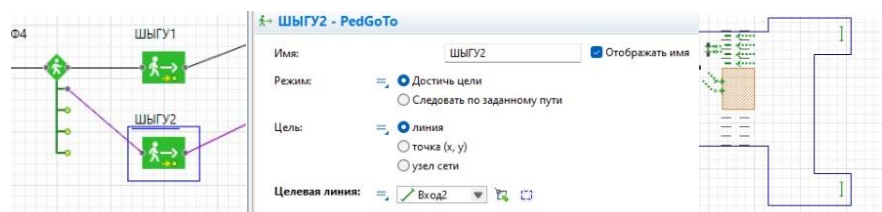
Пойыздардан түскен жаңа жолаушылардың платформадан шығу есігіне дейінгі аралықты қамтитын жолды модельдедім (23-сурет). Ең алдымен екі платформадан сағатына 400 – ге жуық жолаушылардың шығуын жасадым. Ол үшін екі платформаға арнап PedSource элементін қойдым. Жолаушылардың пайда болу орны бір біріне қарама қарсы орналасқан платформалар таңдалды.



Сурет 24 – Жолаушылардың жоғарғы қабатқа көтеріліп бір бағытта жүруін ұйымдастыру

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Жолаушылар екі платформадан шықаннан кейін бекетің жоғары қабатына эскалатордың көмегімен көтеріледі. Модельдегі жолаушылар басқа бағытқа қозғалыс жасамау үшін PedGoTo элементін қолдандым (24-сурет). Қолданылған элемент арқылы жолаушылардың ағыны белгіленге шыға беріс есіктерге бағытталған жолмен жүріп отырады.



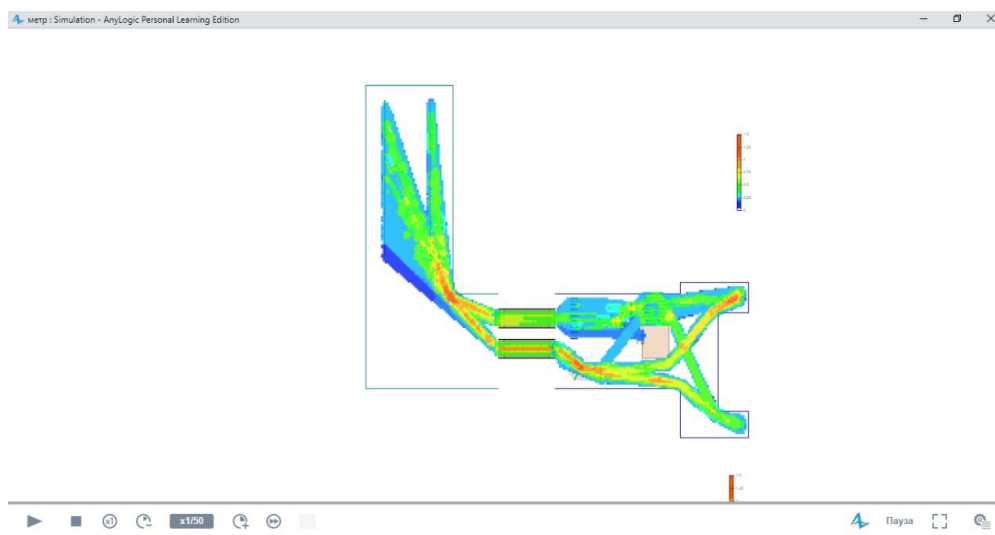
Сурет 25 – Жолаушылардың Байқоңыр метро бекетінің шығу есігіне бағдары
Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Байқоңыр метро бекетінде екі шығу есігі болғандықтан жолаушылардың бағытын екіге бөлуді орнаттым. PedSelectOutput элементі арқылы бірінші шығу есігіне жолаушылардың 60% бағытталған, екінші шығу есігіне 40% бағытталған деп жасадым (25-сурет).

Байқоңыр метро бекетінің имитациялық моделін жасау барысында аталған барлық элементтер қолданылды. Осы элементтер арқылы қазіргі таңдағы метро бекетегі жолаушылар ағын ең көп болатын уақытында қандай қызметте кезек туындайтының көрсек болады.

2.3 Имитациялық модельдің зерттеу нәтижесінде алынған нәтижелер

Имитациялық модельдеу нәтижесі Байқоңыр бекетінің жолаушылар қозғалысын ағының және уақыт ерекшеліктерін нақтылап көрсетіп берді.



Сурет 26 – AnyLogic бағдарламасын қолдану арқылы жасалған имитациялық модельдің нәтижесі

Ескерту — [6] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Density Map тығыздық картасы элементі арқылы визуализацияланған мәліметтер көмегімен жолаушылардың қай бөліктерде ең көп шоғырланғанын және қызмет көрсету аймақтарының қайсысын да кезек болып қалуын, метрополитен жүйесінің өткізу қабілетін анықтауға мүмкіндік берді.

Жолаушылардың ағынының тығыздығы мен қозғалыс динамикасын Density Map көмегімен көрсетілді (26-сурет). Модельден жолаушылардың қозғалысы арқықты қызыл, көк және жасыл аймақтар бейнеленді. Қызыл аймақтар бұл жолаушылардың бір аумақта жиналуы көп болатын жерлер болып саналды. Жасыл және көк түспен белгіленген аумақтар сәйкесінше жолаушылар ағынының аз екенін және кезек жиналмай жүзеге асып жатқанын көрсетеді. Зертеудің нәтижелері арқылы Байқоңыр метро бекетінде үш негізгі қызыл түспен бейнеленген функционалды аймақтар анықталды.

Платформаларға баруға мүмкіндік беретін төлем ақы қабылданатын турникет аймағында жолаушылардың орташа есеппен тығыздығы 3-5 адам/м² құрады. Бұл көрсеткіштің туындау себептері негізінен төлем ақының кейбір уақыттарды 5-10 секунд аралығында алынуы. Турникетке картаны қойған уақытта төлем ақы бірден қабылданбай екі немесе үш рет қайталап көру мүмкіндігін туғызады. Осы арқылы жолаушылар арасында кезек туындайды.

Байқоңыр бекетінде 4 эскалатор болғанымен тек қана 2 эскалатор жолаушыларға қызмет көрсетеді. Бекеттің жер бетінен терең орналасуынан жолаушылардың платформаға дейін түсуіне 1 минутқа жуық уақыт кетеді. Осы уақыттың ұзақ болуы жолаушылардың бір орында көбеюін туындатады. Локальдық турбуленттік аймақтардағы қозғалыс шектеулері мен инерциялық кедергілердің болу себебінен қозғалыс әрекеттері жоспарланғаннан баяу жүзеге асырылады.

Платформа аймағында екі бағытта жүретін пойыздарды күту барысында бір жерге топтасып жиналуы көрініс табады. Бір уақытта орта есеппен 70-90 жолаушы бір аймақта жиналады. Мұндай жағдайдың болуы платформадағы жолаушылардың ағыны жүктемесі артады және пойыздардың жүруі уақыт аралығындағы интервалын көрсеткішінің төмен екенін көрсетеді. Көрсетілген деректер арқылы қызмет көрсету жүйесінің тиімділігі төмен екені байқалады.

Қызмет көрсету сапасы мен имитациялық модельдің элементтерінің тиімділігі есептеу барысында бірқатар көрсеткіштер анықталды. Олар: жолаушыларға қызмет көрсету уақыты және эксплуатациялық резервтер.

Жолаушылардың ағының 72%-ы бекетке кірген сәттен бастап платформаға жетуге дейінгі аралықта орташа есеппен 3-4 минут аралығында уақыт жұмсайды. Бұл уақыт заманауи стандарттарға сәйкес келіп кезексіз байыппен баруына да мүмкіндік берседе, қарбалас уақытта бұл бірнеше минутқа артуын мүмкіндігі бар екенін көрсетеді. Қызмет көрсету сапасын арытыру барысында жолаушылар ағының бағыттау жүйелерін жетілдіру керек және жаңа ақпараттандырылған технологияларды бекетке орнату керек деп есептеймін.

Имитациялық модельдің зерттеу нәтижелері арқылы метро бекетінің инфрақұрлымының эксплуатациялық резервінің нәтижесі шамамен 10–15% деңгейінде көрсетеді. Бұл көрсетілген резервті тиімді пайдалану үшін жаңа өзгерістермен технологияларды қолдану маңызды рөл алады.

Жолаушылар ағының қарбалас уақытында жоғары деңгейде көбейуі бекеттің өткізу қабілетіне тікелей әсер етеді. Жұмыс күндері қарбалас уақытта жолаушылар саны 600 адам/сағаттыңа құрайды. Осы уақытта бекеттің жүктемесінің шегіне жету анықталады. Мұндай жағдайларда өткізу қабілеттілігін арттыру үшін бірнеше әдістерді қолданып алдын ала шараларды жасау керек.

Жолаушылардың платформа аймағына еркін түрде қатты кептелістерді туындырмай жету үшін қызмет көрсетіп тұрған эскалатор санын артыру керек. Осы арқылы жолаушылардың бір аймақта шоғырланып қалуынан алдын алуға таптырмас шешім деп есептеймін. Бұл әдіс қауіпсіздік шараларына өте жақсы оңтайландыруға мүмкіндік береді.

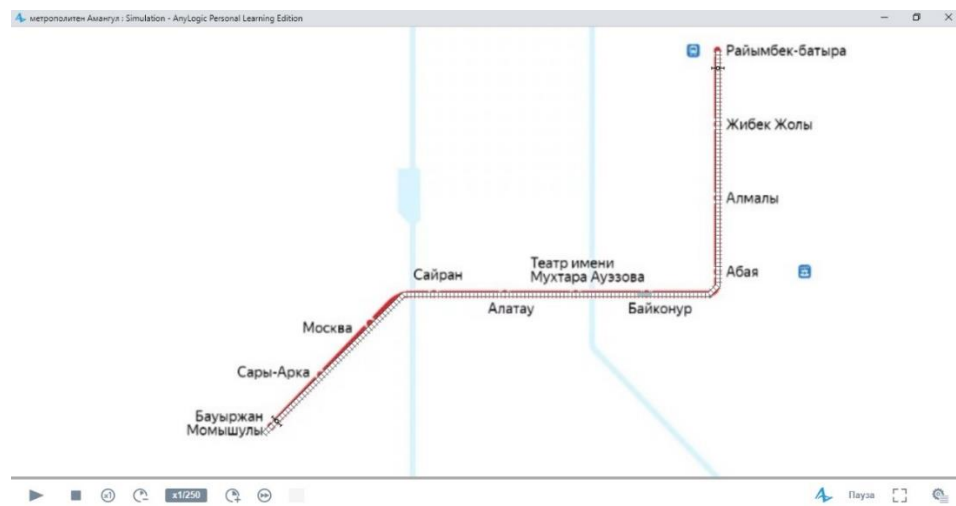
Зерттеу нәтижесінен алынған метрополитен бекетінің жұмысын жақсартуға бағытталған ұсыныстар кешенді шараларды жетілдіруге өз көмегін тигізеді. Бұл нәтиже қала инфрақұрлымның қоғамдық қауіпсіздігін арттыру мақсатында қазіргі таңдағы өзекті мәселелерді анықтап жаңа жаңартуларды енгізуге болатын аналитикалық зерттеу үшін жаңа мәңге ие. Жасалған имитациялық модель тек техникалық жаңартуларды ғана емес сандай-ақ басқару және ақпараттық технологияларды қолдануын қарастырады. Қортындылай келе, зерттеу жұмысының нәтижесінде ұсынылған модель метро бекетінің әр бір аймағының жұмыс жасауын және сол аймақтарды қандай әдістер арқылы оңтайландыруға болатынын анықтауға мүмкіндік берді. Әрбір белгіленген аймақта қолданылатын жаңа шаралар жолаушылардың қауіпсіздігі мен қызмет көрсету сапасын жоғарлату үшін бағытталған. Имитациялық модельдеудің негізі қоғам мен басқарушы арасындағы практикалық тұрғыдағы жаңа шешімдерді қабылдауға бола алатынын көрсетеді.

3 МЕТРОПОЛИТЕН ЖҰМЫСЫН ЖАҚСARTУҒА ӘДІСТЕР ҚОЛДАНУ

3.1 Алматы қаласының және Доха қаласының метрополитендерінің имитациялық моделі және салыстыру

Доха қаласында метрополитен 3 желіден тұрады. Олар: Қызыл, Жасыл және Алтын желілер. Осы желілердің ішінді Алтын желісінің құрлымы Алматы қаласындағы метро желісіне өте ұқсайды. Желінің ұзындығы және оның бойында орналасқан бекеттер саны бірдей. Екі метро желісін салыстыру арқылы Алматы қаласының метрополитен жұмысын жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа әдіс нұсқаларды қарастырдым. Ол үшін екі метро желісінің имитациялық моделін Anylogic бағдарламасында жасақтадым.

Алматы қаласының метрополитен желісінің жалпы ұзындығы 13,4 км. Желінің бойында жұмыс жасап тұрған 11 бекет орналасқан. AnyLogic бағдарламасында метрополитеннің имитациялық моделі.



Сурет 27 – Алматы қаласының метрополитенің карта схемасының имитациялық моделі

Ескерту — [8] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Суретте көрсетілген имитациялық модель метро пойызының бастапқы Райымбек батыр бекетінен соңғы бекет Бауыржан Момышұлы бекетіне дейінгі аралықты жүріп өтетінің көрстеді (27-сурет).

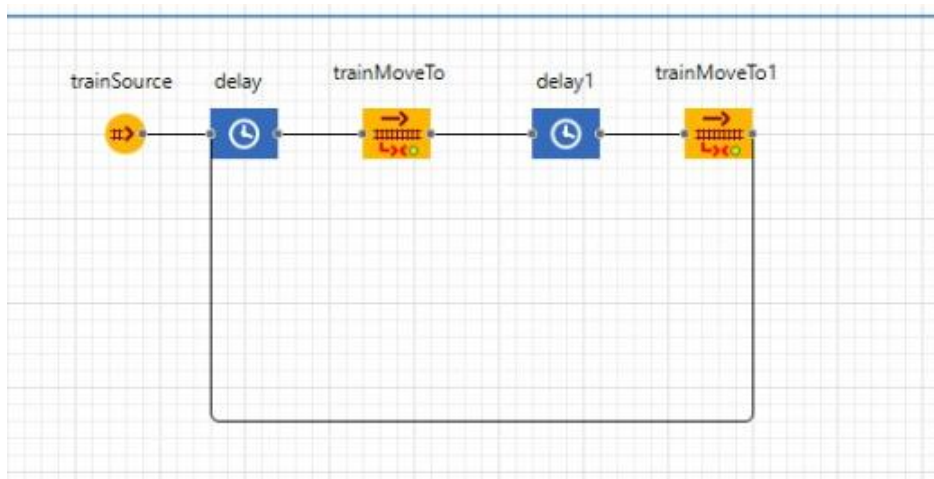
Имитациялық модельді жасау үшін қолданылған элементтерге сипатама. Ең алдымен Алматы қаласының метрополитенің желісінің картасы қолданылды. Картаны орнатып болғанан кейін берілген жолмен метро пойызын жүргізу үшін рельс орнатылды. Желі бойында пойыздың қай бекеттен бастап қозғалып қай жерге

келгенде тоқтауы үшін рельс нүктесін қойдым. Модель жұмысын іске асыру үшін бірнеше элементтерді қолдандым (28-сурет).

TrainSource элементі пойыздың рельс бойымен жүргізуін бастаушы. Бұл элементке Алматы метрополитенің картасын қолданып отырып жасаған желінің рельс жолын белгілейміз. Рельс бойымен жүретін пойыздың түрін қалауымыз бойынша пішінің таңдар жаңа агент жасап шығарамыз. Жасалған жаңа агенті вагон сипатымен элементке енгіземіз. Элементте желінің бойында пойыз қанша уақыт жүретінің және вагон жылдамдығын белгілейміз.

Delay элементі күту жұмысы бойынша мәліметтерді еңгізеді. Бұл элементке желі бойында орналасқан бекеттерде тоқтап тұру уақытын белгіледім.

TrainMoveTo элементі пойыздың рельс бойында белгіленген нүктелер арқылы жүруін ұйымдастырушы. Модельді жасау барысында бастапқы және соңғы бекеттер нүктесін белгіледім. Оданда басқа бекеттерде пойыздардың аялдауы және арқарай жүріп кетуі бойынша белгілерді таңдау керек.



Сурет 28 –Алматы қаласының метрополиитенің карта схемасының имитациялық модельін жасауда қолданыдған элементтер

Ескерту — [8] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Алматы метрополитенінде барлығы 60 вагон бар. Әрбір желілік құрамда 4 вагон жүреді. Демек 4 вагоннан тұратын 15 жылжымалы құрам бар. Жылжымалы құрамның жылдамдығы 40 км/сағ , максималды жылдамдық 60 км/сағ құрайды. Бір жылжымалы құрам желіні толығымен 27 минут ішінде жүріп өтеді. Екі пойыз арасындағы интервал демалыс күндері 12 минут, жұмыс күндері 10 минут және қарбалас уақытта 8 минутты құрайды.

Метро пойызының әрбір бекетте қанша уақыт аялдайтының есептеу барысы.

Берілгені:

Жылжымалы құрамының жылдамдығы – 40 км/сағ

Желінің ұзындығы – 13,4 км

Желіні жүріп өту уақыты – 27 минут

Алдымен пойыздың желіні бекетерде тоқтаусыз қанша уақытта жүріп шығатынын есептеймін.

$$S = v \times t \quad (1)$$

Есептеу үшін жүрілген жол формуласынан уақытты табу үшін түрлендірдім. Формула (2) күйінде өзгерді.

$$t = \frac{S}{v} \quad (2)$$

Бұл жерде t – уақыт

V - жылдамдық

S – жол ұзындығы

$$t = \frac{13.4}{40} \quad t = 20 \text{ минут } 6 \text{ секунд болды.}$$

Келесі амалда жылжымалы құрамның бекетте тоқтау уақытын анықтадым.

$$t_{\text{тоқтау}} = - \frac{t_{\text{жалпы}} - t_{\text{жүріс}}}{N} \quad (3)$$

Бұнда $t_{\text{тоқтау}}$ - бекетте тоқтау уақытты

$t_{\text{жалпы}}$ - желіні жалпы жүру уақытты

$t_{\text{жүріс}}$ – желіні бекеттерге тоқтаусыз жүру уақыты

N – бекеттер саны

$$t_{\text{тоқтау}} = \frac{27 \text{ минут} - 20 \text{ минут } 6 \text{ секунд}}{11}$$

$$t_{\text{тоқтау}} = 37 \text{ секунд}$$

Бір бекетте жылжымалы құрам 37 секунд тоқтайды.

Екі жылжымалы құрамның арасындағы интервалдарды қолданып желінің бойында қанша пойыз жүретінің және олардың арасындағы арақашықты табамын. Райымбек батыр бекетінен қайта осы бекетке айналып келу арасындағы желінің ұзындығы 26,8 км. Толық айналып келі үшін 54 минут уақыт кетеді. Бір бекетке тоқтау уақытты 37 секунд. Жылжымалы құрамның жылдамдығы 40 км/сағ. Желі бойында жүрген жылжымалы құрамдар арасындағы интервалдар 12 минут, 10 минут және 8 минут.

Берілгені:

Желінің толық ұзындығы – 26,8 км

Бекеттерге тоқтау уақытын қосқанда толық айналым уақыты – 54 минут

Жылжымалы құрамның жылдамдығы – 40 км/сағ

Интервал уақыттары – 12, 10, 8 минут

Жылжымалы құрамның санын есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$N = \frac{t_{\text{толық айналым}}}{t_{\text{интервал}}} \quad (4)$$

Мұнда, N – Жылжымалы құрам саны

$t_{\text{толық айналым}}$ – Желіні толық айналып шығу уақытты

$t_{\text{интервал}}$ – Жылжымалы құрамдас арасындағы интервал уақыты

Интервал уақыты 12 минут болғанда:

$$N = \frac{54}{12}$$

$$N \approx 5 \text{ желілік құрам жүреді.}$$

Интервал уақыты 10 минут болғанда:

$$N = \frac{54}{10}$$

$$N \approx 6 \text{ желілік құрам жүреді.}$$

Интервал уақытты 8 минут болғанда:

$$N = \frac{54}{8}$$

$$N \approx 7 \text{ желілік құрам жүреді.}$$

Жылжымалы құрамдар арасындағы арақашықтықты есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$D = \frac{S}{N} \quad (5)$$

Мұнда, D - Арақашықтық

N – Жылжымалы құрам саны

S – жол ұзындығы

Интервал уақыты 12 минут болғанда:

$$D = \frac{26,8}{5}$$

$$D = 5.36 \text{ км}$$

Интервал уақыты 10 минут болғанда:

$$D = \frac{26,8}{6}$$

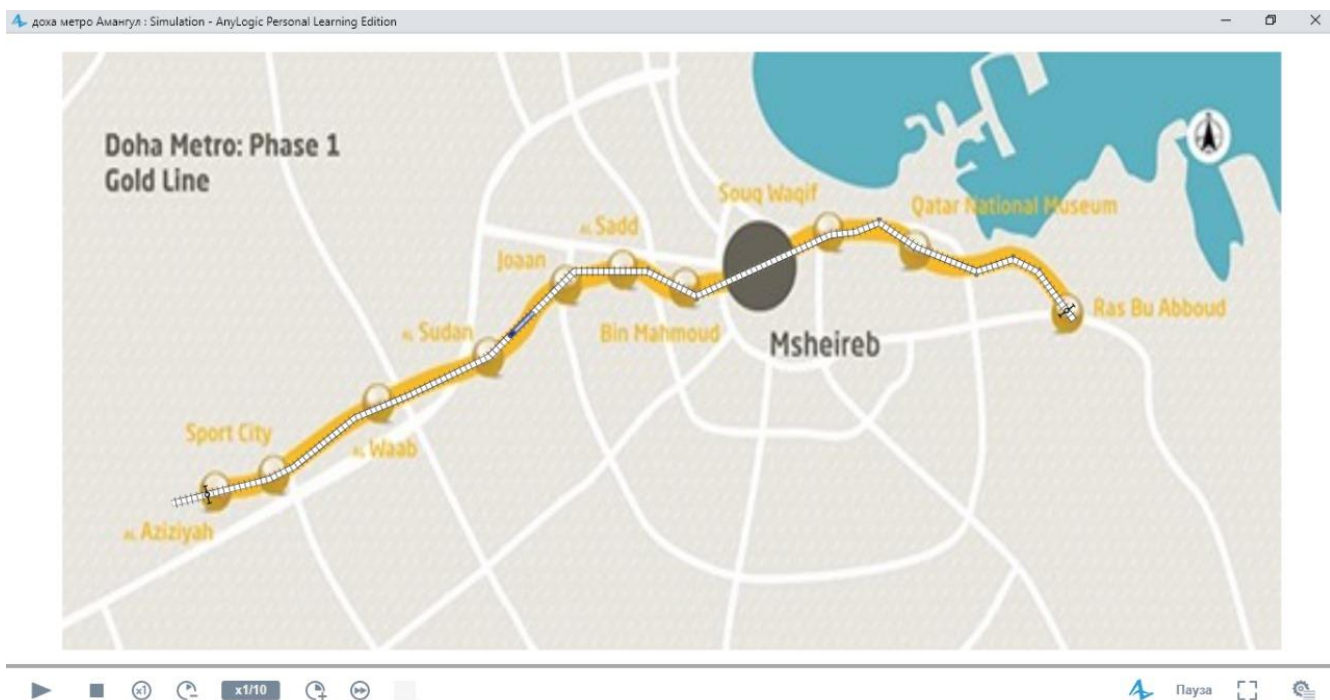
$$D = 4,46 \text{ км}$$

Интервал уақыты 8 минут болғанда:

$$D = \frac{26,8}{7}$$

$$D = 3,8 \text{ км}$$

Осы есептеу арқылы алған қортынды мәліметтерім. Демалыс күндері 12 минут интервал болған кезде желіде барлығы 5 жылжымалы құрам жүреді және олардың бір – біріне деген арақашықтығы 5,36 км болды. Жұмыс күндері жолаушылар ағыны бір қалыпты болған кезде интервал 10 минут болды және жылжымалы құрам саны 5 ке тең, олардың арақашықтығы 4,46 км құрады. Жұмыс күндері қарбалас уақытта интервал 8 минутқа дейін қысқарады. Сол кезде жылжымалы құрам саны 7 ге дейін өсіп арақашықтығы 3,8 км болып қысқара. Нәтижелерді талдау арқылы Алматы метрополитені барылық қорда бар жылжымалы құрамды қолданбайтының және барынша жоғары жылдамдықты көтермей жылжымалы құрамның орташа жылдамдығын қалдыратының анықтадым. Барлығы 15 жылжымалы құрам болсаның соның тек қана 7 еу ғана қолданыста. Метрополитенде қолданылатын Hyundai компаниясын локомотивтерін максималды жылдамдығы 60 км/сағ болса соның кем дегенде 50 км/сағ көтеруге болады деп ойлаймын. Салыстырмалы түрде жаңа әдістерді алу үшін Доха қаласының метрополитен жүйесін есептедім.



Сурет 29 – Доха қаласының метрополитенің Алтын желісінің карта схемасының имитациялық моделі

Ескерту — [12] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Доха қаласындағы метрополитен жүйесінің Алтын желісін салыстыру мақсатында қолдандым (29-сурет). Алтын желісі Рас Бу Аббуд бекетінен басталады, Әл Азия бекетінен аяқталады. Екі бекет арасының ұзындығы 14 км. Желіде барлығы 11 бекет орналақан. Алтын желісін салыстыруға алған себебім, бекеттер саны және желінің ұзындығы Алматы қаласындағы метрополитен желісіне өте ұқсас. Алматы метрополитен дамытуға деген жаңа істерді Доха қаласындағы метрополитен желісінің жұмысына қарап табуға болады деп ойлаймын.

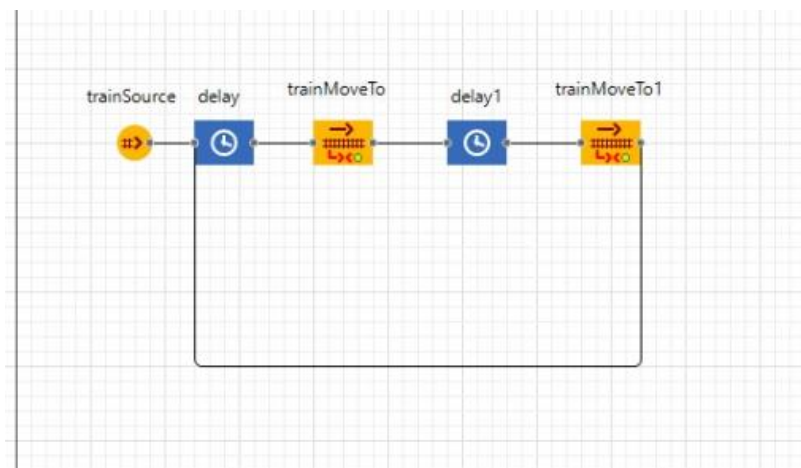
Доха қаласындағы метрополитенің Алтын желісінің AnyLogic бағдарламасын қолданып отырып жасалған имитациялық моделі. Модельде желінің ұзындығы 14 км және 11 бекет жасалған. Суретте көріп отырғандай Рас Бу Аббуд бекетінен Әл Азия бекетіне аралығында жылжымалы құрамның жүруі бейнеленген.

Anylogic бағдарламасында Доха метро желісінің имитациялық модельді жасау барысында қолданылған элементтер Алматы қаласының метро желісін жасау барысында қолданылған элементтерді қолдандым (30-сурет).

TrainSource элементіне Алтын желіде жүретін жылжымалы құрамның 3 вагоннан тұратының және желіні жүру уақытың ұзақтығы 20 минут екенің қостым. Желінің картасын қолданып отырып жылжымалы құрамның рельс жолын жасап оны элементте белгіледім.

Delay элементінде жылжымалы құрамның бекетте қанша уақыт тоқтайтының қойдым.

TrainMoveTo элементі рельс бойына орналастырған нүктелердің қолданып жүру керектігін және сол нүктелерді бекет ретінде қарастырып тоқтау керек деп бағдар бердім.



Сурет 30 –Доха қаласының метрополиитенің Алтын желісінің карта схемасының имитациялық модельін жасауда қолданыдған элеметтер

Ескерту — [12] дереккөздің негізінде автор құрастырған

Доха метросын жылжымалы құрамының жылдамдығы 80 км/сағ , ең жоғарғы жылдамдық 100 км/сағ тең. Бір жылжамалы құрам Алтын желіні 20 минут

аралығында жүріп отырады. Жылжымалы құрамдар арасындағы интервал 3 минутты құрайды. Осы берілген мәліметтерді қолдана отырып Доха қаласындағы Алтын желісінде қанша жылжымалы құрам жүретінің және олардың арасындағы арақашықтықты анықтаймын.

Рас Бу Аббуд бекетінен қайта осы бекетке айналып келу арасындағы желінің ұзындығы 28 км. Толық айналып келі үшін 40 минут уақыт кетеді. Бір бекетке тоқтау уақытты 40 секунд. Жылжымалы құрамның жылдамдығы 80 км/сағ. Желі бойында жүрген жылжымалы құрамдар арасындағы интервалдар 3 минут.

Берілгені:

Желінің толық ұзындығы – 28 км

Толық айналып өту уақыты – 40 минут

Интервал уақыты – 3 минут

Жылжымалы құрамның санын есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$N = \frac{t_{\text{толық айналым}}}{t_{\text{интервал}}} \quad (6)$$

Мұнда, N – Жылжымалы құрам саны

$t_{\text{толық айналым}}$ – Желіні толық айналып шығу уақытты

$t_{\text{интервал}}$ – Жылжымалы құрамдар арасындағы интервал уақыты

Интервал уақыты 3 минут болғанда:

$$N = \frac{40}{3}$$

$$N \approx 13 \text{ желілік құрам жүреді.}$$

Жылжымалы құрамдар арасындағы арақашықтықты есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$D = \frac{S}{N} \quad (7)$$

Бұл жерде, D - Арақашықтық

N – Жылжымалы құрам саны

S – жол ұзындығы

Интервал уақыты 3 минут болғанда:

$$D = \frac{28}{13}$$

$$D \approx 2,15 \text{ км}$$

Есепте шығарылған мәліметтерді қолданатын қортынды жасадым. Бұл жерде аралық интервал 3 минут болған кезде Алтын желісінде барлығы 13 жылжымалы

құрам жолаушыларға қызмет көрсетеді. Алматы метрополитенінен бір айырмашылығы ол локомотивтердің жылдамдығы 2 есе жоғары болуы.

Алматы метрополитені және Доха метрополитенің желілерін зерттеулер нәтижесінде алған қортындылармен салыстырмалы түрде жасалған кесте.

Кесте-1 –Зерттеу нәтижесінде екі метрополитен жұмысының көрсетіштері

	Алматы метрополитен желісі	Доха метрополитен Алтын желісі
Желі ұзындығы	13,4 км	14 км
Жылжымалы құрам жылдамдығы	40 км/сағ	80 км/сағ
Желіні жүріп өту уақыты	27 минут	20 минут
Орташа интервал уақыты	10 минут	3 минут
Бір айналымда желіде жүретін жылжымалы құрам саны	6	13
<i>Ескерту</i> — [8] дереккөздің негізінде автор құрастырған		

3.2 Алматы метрополитенде жолаушылар ағының азайту үшін зерттеу әдістері

Алматы метрополитен желісінің жұмысын жақсарту үшін зерттеулер нәтижесінде бірнеше әдістерді қолдануға болатының қарастырдым. Жаңа әдістер арқылы метро бекеттерінде болатын жолаушылар ағының санын төмендетуге мүмкіндік береді. Жолаушылар ағының төмендету арқылы қазіргі таңдағы Бауыржан Момышұлы және Сарыарқа бекеттерінде болатын жолаушылардың шамадан тыс көбейіп кетуін азайтуға және сол бекеттерде жолаушылар арасында болатын кептелісті азайтуға мүмкіндік береді. Проблемаларды шешудің жаңа тәсілдерін жасадым.

Метрополитен демпосында барлығы 15 жылжымалы құрам болғанымен оның барлығы бірдей қолданыста тұрған жоқ. Тек қана 7 жылжымалы құрам ең аз деген 8 минуттық интервалда қызымет көрсетеді. Қолданусыз тұрған 8 жылжымалы құрамды желіге қосатын болсақ аралық интервалды біршама азайтуға болады. Аралық интервал уақытын 5 және 4 минутқа түсіру үшін қанша жылжымалы құрам желіде болу керек екенін табтым.

Берілгені:

Желінің толық ұзындығы – 26,8 км

Бекеттерге тоқтау уақытын қосқанда толық айналым уақыты – 54 минут
 Жылжымалы құрамның жылдамдығы – 40 км/сағ
 Интервал уақыттары – 5 және 4 минут

Жылжымалы құрамның санын есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$N = \frac{t_{\text{толық айналым}}}{t_{\text{интервал}}} \quad (8)$$

Мұнда, N – Жылжымалы құрам саны
 $t_{\text{толық айналым}}$ – Желіні толық айналып шығу уақытты
 $t_{\text{интервал}}$ – Жылжымалы құрамдас арасындағы интервал уақыты

Интервал уақыты 5 минут болғанда:

$$N = \frac{54}{5}$$

$$N \approx 11 \text{ желілік құрам жүреді.}$$

Интервал уақыты 4 минут болғанда:

$$N = \frac{54}{4}$$

$$N \approx 14 \text{ желілік құрам жүреді.}$$

Жылжымалы құрамдар арасындағы арақашықтықты есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$D = \frac{S}{N} \quad (9)$$

Мұндағы, D - Арақашықтық
 N – Жылжымалы құрам саны
 S – жол ұзындығы

Интервал уақыты 5 минут болғанда:

$$D = \frac{26,8}{11}$$

$$D \approx 2,4 \text{ км}$$

Интервал уақыты 4 минут болғанда:

$$D = \frac{26,8}{14}$$

$$D \approx 1,91 \text{ км}$$

Жылжымалы құрамның жылдамдығын 40 км/сағ өзгерісіз қалдырып интервал уақытын азайту үшін жылжымалы құрам санын артыру бойынша жаңа әдістік

зерттеуді аяқтадым. 5 минут интервал жасау үшін жылжымалы құрам саны 11 – ге тең болу керек. Екі локомотив арасындағы арақашықтық 2,4 км құрайтын болады. Осы нәтижені өте қауіпсіз деп санаймын. Өйткені екі жылжымалы құрамның арасындағы арақашықтық бір – біріне қатты жақын болмаған және алыста емес. Екі құрамның бір – біріне соғысып қалу қатері болмайды дееп есептеймін.

Метрополитен жұмысын жақсартудың келесі әдісі жылжымалы құрамның жылдамдығын арттыру. Қазіргі таңда қолданыстағы жылжымалы құрамның жылдамдығы 40 км/сағ құрайды. Жаңа есептеулер енгізіп жылдамдықы 50 км/сағ артырып және желідегі жылжымалы құрам саны 8 – ге тең деп есептеймін. Берілген мәндерді қолданғанда аралық интервал қаншаға азаятының зертедім.

Берілгені:

Желінің толық ұзынллығы – 26,8 км

Жылжымалы құрамның жылдамығы – 50км/сағ

Бекеттер саны – 22

Әр бекетте тоқтау уақытты – 37 секунд

Желідегі жылжымалы құрам саны – 9

Жалпы желіні жүріп өту уақытын табуға арналған формула

$$t_{\text{жалпы}} = \frac{S}{v} + (N * t_{\text{тоқтау}}) \quad (10)$$

Бұл жерде, $t_{\text{жалпы}}$ - желіні жалпы жүру уақытты

$t_{\text{тоқтау}}$ - бекетте тоқтау уақытты

N – бекеттер саны

S – желі ұзындығы

v - жылдамдық

$$t_{\text{жалпы}} = \frac{26,8 \text{ км}}{50 \text{ км/сағ}} + (22 * 37 \text{ минут})$$

$$t_{\text{жалпы}} = 45 \text{ минут } 44 \text{ секунд}$$

Желіні толық айналып шығу уақыты 45 минут 44 секундқа тең.

Жылжымалы құрамдар арасындағы интервал уақытты табу үшін осы формуланы қолдандым.

$$t_{\text{интервал}} = \frac{t_{\text{толық}}}{n} \quad (11)$$

Мұнда, $t_{\text{толық}}$ – Желіні толық айналып шығу уақытты

$t_{\text{интервал}}$ – Жылжымалы құрамдас арасындағы интервал уақыты

n – Жылжымалы құрам саны

$$t \text{ интервал} = \frac{45 \text{ минут } 44 \text{ секунд}}{9}$$
$$t \text{ интервал} \approx 5 \text{ минут}$$

Жылжымалы құрамдар арасындағы арақашықтықты есептеу үшін осы формуланы қолдандым.

$$D = \frac{S}{N} \quad (12)$$

Берілгені, D - Арақашықтық
N – Жылжымалы құрам саны
S – жол ұзындығы

$$D = \frac{26,8}{9}$$
$$D \approx 3 \text{ км}$$

Зерттеу нәтижесі бойынша тұжырымдама. Егер жылжымалы құрамның жылдамдығын 50 км/сағ артыратын болса желідегі 9 жылжымалы құрамның интервал уақытты 5 минутқа тең болады. Жылжымалы құрамның арасындағы арақашықтық 3 км құрайтын болады. Егерде қауіпсіздік шараларын сақтай отырып жылдамдық артыратын болсақ метро желісін жұмысын жақсартуға мүмкіндік береді. Жұмыс күнде желінің аралық интервалы 5 минутты құрайтын болса, қаланың сырт аймақтарына Бауыржан Момышұлы бекеті арқылы бартын жолаушылар ағын бекетте бір шама азаяды. Интервал саны аз болған сайын вагондарда жолаушылар саны белгіленген сыйымдылықтан аспайтын болады. Жұмыс күндегі қарбалас уақытта жолаушылар вагонда емің еркін сыйуына болатындай жағдай жасалады. Платформа бөлімінде жолаушылар легі бір қалып түрде көбейуі байқалатын болады.

Алматы метрополитенінің жолаушылар шоғырланған бекеттері Сарыарқа және Бауыржан Момышұлы болып саналады. Бұл бекеттерде баратын және қарама ұарсы бағытта қаланың орталығыда орналасқан бекеттерге жету үшін жолаушылардың ағын біршама қалыпты деңгейге түсіру үшін келесі қолдануға болатын әдіс қарастырылды. Ол жылжымалы құрамдағы қазіргі таңдағы 4 вагон саның 5 вагонға дейін ұлғайту. 60 вагонды 5 вагоннан тұратын 12 жылжымалы құрам жасауға болады. Бір вагонға егер 1м² жерге 5 жолаушы сияды есептеген кезде жолаушы сыйымдылығы 173-ге тең. Қазіргі таңда метрополитен құрамындағы жылжымалы құрамға берілген шама арқылы есептесем құрамның сыйымдылығы 4*173=692 жолаушы болады. Егер 5 вагоннан тұратын жылжымалы құрам болса 5*173=865 жолаушыға дейін артады. Вагондар саның көбейту

жылжымалы құрамның жалпы санын азайтпай керісінше, бір жылжымады құрамда жолаушылардың сыйымдылығын 25% арттыруға мүмкіндік береді. Нәтижесінде қарбалас уақыттарда жолаушыларды жеткізуге қуаттылық артады.

Техникалық шаралар бойынша платформа бойынның ұзындығы 100-110 метрді құрайтын болғандықтан 5 вагон толығымен платформа бойына келіп тоқтай алады. Қосымша жарықтандыру және ақпарат көрсетілген белгілерді орналастыру қажеттіліктері туындау мүмкін.

Вагон санын көбейту өткізу қабілетінің тез әрі артық шығынды қажет ете бермитін әдісі болып саналады. Бірақта жолаушылардың жолаушылар құрамын күту уақыты интервалын азайтуға мүмкіндік бермиді. Себебі жылдамдық сәйкесінше 40 км/ сағат болып өзгерусіз қалады. Бұл дегеніміз платформа бойында жиналатын жолаушылардың топтасуы азаймайды және күту уақыттының өзгермитінің көрсетеді. Әдістің жақсы және әлсіз жақтарын зерттей келе бір жылжымалы құрамда тек қана жолаушыларды тасмалдау қуаты артатының қортындыладым.

3.3 Зерттеу нәтижелерінен алынған қортынды және метрополитен жұмысын жақсартудағы оңтайлы әдіс

Алматы қаласының метрополитен жұмысын жақсарту үшін жүргізілген зерттеу барысында Доха қаласындағы метрополитенің Алтын желісімен салыстыра отырып негізгі тиімді әдістер анықтадым. AnyLogic бағдарламасында екі қалада орналасқан метро желілерінің имитациялық моделін жасау арқылы кемшіліктер мен қандай жаңа мүмкіндіктерді қолдануға болатын көрінді.

Алматы метрополитен жүйесінде жолаушылардың ағынын азайту мақсатында тактикалық және техникалық әдістерді қарастырдым. Зерттеу үшін аралық интервалды азайту үшін жылжымалы құрам санын көбейту, локомативтің жылдамғын артыру және вагон санын ұлғайту болды.

Жолаушылар ағының басқарудағы алғашқы ең тиімді әдіс бұл аралық интервал уақытын желіге жылжымалы құрамдар санын артыру арқылы жасау. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде, желіні толығымен қайта айналып шығу жолныда тек қана 7 жылжымалы құрам қызмет көрсетеді. Метрополитен депосында барлығы 15 жылжымалы құрам болғандықтын, есептеу бойынша оның 8 жылжымалы құрамы резервте тұр қолданысыз. Осы әдіс бойынша рещервте тұрған жылжымалы құрамдарды қолданысқа енгізу. Интервал уақытын 5 минутқа дейін қысқарту үшін желінің бойында барлығы 11 жылжымалы құрам қызмет көрсетуі керек. Аралық интервал 4 минут болғаның қаласақ 14 жылжымалы құрам қолданыста болу керек. Әдісті тиімділігі бұл жылжымалы құрамды қолдана отырып максималды түрде аралық интервады азайтуға мүмкіндік беруі. Халық аралық тәжірбиелерге шолу жасағанда, Катар мемлекетіндегі Доха қаласында орналасқан

метрополитен желісі жылжымалы құрамдардың қозғалысынды максималды түрде ең жиі интервалдың көрсеткішін қолданады. Бұл дегеніміз қарбалас уақытта бекет ішінде платформа бөлімде жолаушылар ағының жүктемесін азайтуға және жолаушыларға жайлы қолданасты көрсетуге толығымен мүмкіндік береді. Сонымен қатар, интервалдың жиі болуы бекеттердегі жолаушылардың бір аумақта шоғырландыруын төмендетеді.

Кесте-2 – Алматы метрополитенінің жұмысы жақсартуға арналған әдістер

№	Әдіс түрі	Нәтиже қалай болады
1	Интервалды 4 және 5 минутқа қысқарту	Толық айналым 54 минут сақтап, жылжымалы құрам санын 11 және 14 ке дейін көбейту
2	Жылдамдықты 50 км/сағат дейін артыру	Жылдамдықты артырған уақытта айналым уақытты 45 минут 44 секундқа дейін төмендейді. Жылжымалы құрам саны өзгерісіз қалады. Екі локомотив арасындағы интервал уақытты 5 минутты құрайтын болады.
3	Жылжымалы құрамдағы вагон санын 5 – ке дейін ұлғайту	Жылжымалы құрамға қазіргі таңда жуықтап есептегенде 692 жолаушы сияды. Егер тағы бір вагон қосылса 865 жолаушыға дейін ұлғады. Бұл дегеніміз 25% - ға артты деген сөз
<i>Ескерту</i> — [1] дереккөздің негізінде автор құрастырған		

Жылжымалы құрамның жылдамдығын арттыру бұл уақыт үнемдеу мен тиімділікті арттырудың тетігі. Алматы қалалық метрополитенінің локомотивінің жылдамдығы 40 км/сағат құрайды. Екінші әдіс бойынша қолданыстағы жылдамдықты 50 км/сағатқа дейін артыру. Жылдамдықтың артуы арқылы жылжымалы құрам толық желіні 45 минутта айналып келеді. Бұл дегеніміз 9 минутқа дейін жүру уақытының азайғанын көрсетеді. Осы әдісті қолдананымасқа енгізілсе интервал уақыты орташа есеппен 5 минутқа дейін қысқарады. Аралық интервал уақытты және жылжымалы құрамның жылдамдығы артыруы бұл жолпушыларға деген ең керемет шешім болады. Себебі жолаушылар қалаған жеріне жоғры жылдамдықты аз уақыт ішінде баруға мүмкіндік алады. Алайда бұл әдісті енгізу үшін алдымен қауіпсіздік шараларының талаптары мен техникалық стандарттарға сәйкес болуын толығымен қамтамасыз етілуі керек. Жоғары жылдамдықты қолдану үшін локомотивтің тежегіш жүйесінің дұрыс жұмыс жасайтындығын толығымен тексерістен өткізген абзал болады. Қауіпсіздікті толығымен тексеріп және жетілдіру арқылы осы екінші әдісті толығымен қолданымасқа енгізуге болады.

Жолаушылардың сыйымдылығын артыру үшін вагон санын көбейту бұл әдіс жылжымалы құрамға жолаушылар санын артытуға мүмкіндік береді. Бірақта бұл әдіс басқа әдістер секілді өзінің интервал уақытын азайта алмайды және жылдамдық өзгерісіз қалады. Үшінші әдісті қолдану үшін метро бекеттерінің инфрақұрлымын өзгеріске алып келу шаралары туындайды. Салыстырмалы түрде қалған екі әдіспен салыстырғанда тиімділік және жолаушылардың топтасып жиналуын алдын алуға өзінің қатты қауқарсыз екенін көрсеті. Әдіс қарбалас уақытында 25%-ға көп жолаушыларды тасмалдауға мүмкіндік береді. Бірақ инфрақұрлымды толығымен жақсартуға жақсы шешім ретінде айтарлықтай тұрғыда қызмет көрсете алмайды.

Жүргізілген зерттеу мен ұсыныстар Алматы қаласының метрополитен жүйесінің қызмет көрсету сапасын артыруға барынша мүмкіндік бертеін болып саналады. Үш әдісті салыстырып қортындылап ең тиімді әдіс ол жылжымалы құрам санын қолданыста арттыру.

ҚОРЫТЫНДЫ

Алматы қаласының метрополитенің AnyLogic бағадарламасында имитациялық модельдеу арқылы практикалық түрде маңызы бар жаңа әдіснамалар жасалынды. Зерттеу нәтижесінде метро бекеттерінің жұмысын қазіргі таңдағы жағдайы және осы жағдайды қандай жолдармен жақсартуға болатының көрсетім.

Алматы метрополитенінің қазіргі жағдайы жолаушылар ағынының қарқынды өсуіне байланысты көлік инфрақұрлымын оңтайландыруды керек етеді. 2011 жылы пайдалануға берілген А – желісінің конфигурациясы бастапқы кезде қала тұрғындарының талабына сай келген болатын. 2024 жылдың соңғы ширегінде жолаушылар ағының әлі де арта түсуі метроның және оның бекеттерінің қызмет көрсетуіне айтарлықтай жүктеме түсіреді.

Зерттеу барысында өзге мемлекеттің метрополитенің қолдану салыстырмалы түрде жаңа әдістерді ұйымдастыруға мүмкіндік берді. Доха қаласының метрополитен жүйесі жаңадан салынған және еліміздегі метрополитен жүйесіне ұқсас желісі болғандықтан еліміздегі метрополитен жұмысын оңтайландыруға болатын жұмыстарды қарастырылды.

Ұсынылған кешенді талдау шаралары теориялық тұрғыда имитациялық модельі жасалғанмен, практикалық түрде іске асуына экономикалық және техникалық тұрғыдан бағалаулар жүргізуі тиіс. Қызмет көрсету сапасын оңтайландыруға ең жақсы деп таңылған екі әдісті пилоттық түрде іске асырып көру арқылы жолаушылардың өз ойын білуге болады. Жолаушыларға қайсы әдіс түрі ең тиімді және техникалық шаралары бойынша ең қауіпсізін таңдап күнделікті қолданысқа еңгісе болады деп есептеймін. Өйткені зерттелген жаңа әдістер жолаушылар үшін таңдалған және олардың жайлылықтары үшін.

Осылайша, бұл дипломдық жұмыс Алматы қаласының метрополитенің өткізу қабілетін арттыру мен жолаушыларға деген қызмет көрсету сапасын жақсарту бағытына негізделген. Тәжірбиелік тұрғыда негізделген үш әдіс ұсынылды. Кезең – кезенімен жаңа әдістерді қызмет көрсету барысында қолданылса қала тұрғындарына және қала қонақтарына деген өте жақсы жағдайда сенімді түрде жоғары жылдамтықта қала ішінде жүріп тұруға мүмкіндік жасайтын болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Samoilov G.K. THE ALMATY METRO RING-RADIAL NETWORK (Prospects of creation and integration in the Urban Public Transport system). - London / Almaty: Samoiloff Ltd Research Department, 2014.
- 2 Самойлов Г. К. Развитая сеть Алматинского метрополитена (формирование радиально-кольцевой системы) // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы большого города: архитектурная теория и практика» – Алматы: КазНТУ, 2013 : сборник материалов конференции. — 2013.
- 3 Кульбаев М. Н. Строительство первой очереди метрополитена в г. Алматы // Метро и тоннели. — 2006. — № 3. — С. 20—23.
- 4 Укшебаев М. Т. Метрополитен города Алматы // Метро и тоннели. — 2012. — № 2. — С. 46—47.
- 5 Есенкулова Р. Две новые станции метро открылись в Алматы. // Tengrinews.kz, 18 апреля 2015
- 6 Метрополитен Алматы в 2023 году осуществил перевозки 25 миллионов пассажиров. Газета «Вечерний Алматы», 23 ақпан 2024. Қолжетімдік күні: 05.01.2025. Архив көшірме: <https://web.archive.org/web/20240309183923/https://vecher.kz/metropoliten-almaty-v-2023-godu-osushchestvil-perevozki-25-millionov-passazhirov-1708927886>
- 7 Hyundai Rotem to supply trains for Almaty metro extension [Электронды ресурс] // Railway Gazette International. — 25.10.2018. — URL: <https://www.railwaygazette.com/modes/hyundai-rotem-to-supply-trains-for-almaty-metro-extension/47432.article>
- 8 Алматиналық метрополитен. Ережелердің жалпы тізімі [Электронды ресурс] // Ресми сайт Алматиналық метрополитен. — URL: <http://metroalmaty.kz/>
- 9 Панченко Т. Когда в Алматы построят ещё одну станцию метро [Электронды ресурс] // Forbes.kz. — 21.08.2023. — URL: https://forbes.kz/articles/kogda_v_almaty_i_postroyat_esche_odnu_stantsiyu_metro
- 10 <https://www.qr.com.qa/metro-tram?code=FactsAndFigures>
- 11 First Doha Metro trains arrive in Qatar [Электрондық ресурс] // The Peninsula Qatar. — 20.08.2017. — URL: <https://thepeninsulaqatar.com/article/20/08/2017/First-Doha-Metro-trains-arrive-in-Qatar>
- 12 Doha metro Gold Line opens [Электрондық ресурс] // Railway Gazette. — 25.11.2019. — URL: <https://www.railwaygazette.com/doha-metro-gold-line-opens/55297.article>

- 13 <https://themetrorailguy.com/metro-rail-systems/doha-metro-information-stations-route-map-fare-prices-pass-hours-timings/>
- 14 Victoire pour Keolis et RATP Dev au Qatar [Электрондық ресурс]// Ville-Rail-Transports.com. — 07.12.2017. — URL: <https://www.ville-rail-transports.com/ferroviaire/victoire-keolis-qatar/>
- 15 Mitsubishi Heavy, partners to supply subway system to Qatar [Электрондық ресурс]// Nikkei Asian Review. — 19.02.2015. — URL: <https://asia.nikkei.com/Business/Mitsubishi-Heavy-partners-to-supply-subway-system-to-Qatar>