

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Институт Металлургия және өнеркәсіптік инженерия
(институт атауы)
Кафедра Технологиялық машиналар, көлік және логистика
(кафедра атауы)
М104 - Көлік, көлік техникасы және технологиялары
Мамандық шифрі және атауы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі ТМК ж Л,
техн. ғылым, кандидаты, доцент
Қ.К. Елемесов
« » 2019 ж.

Магистрлік диссертация орындауға ТАПСЫРМА

Магистрант Сабетов Нурболат Нурбекович

Тақырыбы: Алматыдағы метро станциясы мен желісін жобалау кезінде имитациялық модельдеу

Университет Ректорының 2019 жылғы «03» 12 №435-м бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы «20» мамыр

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: Қолданыстағы имитация - лық модельдеудің құрылымдық түрлері, ғылыми-техникалық оқулықтар және Anylogic бағдарламасы

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Имитациялық модельдеу теориясы
- б) AnyLogic имитациялық модельдеу жүйесі туралы жалпы ақпарат
- в) Алматы қаласы метрополитенінің құрылымдық сипаттамасы

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

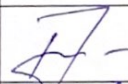
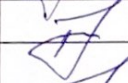
- а) Жұмыс бойынша презентациялы 20 слайд ұсынылды

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

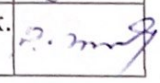
1. Борцев, А. Как строить красивые и полезные модели сложных систем: материалы конф. «Имитационное Моделирование. Теория и Практика» ИММОД- 2013. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2013.
2. Влацкая, И.В. Моделирование систем массового обслуживания: методические указания к расчетно-графическим работам / И.В.Влацкая, О.А.Татжибаева. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2005.
3. Гнеденко, Б.Б. Введение в теорию массового обслуживания / Б.Б.Гнеденко, И.Н.Коваленко. – М., Наука, 1966.

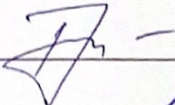
4. Девятков, В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография / В.В.Девятков. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА– М, 2013.
5. Задорожный, В.Н. Имитационное моделирование: учеб. пособие/ В. Н. Задорожный. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1999.
6. Замятина, О.М. Моделирование систем: учеб. пособие / О.М Замятина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009.
7. Замятина, Е.Б. Современные теории имитационного моделирования (Специальный курс для магистров второго курса). Пермь: ПГУ, 2007,
8. Ивченко, Г.И. Теория массового обслуживания / Г. И. Ивченко, В. А. Капитанов, И. Н. Коваленко. – М.: Высш. школа, 1982
9. Борцев, А. Как строить красивые и полезные модели сложных систем: материалы конф. «Имитационное Моделирование. Теория и Практика» ИММОД- 2013. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2013.
10. Влацкая, И.В. Моделирование систем массового обслуживания: методические указания к расчетно-графическим работам / И.В.Влацкая, О.А.Татжибаева. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2005.
11. Гнеденко, Б.Б. Введение в теорию массового обслуживания / Б.Б.Гнеденко, И.Н.Коваленко. – М., Наука, 1966.

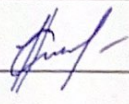
Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Имитациялық модельдеу теориясы бойынша материалдарды жинау	15.04.2020 ж.	
Есептеулер мен зерттеу нәтижелері	24.12.2020 ж.	
Anylogic модельдеу бағдарламасында эксперименттер жүргізу	14.04.2021 ж.	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен
норма бақылаушының қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Имитациялық модельдеу теориясы бойынша материалдарды жинау	Муханова Г.С., т. ғ. к., ассоц. профессор	15.04.2020 ж.	
Есептеулер мен зерттеу нәтижелері	Муханова Г.С., т. ғ. к., ассоц. профессор	24.12.2020 ж.	
Anylogic модельдеу бағдарламасында эксперименттер жүргізу	Муханова Г.С., т. ғ. к., ассоц. профессор	14.04.2021 ж.	
Норма бақылаушы	Р.А. Козбагаров, т. ғ. к., доцент	20.05.2021 ж.	

Ғылыми жетекші  Муханова Г.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Сабетов Н.Н.

Күні

«06» желтоқсан 2019 ж.

АНДАТПА

Жұмыста Алматы қаласының метрополитен желісі мен станциясын жобалау кезіндегі имитациялық модельдеу қарастырылады. Компьютерлік технологиялар мен информатиканың дамуы арқасында күрделі мәселелерді шешу оңай бола бастады, оларды шешу үшін үлкен уақыт пен қаржылық шығындар қажет. Имитациялық модельдеуді қолдана отырып, олардың шешімдерін жеңілдетуге және шығындарды азайтуға болады.

Жоба кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және 16 әдебиеттер тізімінен тұрады.

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается имитационное моделирование при проектировании линии и станции метрополитена г. Алматы. Благодаря развитию компьютерных технологий и информатики стало легче решать сложные задачи, для решения которых требуются большие временные и финансовые затраты. Используя имитационное моделирование, можно упростить их решение и снизить затраты.

Проект состоит из введения, трех глав, заключения и 16 списка литературы.

ABSTRACT

The paper considers simulation modeling in the design of the Almaty metro line and station. Thanks to the development of computer technology and computer science, it has become easier to solve complex problems that require large time and financial costs. Using simulation, you can simplify their solution and reduce costs.

The project consists of an introduction, three chapters, a conclusion, and 16 references.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Метрополитен желісі мен станциясын жобалау кезіндегі имитациялық моделдеудің теориялық негіздері.....	10
1.1 Имитациялық модельдеу теориясы	10
1.2 Имитациялық модельдеу әдісінің мәні мен маңыздылығы	16
1.3 AnyLogic имитациялық модельдеу жүйесі туралы жалпы ақпарат	20
1.4 Метрополитеннің қала өміріне әсері	22
2 Метрополитен желісі мен станциясын жобалауда имитациялық модельдеудің практикалық аспектілері	25
2.1 Көлік жүйесін жобалаудағы имитациялық модельдеу әдісінің шетелдік тәжірибесі	25
2.2 Алматы қаласы метрополитенінің құрылымдық сипаттамасы.....	32
2.3 Метрополитен желісі мен станциясын жобалау кезіндегі имитациялық моделдеуді қолдану және оның әдістрі.....	39
2.4 Метрополитен станцияларына арналған авариялық-құтқару құралдарының жиынтығын есептеу үшін имитациялық модельдеу әдістерін қолдану	43
2.5 Жоғары жылдамдықты көліктегі тексеру пунктін өткізу қабілетін оңтайландыру әдісі.....	45
3 Метро станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделі	50
3.1 Модельденетін метро станциясының құрылымдық сипаттамасы	50
3.2 «Райымбек батыр» станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделін құру.....	51
3.3 Құрылған имитациялық модельдің есептік эксперименті	61
3.4 «Райымбек батыр» метро станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделінің нәтижелерін талдау	62
Қорытынды	64
Қолданылған әдебиеттер тізімі.....	65

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Имитациялық модельдеу объектінің тікелей сипаттамасына негізделген. Мұндай модельдердің маңызды сипаттамасы - объект пен модельдің құрылымдық ұқсастығы. Бұл шешілетін мәселе тұрғысынан объектінің әрбір маңызды элементінің модель элементіне сәйкес келетіндігін білдіреді. Имитациялық моделді құру кезінде объектінің әр элементінің жұмыс істеу заңдылықтары және олардың арасындағы байланысы сипатталады. Имитациялық модельмен жұмыс дегеніміз, эксперимент жүргізу болып табылады. Эксперимент барысында модельде жүретін үдеріс нақты объектідегі үдеріске ұқсас. Сондықтан объектіні оның имитациялық моделінде зерттеу, эксперимент барысында болатын процестің сипаттамаларын зерттеуге әкеліп соғады. AnyLogic - бұл көп өлшемді модельдеу мүмкіндігін ұсынатын алғашқы құрал болып табылады. Имитациялық модельдеу - дұрыс шешімді табудың жалпыға бірдей қабылданған құралы. Бұл процесс екі үлкен кезеңнен тұрады: модельді әзірлеу және дамыған модельді талдау. Имитациялық модельдеу күрделі процестер мен құбылыстардың мәнін нақты жүйемен емес, оның моделімен тәжірибе жүргізу арқылы зерттеуге мүмкіндік береді. Яғни, модельдеу күрделі қатынастар мен көптеген қолданылатын технологиялары бар күрделі жүйенің сәтті жұмыс істеуі үшін оңтайлы шешім табу қажет болған жағдайда қолданылатын әдіс болып табылады. Жүйенің жұмысын ұйымдастыру туралы ақылға қонымды шешім қабылдау үшін жүйенің барлық сипаттамаларын білу қажет емес, тек оның жеңілдетілген, жуық көрінісін талдау әрқашан жеткілікті. Жаңа модельдеу жүйелерін құру саласында болашақ жүйенің маңызды сипаттамаларын оның дамуының алғашқы кезеңдерінде зерттеу имитациялық модельдеудің ең басты міндеті болып табылады. Имитациялық модельдеу көмегімен болашақ жүйенің қиындықтарын зерттеуге, өнімділікті, құнын, өткізу қабілеттілігін, оның барлық негізгі сипаттамаларын жүйе құрылғанға дейін бағалауға болады.

Зерттеудің обьктісі - метро желілері мен станциялары.

Зерттеудің тақырыбы - метро желілері мен станцияларын жобалау кезіндегі имитациялық модельдеу болып табылады.

Зерттеудің мақсаты - метрополитеннің оңтайлы желілері мен станцияларын дамыту.

Мақсатқа сәйкес келесі міндеттер қойылды:

1. Метрополитен желілерін жобалау кезінде имитациялық модельдеуді қолдану бойынша шолу жүргізу
2. Алматы қаласының метрополитен желісі мен станциясының қазіргі күйіне және даму перспективаларына шолу жүргізу
3. Эксперименттер жүргізу үшін имитациялық модельді анықтау.
4. Тәжірибелер негізінде метрополитеннің оңтайлы желілері мен станцияларын анықта

1 Метрополитен желісі мен станциясын жобалау кезіндегі имитациялық моделдеудің теориялық негіздері

1.1 Имитациялық модельдеу теориясы

Қазіргі уақытта басқару шешімдерін дайындау зерттелетін жүйелердің динамикасына әсер ететін көптеген факторларды ескеруді талап етеді. Шешім қабылдаушылар жүздеген түрлі сценарийлерді (шешім нұсқаларын) талдауы керек, бұл әртүрлі типтегі имитациялық модельдерді әзірлеуді, осы модельдерді мәліметтер базасымен және деректер қоймасымен біріктіруді, Имитациялық модельдер үшін оңтайландыру модульдерін құруды қажет етеді. Имитациялық модельдеудің мәні нақты жүйенің мінез-құлқын модельдеу (имитация жасау) мақсатында пайдалану үшін зерттелетін жүйенің математикалық моделін компьютерлік жүзеге асыру болып табылады [1].

Қаланың дамуы мысалында қарастырайық. Қала үшін барлық негізгі сегменттердің теңгерімді дамуы маңызды екені белгілі (тұрғын үй құрылысы, денсаулық сақтау, көлік және т.б.). Алайда, инвестициялық жобаларды жоспарлау кезінде кері байланыс деп аталатын әсердің салдарын бағалау қиын. Мысалы, жаңа тұрғын үйлер салу көлік және әлеуметтік инфрақұрылымдарды (жаңа жолдар, мектептер, ауруханалар салу және т.б.) дамытуды талап етеді [2]. Алайда, қазіргі заманғы мегаполистерге тән бос аумақтардың тапшылығы жағдайында ілеспе инфрақұрылымға жеткілікті көңіл бөлінбейді. Нәтижесінде жаңа тұрғын үйлерді іске қосу (атап айтқанда, нақты құрылыс салу) жоспарланған жақсартудың орнына шағын аудандағы халықтың өмір сүру сапасын нашарлатуы мүмкін. Бұл жағдайда ішкі кері байланыстарды ескеретін және стратегиялық шешімдердің салдарын оларды іс жүзінде іске асырғанға дейін бағалауға мүмкіндік беретін қаланың имитациялық моделін (smarter city сыныбының жүйесі) әзірлеу қажет [3].

Келесі мысал әртүрлі жағдайларда адамдардың мінез-құлқын зерттеуге қатысты. Мысалы, жаяу жүргіншілердің қозғалысы, жабық кеңістіктегі көпшіліктің мінез-құлқы, адамдарды жанып жатқан ғимараттан эвакуациялау және т.б. сонымен бірге, адамдарды жалпы кеңістікке орналастыру ықтималдылығы және төтенше жағдайлар кезінде хаотикалық бағытқа айналуы қарастырылады. Ықтималдық сипаттамалары бар осындай күрделі жүйелерді зерттеу сирек кездесетін нақты бақылаулар негізінде ғана мүмкін емес екені анық. Адам ағынын оңтайлы басқару сценарийлерін жасау үшін имитациялық модельдеуді қолдану қажет. Айта кету керек, қазіргі уақытта имитациялық модельдеуді қолдану аясы іс жүзінде шектеусіз. Имитациялық модельдер жекелеген кәсіпорындар мен корпорациялардың мінез-құлқын зерделеу, нарықтық тепе-теңдікті зерттеу, экономикадағы мемлекеттік реттеудің салдарын бағалау, логистикалық жүйелерді оңтайлы басқару, эпидемиологияны зерттеу (аурулардың таралу динамикасын болжау) және басқа да практикалық міндеттерді шешу үшін әзірленеді.

Алдымен бірқатар маңызды анықтамаларды қарастырайық.

Модельдеу дегеніміз - зерттеу объектілерін тікелей емес, жанама түрде, кейбір басқа көмекші нысандарды талдау арқылы зерттеу. Мұндай көмекші нысандарды біз модельдер деп атаймыз [4].

Қазіргі уақытта модельдеудің әртүрлі түрлері қолданылады, мысалы:

- математикалық модельдеу;
- компьютерлік модельдеу;
- логикалық модельдеу;
- физикалық модельдеу;
- имитациялық модельдеу;
- графикалық модельдеу және т.б.

Сонымен қатар, осы тізімнің ішінде имитациялық модельдеуді олардың прототиптеуіне негізделген күрделі жүйелердің динамикасын зерттеудегі маңызды бағыт ретінде бөліп көрсету керек. Имитациялық модельдерді құру модельдеудің басқа әдістерін қолдануды жоққа шығармайтынын атап өткен жөн. Мысалы, бастапқыда кейбір өзара әрекеттесетін объектілердің (экономикалық агенттердің) экономикалық-математикалық мінез-құлық моделі жасалынған, содан кейін оның негізінде зерттелетін объектілердің ықтималдық сипаттамаларын ескеретін имитациялық моделі жасалынған жағдайы тән.

Модель - бұл зерттеу процесінде түпнұсқаны алмастыратын, осы зерттеу үшін маңызды типтік қасиеттерді сақтайтын материалдық немесе ойша ұсынылған объект. Тиісті түрде салынған имитациялық модель нақты объектінің мінез-құлқын толық масштабты эксперименттерсіз зерттеуге мүмкіндік береді.

Имитация - уақыт өте келе күрделі жүйелердің мінез-құлқын сипаттайтын математикалық модельдермен эксперименттер жүргізудің сандық әдісі.

Имитациялық модельдеу - зерттелетін жүйенің жұмыс істеу процесін компьютерде ойнату (модельдеу), бұл модель уақытының белгілі бір нүктелерінде жүйенің және оның жеке элементтерінің күйін зерттеуге мүмкіндік береді.

Модель уақыты - бұл модель жұмыс істейтін "сығылған" уақыт, немесе нақты жүйенің уақытына еліктейтін уақыт. Мысалы, Стратегиялық жоспарлау көкжиегінде 20 жыл жұмыс істейтін кәсіпорынның имитациялық моделі сығылған уақыт режимінде 1 минут ішінде компьютерде жасалуы мүмкін. Айта кету керек, модельді іске қосудың нақты уақыты тек модель уақытының параметрлеріне ғана емес, сонымен қатар имитациялық модельдің өлшеміне, компьютерлердің есептеу мүмкіндіктеріне және т. б. байланысты.

Модельдеуші алгоритм - GPSS World класын модельдеу жүйесінде модельдеу уақытын жүзеге асыру әдісі. Атап айтқанда, детерминистік модельдеу алгоритмін (t модель уақытының тұрақты қадамы негізінде құрылған негізгі алгоритм), синхронды модельдеу алгоритмін, асинхронды модельдеу алгоритмін және т. б. ажырату.

Имитациялық модель және ақпараттық жүйе - бұл, әдетте, имитациялық

модельдеу жүйесін (Powersim, AnyLogic және т. б.) сыртқы ақпараттық жүйелермен (мәліметтер базасы, деректер қоймасы, веб-серверлер және т. б.) біріктіру болып табылатын бағдарламалық кешен.

Ақпараттық жүйе арқылы имитациялық модельді жаңғырту әдістері - имитациялық модельдің стандартты функционалын кеңейтетін сыртқы бағдарламалық кітапханаларды (DLL сыныбы, JAR кітапханалары және т. б.) пайдалануға негізделген имитациялық моделдеу тәсілі. Атап айтқанда, осы модельді сыртқы қосымшадан бағдарламалық басқару арқылы Powersim, AnyLogic және басқа жүйелерде енгізілген имитациялық модельдің кез-келген есептеу элементтерінің (атап айтқанда, динамикалық айнымалылар) мәндерін жаңарту мүмкіндігі бар. Осылайша, Powersim және MatLab, AnyLogic және GPSS сияқты жүйелерді қосуға болады.

Имитациялық модельдеудің мүмкіндіктері мен қолдану көлемі имитациялық модельдеудің қолданылатын әдістері мен құралдарымен анықталады. Қазіргі уақытта модельдеу іс жүзінде барлық қызмет салаларында қолданылады, соның ішінде:

- әр түрлі экономикалық субъектілердің (кәсіпорындар, салалар, аймақтар және т. б.) мінез-құлқын зерттеу үшін;
- әр түрлі ұйымдастырушылық құрылымдарда оңтайлы стратегиялық және жедел шешімдерді іздеу;
- күрделі өндірістік жүйелерде (мысалы, мұнай өндеу зауыттарында) оңтайлы басқаруды қолдану;
- жоғары технологиялық динамикалық жүйелерді (мысалы, ұшақтар, суасты қайықтары, байланыс жүйелері және т. б.) жобалауда қолдану;
- әр түрлі сценарийлік жағдайлардағы әлеуметтік жүйелердің мінез-құлқын зерттеу;
- аурулардың таралу динамикасын зерттеу, биологиядағы, биоинженериядағы және денсаулық сақтаудағы процестерді модельдеу.

Жүйелік динамика - бұл жүйені абстракцияның жоғары деңгейінде ұсынуға негізделген, оның элементтері ағындар, дискілер, қосалқы айнымалылар және субмодельдер жиынтығы ретінде қолдануға негізделген имитациялық модельдеу әдісі.

Жүйелік динамикалық модельді дамыту бірнеше сатыда жүзеге асырылады.

- Статистикалық деректерді талдау. Себеп-салдарлық байланыстарды сәйкестендіру.
- Когнитивті модельдеу-себеп-салдар байланыстарының картасын әзірлеу.
- Бір уақыттағы теңдеулердің динамикалық жүйесі түрінде ұсынылған математикалық модельді жасау. Статистикалық пакеттерді қолдана отырып модель коэффициенттерін есептеу.
- Математикалық модельді жүйелік динамика әдістерін қолданатын модельдеу платформасында енгізу (мысалы, Powersim).

- Имитациялық модельді деректер көздерімен біріктіру (MS Excel, мәліметтер базасы).
- Сандық эксперименттер жүргізу. Модельді калибрлеу. Тарихи деректерге модельді тексеру (модельдің нақтылығын растау).
- Жүйелік-динамикалық имитациялық модельді қолдана отырып, ең жақсы басқару, стратегиялық және жедел шешімдерді іздеу.

Бұл тәсіл барлық негізгі себеп-салдарды, соның ішінде кері байланыстарды ескере отырып, уақыт өте келе күрделі жүйенің мінез-құлқын зерттеуге мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта жүйелік динамиканың әртүрлі қосымшалары белсенді дамып келеді, атап айтқанда экономикалық динамика, бизнес динамикасы, әлемдік динамика, қалалық динамика және т. б. [5].

Айта кету керек, жүйелік-динамикалық модельдерде келесі шартты жіктеулер бар:

- бір мезгілде сызықтық емес теңдеулер жүйесі ретінде жүзеге асырылатын сызықтық емес модельдер;
- бір мезгілде сызықтық теңдеулер жүйесі ретінде жүзеге асырылатын сызықтық модельдер.

Өз кезегінде, сызықтық және сызықтық емес жүйелік динамикалық модельдер тұрақсыз және тұрақты, тұрақты және өзгеретін режимде болуы мүмкін.

Жүйелік - динамикалық модельдер детерминистік және детерминистік емес болуы мүмкін, яғни ықтималдық сипаттамаларының әсерін ескеру керек [6].

Имитациялық модельдеуде жүйелік динамикалық тәсілді қолданудың негізгі артықшылықтарының арасында мыналар ерекшеленеді:

- сценарийлерді модельдеу-бастапқы деректерді өзгерту кезінде болашақтың әртүрлі нұсқаларын есептеу;
- модельденген ортадағы ең маңызды факторларды анықтау, содан кейін қауіп-қатерлер мен мүмкіндіктердің маңыздылығы бойынша әсер ету факторларын саралау;
- енгізілген деректер мен алынған нәтижелердің көрінуі. Себеп-салдарлық байланыстар графигі, уақытша кестелер және диаграммалар түрінде ұсыну мүмкіндігі;
- модельдеу моделінің интерактивтілігі. Модель уақытының кез келген сәтінде дұрыс бағытта басқару әсерінің мүмкіндігі;
- жүйелік динамика технологиясын қолданудың әмбебаптығы. Дифференциалдық және айырмашылық теңдеулерімен модельделген процестердің сипаттамасы. Қажетті мақсаттар тұрғысынан бақыланатын ресурстар қозғалысының көрінісі және қозғалыс траекториясының көптеген шектеулерден шығуына жол бермеу.

Қазіргі уақытта есептеу мүмкіндіктерінің дамуына байланысты жүйелік динамиканың әдістері модельдеудің әртүрлі жүйелерінде, атап айтқанда Powersim Studio, iTHINK, AnyLogic және т. б. қолданылады.

Powersim жүйесінде жүзеге асырылған динамикалық модель, шын

мәнінде, нақты әлем процестерін сипаттайтын (мысалы, тұтынушы мен өндірушінің өзара әрекеттесу процесі, өндіріс процесі, өнімнің өмірлік циклі, қосылған құнды қалыптастыру және т.б.) Коши түріндегі бірінші типтегі дифференциалдық теңдеулер жүйесі болып табылады. Powersim жүйесіндегі модель нақты статистиканы қолданып есептелетін (компьютерлік) модельдер класына жатады.

Powersim моделі "сығылған" уақыт режимінде жұмыс істейді, онда компьютерде модельдің нақты іске қосылуы бірнеше секунд (минут) ішінде жүзеге асырылады, барлық басталған оқиғаларды нақты уақыт осіне көрсетеді, қолданушыға болашаққа "лезде" қарауға, жүйенің белгілі бір сценарийлік жағдайлар мен сыртқы әсерлерге реакциясын жедел талдауға мүмкіндік береді [2].

Мұндай жүйенің пайдаланушылары топ-менеджерлер, ғалымдар, стратегиялық жоспарлауға жауапты компаниялардың бірінші тұлғалары және т. б болып табылады.

Powersim технологиясының дәстүрлі ситуациялық модельдеу әдістерімен салыстырғанда негізгі артықшылықтары:

- жүйелік динамиканы қолдау, яғни модельдердегі кері байланыс пен артта қалудың күрделі жүйесін есепке алу;
- компанияның ақпараттық жүйесіне имитациялық модельдің ендірілуі (модельдеу және болжауды кәсіпорынның нақты бизнес-процестеріне интеграциялау);
- деректердің көп өлшемді құрылымдарымен жұмыс істеуді қолдау (мысалы, өнім бойынша ғана емес, сонымен қатар кәсіпорындар, өңірлер, салалар және т. б. бөлінісінде құнын есептеу, яғни "деректердің барлық көп өлшемді құрылымы үшін бір формула" қағидаты бойынша);
- барлық ағындық процестердің визуалды сипаты, нәтижесінде бұрын "жабық" деп есептелген күрделі процестер де көрнекі және өзін-өзі құжаттауға айналады (модельдік деңгейде);
- басқа бағдарламалық өнімдермен, соның ішінде MS Excel, SAP SEM-BPS (strategic enterprise management — business planning and simulation), әртүрлі дерекқорлармен (MS SQL Server, Oracle және т. б.), веб-серверлермен, геоақпараттық жүйелермен және т. б. (Powersim SDK кітапханасы арқылы) интеграциялануы;
- кіріктірілген оптимизаторлар мен қосылатын генетикалық алгоритмдерді қолдана отырып, күрделі оңтайландыру мәселелерін шешу мүмкіндігі.

Жүйенің кез-келген кіріс сигналына реакциясы өтпелі процесс деп аталады. Өтпелі ұғымды күйлер үшін де, жүйенің шығуы үшін де қолдануға болады. Модельдеу кезінде біз жүйенің шығу мәніне қызығушылық танытатындықтан, көбінесе өтпелі процесс шығыс сигналдарына жатады. Өтпелі кезең-бұл кіріс сигналының пайда болуы нәтижесінде жүйенің қаншалықты жылдам және қандай жаңа күйге ауысатынын көрсететін жүйенің уақыт бойынша жұмыс істеуінің көрсеткіші. Жүйе тепе-теңдікте болады, егер

оның жағдайы шексіз уақытқа өзгеріссіз қалса. Жүйеде бірнеше тепе-теңдік күйі болуы мүмкін. Ол кіріс сигналдарының немесе ішкі себептердің әсерінен бір тепе-теңдік күйінен екіншісіне ауыса алады. Егер кіріс сигналының әсерінен ол бір тепе-теңдік күйінен екіншісіне ауысса, жүйе тұрақты деп аталады.

Powersim имитациялық моделі уақыт тұрғысынан динамикалық, бірақ модельдің өзін өзгерту мағынасында емес. Динамикалық жүйенің моделіне кіретін барлық айнымалылардың мәндері модель уақытының әр сәтінде есептеледі. Содан соң белгілі бір аралықтан кейін ескі мәндер негізінде айнымалылардың жаңа мәндері есептеледі, осылайша, модель фазалық кеңістіктегі белгілі бір траектория бойынша модель уақытының берілген кесіндісінде дамиды [3].

Жүйелік динамиканың модельдерін құру үшін төрт типтегі айнымалылар қолданылады: уақыт, деңгей, қарқын және көмекші айнымалылар.

"Уақыт" түріндегі айнымалы жүйелік динамика моделі үшін бастапқы болып табылады. Оның мәні жүйелік таймермен жасалады және дискретті түрде өзгереді, яғни белгілі бір бастапқы мәннен бастап, әр сағат үшін уақыт алдын-ала белгіленген мәнге артады, ол модель уақытының бірлігі ретінде қызмет етеді. Сағат саны мен уақыт бірлігі - бұл модельдің алдын-ала анықталған параметрлері.

"Деңгей" түріндегі айнымалы модель бастапқы сәттен бастап қазіргі уақытқа дейін өмір сүру кезінде белгілі бір резервуарда жинақталған "өнімнің" көлеміне (санына) тең. Ақпараттық (материалдық, қаржылық, адами) ағындар осы резервуарға келіп түсуі және одан алынуы мүмкін. Ағымдағы уақыттағы деңгей айнымалысының мәнін алдыңғы сәттегі оның мәні мен модель уақытының бірлігіне өнімнің кіріс және шығыс ағындарының мәндерінің айырмашылығына тең шаманың қосындысы ретінде есептеуге болады. Материалдық және адами ресурстардың деңгейлері сияқты айқын мысалдардан басқа, осы типтегі айнымалылар жинақталған ақпарат көлемін сипаттай алады, белгілі бір уақытқа белгілі бір оқиғалардың субъективті ықтималдығын бағалау ретінде қызмет ете алады, белгілі бір процестің кейбір субъектілерінің басқаларға әсер ету мөлшерін білдіре алады.

"Қарқын" түріндегі айнымалы уақыт бірлігіне сәйкес резервуардан келетін немесе шығарылатын өнімнің көлеміне тең. Бұл айнымалының мәні оған сыртқы әсерлерге байланысты өзгеруі мүмкін.

Деңгейлер жүйенің статикалық күйін сипаттайды, ал қарқыны оның динамикасын сипаттайды. Мысалы, белгілі бір уақытта жүйеде барлық процестер тоқтайды деп елестетсеңіз, онда деңгейлер тоқтаған кезде болған мәндерге ие болады, ал қарқын нөлге тең болады.

Деңгейлер мен қарқындардан басқа, жүйелік динамик модельдерін құру кезінде "көмекші айнымалылар" (auxiliary) қолданылады. Бұл айнымалылар басқа айнымалылардан алынған математикалық функциялардың тұрақтыларына немесе мәндеріне тең болуы мүмкін (оның ішінде "уақыт"

түріндегі айнымалы), яғни, кейбір сандық мәндерді басқаларына түрлендіруге мүмкіндік береді.

Кері байланыс циклінің қарапайым мысалы кіріс қарқынын құрайды, оның мәні осы темп кіретін резервуар үшін деңгей мәніне байланысты болады.

1.2 Имитациялық модельдеу әдісінің мәні мен маңыздылығы

Модельдеу формасы - объектіні оның нақты мазмұнынан өзгеше құралдармен ұсынуды білдіреді. Имитациялық модельдеу - бұл барлық жүйелерді құруға және жұмыс істеуге қатысатын адамдар үшін өте үлкен мағынасы бар кең ұғым [1].

Іске асыру сәтіне дейін болашақ жүйені сипаттау, сынау және өзгерту мүмкіндігі бар болса, ол шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Жүйелік модель уақыт пен нәтижелерге сәйкес дамуға мүмкіндік береді, бұл шығындар мен қамтамасыз етілген процестің ықтималдылығы тұрғысынан маңызды. Әзірленген модельдің қасиеті жақсарады, бұл кіріктірілген мәліметтер базасының құрылымын оңтайландыруда көрінеді. Басқару ақпаратын үйлестіру және жүйелеу кезеңі таңдалған ақпарат массивтерін ақпараттық басқару ортасының құрылымдық дерекқорына ретке келтіруге болады. Бұл қадамда модельді қалыптастыру процесін қамтамасыз етуге баса назар аударылады - ақпараттық, бағдарламалық, техникалық, математикалық, әдістемелік және ресурстық. Басқару процесін ақпараттық қамтамасыз етуді модельдеу процесінің негізгі қайшылықтарын шешуге бағытталған жүйелік модель негізінде жұмыс моделінің жақсырақ орналасуы негізделген.

Имитациялық модельдеу процесі.

Имитациялық модельді дәйекті дамыту процесі қарапайым модель жасаудан басталады. Бұл модель біртіндеп күрделене түседі. Күрделілік шешілетін мәселенің талаптарына сәйкес келеді.

Имитациялық модельдеу процесі келесі кезеңдерге бөлінеді:

- мәселені тұжырымдау (мәселе сипатталады, алдағы зерттеудің мақсаттары анықталады)
- модельді әзірлеу (модельденетін жүйенің логикалық-математикалық сипаттамасы, сипаттама мәселенің тұжырымдамасына сәйкес жүреді)
- деректерді дайындау (деректерді жинау, сәйкестендіру, спецификация)
- үлгіні аудару (модель компьютерге арналған тілге аударылады)
- верификация (машиналық бағдарламалардың дұрыстығы белгіленеді)
- валидация (имитациялық модельдің нақты жүйеге сәйкестігін және қажетті дәлдігін бағалау)
- стратегиялық және тактикалық жоспарлау (имитациялық модельмен эксперимент жүргізу шарттары анықталады)

- эксперимент (қажетті ақпаратты алу үшін имитациялық модельді компьютерге енгізу)
- нәтижелерге талдау жүргізу (есепті шешу бойынша қорытындылар мен ұсынымдар дайындау үшін алынған нәтижелерді зерттеу)

Имитациялық зерттеудің бірінші міндеті-мәселені анықтау, сонымен қатар алдағы зерттеудің мақсаттарын дәл тұжырымдау. Әдетте, мәселені анықтау-бұл зерттеу барысында пайда болатын үздіксіз процесс. Ол зерттелетін мәселенің ашылуына және оның жаңа аспектілерінің пайда болуына қарай қайта қаралады [2].

Мәселенің алғашқы анықтамасы тұжырымдалғаннан кейін жүйе моделін құру кезеңі басталады. Модель жүйенің статикалық және динамикалық сипаттамасын қамтиды. Статикалық сипаттамада жүйенің элементтері, олардың сипаттамалары анықталады. Динамикалық сипаттамада жүйе элементтерінің өзара әрекеттесуі анықталады, нәтижесінде уақыт өте келе оның күйі өзгереді.

Модельді қалыптастыру процесі көбінесе шығармашылық процесс болып табылады. Модельді жасаушы жүйенің құрылымы туралы түсінікке ие болуға, оның жұмыс істеу критерийлерін анықтауға және қажет емес мәліметтерді алып тастай отырып, олардағы ең маңыздысын атап өтуге міндетті. Модельдің егжей-тегжейлі дәрежесі оны құру мақсатына байланысты. Зерттелетін мәселені шешу үшін маңызды компоненттерді ғана қарастырған жөн. Қиындықты тұжырымдау сатысында да, модельдеу сатысында да модель жасаушы мен оның қолданушыларының тығыз өзара әрекеттесуі қажет. Модельдің "алғашқы эскизі" салынуы, талдануы және талқылануы керек. Барлық нұсқаларда әзірлеушілерден үлкен жауапкершілікті және зерттелетін жүйенің мүмкін еместігін көрсетуге дайын болуды талап етеді. Бірақ модельдеудің эволюциялық процесі әзірлеушілер жасаған дәлсіздіктерді тезірек анықтауға және оларды дәл көрсетуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, мәселені тұжырымдау және модельді дамыту қадамындағы тығыз өзара әрекеттесу пайдаланушының модельдің дұрыстығына деген сенімін қалыптастырады, сондықтан Имитациялық зерттеу нәтижесін сәтті жүзеге асыруға ықпал етеді.

Имитациялық модельдер машинамен өңдеуге арналған. Сондықтан, модельдің өзінен басқа, оны компьютерге енгізу құралдары, деректерді өңдеудің және нәтижелерді шығарудың тиісті бағдарламалары қажет. Бірыңғай кешен: деректерді енгізу құралдары, деректердің өзі, мәліметтердің өзара байланысын және олармен манипуляцияны сипаттайтын модельдер, модельді өңдеу бағдарламалары, компьютерде өңдеу нәтижелерін беру бағдарламалары [7].

Имитациялық модельдеу - бұл адам және машина процедураларын қолдана отырып, өндірістік мәселелерді шешуге бағытталған, бірақ сонымен бірге өте қызықты зияткерлік қызметтің күрделі бөлімі. Модельдеу арқылы объектілерді жобалау, өткізу қабілетін таңдау, басқару ережелері, әзірленген бағдарламалар мен жоспарлардың шынайылығын бағалау және т. б. мәселелер

шешіледі.

Имитациялық модельдеу әдісінің артықшылықтары:

- кез-келген жағдайдың алгоритмін құру мүмкіндігі
- жағдайды талдау үшін салыстырмалы түрде аз уақыт шығындары
- ықтималдық сипаттағы сыртқы орта факторларын есепке алу
- ең күрделі өндірістік жүйелердің шешімдерін талдау және іздеу мүмкіндігі
- өндірістік жағдайларда эксперименттерді болдырмау

Модельді жасап, бастапқы деректерді жинағаннан кейінгі келесі міндет-модельді компьютер үшін қол жетімді пішінге ауыстыру. Имитациялық модельді бағдарламалау үшін әмбебап тілді қолдануға болады. Бірақ арнайы имитациялық тілді қолдану айтарлықтай артықшылықтарға ие. Бағдарламалау уақытын қысқартумен қатар, имитациялық тілді енгізу модельдің дамуын жеңілдетеді, өйткені тіл жүйені формальды сипаттауға арналған терминдер жиынтығын қамтиды.

Верификация және валидация кезеңінде имитациялық модельдің жұмыс істеуін бағалау орындалады. Тексеру қадамында компьютер үшін бағдарламаланған модель әзірлеушінің жоспарына сәйкес келетіндігін анықтайды. Бұл дәстүрлі түрде есептеулерді қолмен тексеру әдісімен жүзеге асырылады, сонымен қатар статистикалық әдістерді қолдану мүмкін. Зерттелетін жүйеге имитациялық модельдің айқындығын енгізу валидация қадамында орындалады. Модельді тексеру дәстүрлі түрде әр түрлі деңгейде жүзеге асырылады. Валидацияны енгізу, ішкі жүйелер, олардың өзара байланысы деңгейінде жасау ұсынылады. Имитациялық модельді тексеру өте қиын, бірақ бұл басқа типтегі модельдерді, мысалы, сызықтық бағдарламалау модельдерін тексеруге қарағанда әлдеқайда жеңіл міндет. Имитациялық модель элементтері мен нақты жүйенің элементтері арасында байланыс бар, сондықтан дамыған модельдің жеткіліктілігін тексеру оның құрылымын жүйенің құрылымымен салыстыруды, сонымен қатар модель мен жүйеде элементар функциялар мен шешімдердің қалай жүзеге асырылғанын салыстыруды қамтиды.

Модельді машиналық іске қосу шарттары стратегиялық және тактикалық жоспарлау қадамдарында анықталады. Стратегиялық жоспарлау эксперименттің тиімді жоспарын жасауды мақсат етеді, нәтижесінде басқарылатын айнымалылар арасындағы өзара тәуелділік анықталады немесе имитациялық модельдің реакциясын барынша азайтатын немесе арттыратын басқарылатын айнымалылардың мәндерінің тіркесімі болады. Тактикалық жоспарлау тәжірибе жоспары аясында кез-келген модельдеуді қалай жүргізу керектігі туралы мәселені шешеді, осылайша шығудан көп ақпарат алуға болады. Тактикалық жоспарлаудағы маңызды позиция имитациялық тестілейдің бастапқы жағдайларын және модельдің орташа реакциясының дисперсиясын төмендету әдістерін анықтау болып табылады. Модельдеу зерттеуіндегі келесі кезеңдер - машиналық эксперимент және нәтижелерді талдау. Имитациялық модель компьютерде іске қосу және нәтижені түсіндіруді

камтиды. Модельдеу экспериментінің нәтижесін нақты жүйенің жұмыс істеуі туралы қорытынды дайындау немесе гипотезаларды сынау үшін қолданған кезде статистикалық әдістер қолданылады.

Имитациялық зерттеу процесінің соңғы қадамы қабылданған шешімдерді жүзеге асыру, имитациялық модельді тіркеу және оны қолдану болып табылады. Имитациялық жобалардың ешқайсысы олардың нәтижелері шешім қабылдау процесінде қолданылғанға дейін аяқталған болып саналмайды. Іске асырудағы сәттілік көбінесе модель жасаушының модельдеу зерттеулерінің барлық алдыңғы кезеңдерін қалай дұрыс орындағанына байланысты. Егер әзірлеуші мен пайдаланушы байланыста жұмыс істеп, модельді әзірлеу және оны зерттеу кезінде өзара түсіністікке қол жеткізсе, онда жобаның нәтижелері сәтті жүзеге асырылады. Егер олар өзара әрекеттеспесе, онда имитациялық модельдің талғампаздығы мен жеткіліктілігіне қарамастан, тиімді ұсыныстар жасау қиын болады.

Модельдеуді зерттеудің жоғарыда аталған кезеңдері кейде проблемаларды анықтаудан бастап құжаттауға дейін осы ретпен жүзеге асырылады. Имитациялық зерттеу барысында модельді іске қосуда іркілістер, алдағы уақытта бас тартуға тура келетін қателер, зерттеу мақсаттарын қайта қалыптастыру, модельді қайта бағалау және қайта құру болуы мүмкін. Бұл процесс балама нұсқаларды дәл бағалайтын және шешім қабылдау процесін жеңілдететін имитациялық модель жасауға мүмкіндік береді.

Шын мәнінде, процестің әр моделі имитациялық болып табылады, өйткені ол уақыт өте келе осы процестің әрекетін еліктейді. Сонымен бірге, әдебиетте имитациялық модельдеу термині объектінің жұмыс істеу логикасын қалпына келтіретін модельдерді енгізуді қамтиды, ал айнымалылар арасындағы байланысты формализациялаудың барлық әдістері мүмкін, өйткені барлық математикалық қатынастарды енгізу имитациялық зерттеу міндетін түбегейлі қиындатпайды. Динамикалық жүйелер теориясында боялған аналитикалық модельдермен салыстыруға сәйкес модельдер класының мұндай кеңеюі дұрыс математикалық нәтижелер алу үшін маңызды жеңілдетулермен бұрмаламай, модельденген объектіні шындыққа жақындатуға көмектеседі.

Компьютердегі динамикалық жүйелердің имитациялық моделін, оның ішінде оған әсер ететін қайшылықтары бар объектіні және модельдеу нәтижелерін талдаудың әртүрлі құралдарын жасау үшін маңызды бағдарламалық жүйелер ойлап табылды. Оларда жүзеге асырылған визуалды бағдарламалау принциптері қарапайым жағдайларда қолданушыға графикалық құралдармен монитор экранында оларды қосу арқылы қажетті блоктардан "эксперименттік орнатуды" жинап, бағдарламалық кодтың қалыптасуымен байланысуға мүмкіндік береді. Блоктарды ішкі жүйелерге қосу функциялары арқасында модельдеуге жеке басқарылатын технологиялық процестерді, сондай-ақ автоматтандырылған өндіріс бөлімдерін және тіпті автоматтандырылған технологиялық кешендерді қамтитын кез-келген күрделілік жүйелері жатады. Егер стандартты емес блоктарды қолдану қажет

болса, пайдаланушы өз бағдарламасын жасай алады және кітапхананы қажетті модульмен толықтыра алады. Технологиялық процестерді басқарудың негізгі мақсаты дәстүрлі түрде кездейсоқ болып табылатын кедергі әсерлерді өтеу болып табылады[9] .

Бағдарламалық жасақтаманың немесе ақпараттық жүйенің бір түрі ретінде күрделі жүйелердің компьютерлік модельдерін жасау кезеңдеріндегі негізгі кезеңдер мен кезеңдерді осылай ұсынуға болады:

1. Автоматтандырылған жүйеге қойылатын талаптарды қалыптастыру кезеңі

- автоматтандырылған жүйе тұжырымдамасын әзірлеу кезеңі;
- техникалық тапсырманы әзірлеу және бекіту кезеңі.

2. Бағдарламалық жасақтаманы жобалау және әзірлеу кезеңі:

- Автоматтандырылған жүйенің эскиздік және техникалық жобасын әзірлеу кезеңі;
- бағдарламалық жасақтаманы жобалау кезеңі;
- интерфейсті жобалау кезеңі;
- бағдарламалық жасақтаманы іске асыру кезеңі (бағдарламалық кодты құру);
- құжаттаманы жасау және ресімдеу кезеңі.

3. Енгізу сатысы.

4. Сүйемелдеу кезеңі немесе пайдаланушы кезеңі.

Талдау және жобалау жүйелерінің мақсаты жүйелік талаптар мен қасиеттерді анықтау, ақпараттық жүйенің жобасы мен архитектурасын, сондай-ақ алгоритмдер мен деректер құрылымын айқындауды қамтитын жобаның егжей-тегжейлі "бақылау қағазын" жасау болып табылады.

Ақпараттық жүйелерді жобалауға заманауи көзқарас оның жұмыс істеуінің барлық қажетті аспектілерін сипаттайтын бастапқы ақпараттық жүйенің моделін құруды қамтиды. Модельдерді қолдану жобалау мерзімдерін қысқартуға, жұмыстың алғашқы кезеңдерінде стратегиялық мәселелерді шешудегі көптеген қателіктерді жою арқылы жобаның сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

1.3 AnyLogic имитациялық модельдеу жүйесі туралы жалпы ақпарат

Anylogic 7.1 жүйесі-бүкіл әлемде әртүрлі сипаттағы жүйелердің имитациялық модельдерін құруға арналған танымал бағдарлама.

AnyLogic - бұл Windows және Mac, OS және Linux операциялық жүйелерінде жұмыс істейтін кросс-платформалық бағдарламалық жасақтама. AnyLogic графикалық модельдеу тілін қамтиды, сонымен қатар қолданушыға Java тілін қолдана отырып жасалған модельдерді кеңейтуге мүмкіндік береді. Java компиляторын AnyLogic-ке біріктіру модельдерді құру кезінде кең мүмкіндіктер береді, сонымен қатар кез-келген шолғыш аша алатын Java апплеттерін жасайды. Бұл апплеттер AnyLogic модельдерін веб-сайттарға

оңай орналастыруға мүмкіндік береді. Java қосымшаларынан басқа, AnyLogic Professional Java қосымшаларын құруды қолдайды, бұл жағдайда пайдаланушы модельді AnyLogic орнатусыз іске қоса алады [10].

AnyLogic-ті қолдану күрделі нақты әлем жүйелерінде жобалық шешімдердің әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Жаңа буын AnyLogic модельдеудің кәсіби құралы ақпараттық технологиялар саласындағы заманауи тұжырымдамалар мен гибридті жүйелер теориясы мен объектіге бағытталған модельдеу зерттеулерінің нәтижелері негізінде жасалған. Олардың негізінде құрылған AnyLogic аспаптық жүйесі пайдаланушыны бір модельдеу парадигмасымен шектемейді, ол нарықтағы модельдеу құралдарына тән. AnyLogic-те әзірлеуші абстракцияның әртүрлі деңгейлерін және әртүрлі стильдер мен тұжырымдамаларды икемді түрде қолдана алады және сол үлгіні жасау кезінде оларды араластыра алады.

AnyLogic ортасы объектіге бағытталған. Нысанға бағытталған тәсіл күрделі жүйелерді ұсынуға өте ыңғайлы, сонымен қатар ол жүйенің пайдаланушысы үшін интуитивті және табиғи.

Осылайша, бағдарламалық жасақтама жүйелерін құру саласында соңғы онжылдықтарда дамыған күрделілікті басқаруға бағытталған идеялар мен әдістер AnyLogic ортасында модель жасаушыларға ойлауды ұйымдастыруға, дамуды құрылымдауға және модельдерді құруды жеңілдетуге және тездетуге мүмкіндік береді.

AnyLogic-тің тағы бір ерекшелігі - модельдерді параллель жұмыс істейтін белсенді нысандар жиынтығы ретінде ұсыну. Модельдеудің бұл тәсілі көптеген қосымшаларда интуитивті және табиғи болып табылады, өйткені нақты өмір жүйелері басқа объектілермен өзара әрекеттесетін іс-шаралар жиынтығынан тұрады. Анилогияның белсенді нысаны - бұл қоршаған ортамен өзара әрекеттесетін өзіндік қызметі бар объект. Ол басқа белсенді нысандардың кез-келген санын қамтуы мүмкін. Белсенді нысандар жүйенің жұмыс істеу заңдарына сәйкес динамикалық түрде пайда болып, жоғалып кетуі мүмкін. Осылайша әлеуметтік топтар, компания холдингтері, көлік жүйелері модельденуі мүмкін.

AnyLogic жүйесі модельді жобалауды, әзірлеуді, құжаттауды, модельмен компьютерлік эксперименттерді, соның ішінде сезімталдықты талдаудан бастап, белгілі бір өлшемге қатысты модель параметрлерін оңтайландыруға дейін қолдайды.

Нәтижесінде, AnyLogic қолданушыны бір ғана модельдеу парадигмасымен шектемейді, бұл бүгінде нарықта бар барлық модельдеу құралдарына тән. AnyLogic-те әзірлеуші абстракцияның әртүрлі деңгейлерін, әртүрлі стильдер мен тұжырымдамаларды икемді түрде қолдана алады, белгілі бір парадигма аясында модельдер құра алады және сол модельді жасау кезінде оларды араластыра алады, кітапханаларға жиналған бұрын жасалған модульдерді қолдана алады, өздерінің модуль кітапханаларын толықтыра және құра алады. AnyLogic-те модель жасау кезінде модельдеудің бірнеше "классикалық" бағыттарының тұжырымдамалары мен құралдарын қолдануға

болады, мысалы, агент моделінде ортаның күйін өзгерту үшін жүйелік динамика әдістерін қолданыңыз немесе динамикалық жүйенің үздіксіз моделінде дискретті оқиғаларды ескеріңіз. AnyLogic-те мұндай модельдер зерттеушіні қызықтыратын көптеген сұрақтарға жауап беруге мүмкіндік беретін қажетті сәйкестік деңгейімен оңай құрылады. Модель процесінде нәтижелерді анимациялау және визуализациялаудың кең мүмкіндіктері модельденген жүйеде болып жатқан процестердің мәнін түсінуге, модельдің күйін келтіруді жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Шешілетін мәселелердің күрделілігіне қарамастан, AnyLogic бағдарламасын қолдану оңай. Сондықтан жүйені зерттеуді университеттерге жүйелерді модельдеуге байланысты пәндер бойынша зертханалық жұмыстар жүргізу үшін ұсынуға болады. Визуализацияның жоғары дәрежесі студенттердің пәнді оқуға деген қызығушылығын арттырады және оларды ғылыми-зерттеу қызметіне ынталандыруға мүмкіндік береді.

1.4 Метрополитеннің қала өміріне әсері

Метро - жылдам, сенімді, ыңғайлы, экологиялық таза, бірақ энергияны көп қажет ететін көлік түрі. Электр энергиясын өндіруге көп отын жағылады, бұл экологияға кері әсерән тигізеді. Метрополитенді пайдаланудың өзі қоршаған ортаның ластануымен байланысты: жөндеу өндірістерінен атмосфераға шығарындылар, электродеподағы қазандықтар, бояу, жер асты сулары мен жер үсті суларының ауыр металдармен және мұнай өнімдерімен ластануы. Қазіргі уақытта энергияны тұтынуды 30% - ға азайту және экологияға аз зиян келтіру үшін жаңа қосылыстар 327 рет жұмыс істейді. Осы мақсатта олардың қозғалыс жылдамдығы 100-ден 70 км/сағ-қа дейін төмендеді. Метрополитен қаладағы автокөлік жүктемесін азайту үшін тиімді құрал болып табылады.

Қалалардың мобильділігін қамтамасыз етуде метрополитеннің рөлі ерекше. Бастапқыда метро желілері үлкен қалалардың көшелеріндегі қозғалысты жеңілдету үшін салынды. Қазіргі уақытта метро қаланың негізгі құрылымдық элементіне айналды.

1863 жылы Лондонда ұзындығы 3,6 км болатын бірінші желі ашылғаннан бері әлем метрополитендерінің қолданыстағы желісі бүгінде қос жолды есептеуде 6000 км-ден асады. Ірі қалаларда кеңінен дамып, әлем метросы ХХІ ғасырдың басында тәулігіне 150 миллионнан астам жолаушыны тасымалдады. Метрополитеннің көшеден тыс көлік түрі ретіндегі басты артықшылығы — бұл 80 секундке дейінгі аралықпен поездар қозғалысының жоғары (100 км/сағ дейін) жылдамдығы мен тұрақтылығы, бұл жиынтығында бір бағытта 50 мыңнан астам адам/сағ тасымалдау қабілетін айқындайды. Қаланың көлік желісін тиісті дамыту және тасымалдауды ұйымдастыру кезінде метрополитен жұмыс уақытының 15% шегінде жұмысқа және кері қайтуға жол жүру уақытын шектейді, бұл қалалық көлік тиімділігінің негізгі өлшемдеріне жауап береді. Тасымалданған жолаушылар саны бойынша Токио

— 3,2 млрд, Мәскеу — 2,4 млрд және Бейжің — 2,2 млрд жолаушы метрополитендері көш бастап тұр. Метрополитен қалалық жолаушылар көлігінің энергияны тұтыну және алып жатқан алаңдар тұрғысынан ең тиімді түрі болып табылады. Француз мамандарының есептеулері метрополитенді пайдалану кезінде бір бағытта 50 мың жолаушы/сағ тасымалдау үшін ені 9 м дәліз, автобустар — 35 м, жеке автомобильдер — 175 м қажет екенін көрсетті. Сонымен қатар, бір жолаушыны метрода 48 км, автобуспен 38 км, автомобильмен 19 км қашықтыққа тасымалдау үшін 1 кг мұнай жеткілікті. Метрополитенде тежеу кезінде электр энергиясын қайтару тетігін іске асыру (рекуперация) елеулі үнемдеуді қамтамасыз етеді. Метрополитендер көлік, қала құрылысы және әлеуметтік саясатты біріктіруде жетекші рөл атқарады, сонымен бірге ұтқырлық деңгейін анықтайды. Көліктің жекелеген түрлерін бірыңғай кешенге интеграциялауға барлық операторлар үшін тарифтік жүйені жетілдіру және оңайлату ықпал етеді. Сонымен қатар, көліктің әртүрлі түрлерінде жол жүру ақысын төлеуге болатын байланыссыз смарт-карталарды енгізу және жол жүру алдында және оның барысында жолаушыларды ақпараттандырудың автоматтандырылған жүйелерін дамыту қоғамдық көлікті пайдаланудың тартымдылығы мен ыңғайлылығына сөзсіз ықпал етеді. Бұл қызметтердің үздіксіз жұмыс істеуі операторлардың жұмысын тиімді үйлестірумен ғана мүмкін болады, бұл процесте метро әдетте жетекші рөл атқарады [11].

Қазіргі заманғы үлкен қаланың аумағы жүздеген шаршы шақырымға ие. Халықтың өсуі, Жолаушылар тасымалы көлемі және қаланың жекелеген аудандары арасындағы сенімді байланысты қамтамасыз ету көптеген көлік құралдарын қажет етеді. Жер үсті көлігі көлік мәселесін толығымен шеше алмайды, яғни бүгінгі күні қажетті өткізу қабілетін қамтамасыз ете алмайды (және бұл жағдай уақыт өте келе нашарлай түседі). Көшеден тыс көлікке көшу қажеттілігі туындайды, яғни метроға көшу. Алматы метро желісін дамыту: жаңа желілерді салу және қолданыстағы желілерді ұзарту, метроға қоғамдық және қалалық көліктің рөлін беру. Метрополитеннің қалалық көлік түрі ретіндегі маңызы экологиялық жағынан да өте үлкен - оны пайдалану кезінде улы шығарындылар мен қоршаған ортаға басқа да зиянды әсерлер іс жүзінде жоқ. Метрополитен - бұл қауіпсіз қозғалыс жүйелерімен жабдықталған және жылдам жолаушылар тасымалына арналған электрлендірілген теміржол көлігі. Метрополитен желілері жер үсті және жер асты болып бөлінеді. Метрополитендердің жер үсті желілері эстакадаларда жер үсті көлігінің габариттерімен, жер бедерімен және қала құрылысы жағдайларымен айқындалатын биіктікте орналастырылады. Бүгінгі таңда жер үсті желілері салынбайды, бірақ қазірдің өзінде салынған жер асты желілері ауыстырылады. Кейбір жағдайларда метро желілерінің жер үсті учаскелерін салу қаланың топографиялық ерекшеліктерімен, әсіресе өзендер, автомобильдер мен теміржолдарды кесіп өту кезінде негізделген. Жер үсті метро желілері, яғни жер бетінде орналасқан, әлемнің көптеген қалаларында бар және олар қазіргі уақытта жеке метро желілерінің соңғы учаскелері үшін жасалған. Әдетте, жер

үсті желілері қаланың халық аз қоныстанған аудандарында, оның шетінде және көбінесе болашақта қаланың дамуымен бұл желілерді жер асты желілеріне айналдыруға мүмкіндік беретін ойықтарда орналасқан. Метрополитендердің жерүсті желілері қала маңындағы қатынастың әдеттегі теміржол желілерінен негізінен электр энергиясымен қоректендіру тәсілімен ерекшеленеді. Жер асты желілері метрополитен желілерінің негізгі түрі болып табылады және басым таралымға ие. Әлемнің көптеген қалаларында метро желісі тек жер асты желілерінен тұрады (жер бетінен 5-тен 60 м-ге дейін және одан да көп).

Қалалық көліктің барлық түрлерінің ішінде метро пайдалану жұмысының сенімділігіне және техникалық қызмет көрсетуді жеңілдетуге бағытталған инновациялық технологияларды енгізуде. Мысалы, машинистсіз пойыздарды автоматты түрде жүргізу жүйесін енгізу еңбек өнімділігінің артуына, қауіпсіздік деңгейінің жоғарылауына және қозғалыс тұрақтылығының жоғарылауына әкеледі. Шын мәнінде, қалалардың ұтқырлық жүйелерінің негізгі буыны бола отырып, метрополитендер күрделі және қымбат инженерлік құрылымдар болып қала береді, олар құрылыс пен техникалық қызмет көрсету үшін көп мөлшерде ақша талап етеді [12]. Сондықтан, бюджеттік қаржыландырудың классикалық әдістерімен қатар, барлық мүдделі тараптар серіктестік негізінде жаңа схемалар жасайды. Мұндай схемаларға мемлекет тарапынан салық жеңілдіктерін беру, желілерді өткізу және станцияларды орналастыру трассалары аймағында жер учаскелерін жеңілдікпен пайдалану құқығы, құрылысқа қатысушыларды негізгі акционерлердің құрамына енгізу, сондай-ақ мемлекеттік-жекешелік әріптестікті қалыптастырудың әртүрлі әдістері кіруі мүмкін.

Метрополитендер пайдалану жағдайларына байланысты орта есеппен 20-дан 50 км/сағ, ал кейде одан да көп құрайтын (әлемнің әртүрлі елдерінде) бұқаралық қалалық көліктің басқа түрлеріне қарағанда орташа учаскелік қозғалыс жылдамдығын қамтамасыз етеді.

2 Метрополитен желісі мен станциясын жобалауда имитациялық модельдеудің практикалық аспектілері

2.1 Көлік жүйесін жобалаудағы имитациялық модельдеу әдісінің шетелдік тәжірибесі

Мәскеу метросы - бұл жыл сайынғы есептеулер бойынша Еуропадағы ең тығыз жұмыс істейтін және ауқымды метро жүйесі бар Ресейдегі ең серпінді көлік құралы болып табылады. Жыл сайын жаңа метро станциялары салынып, қолданыстағы метрополитендер қайта құрылуда. Соңғысы станциялардың вестибюльдерін қайта құруды, қосымша кіреберістер құруды және жаңа эскалаторларды орнатуды қамтиды.

Метро жөндеуін жоспарлау кезінде инженерлер өздері таңдаған дизайн шешімдері қолданыстағы қауіпсіздік ережелеріне және жолаушыларды тасымалдау ережелеріне сәйкес келетініне сенімді болғысы келді. Мәселен, Мәскеу метросының ең ірі тораптарының бірі Киев станциясында сағатына 30 000 жолаушы өткізу қабілеті бар инженерлер жолаушылар ағынын ұлғайту, эскалатор белдіктерін ауыстыру және тозған бөлікке қосымша эскалатор қосу үшін қолданыстағы вестибюльді кеңейтуді шешті. Жобаның дизайнын бағалау үшін олар көлік жүйелерін дамыту институтының (IDTS) мамандарын жалдады.

Кеңесшілерге жаяу жүргіншілердің имитациялық моделін жасауда осындай талаптар қойды:

- Станцияның фойелерінде жолаушылар ағынын тиімді ұйымдастырудың шешімдерін, соның ішінде интерьер дизайнын өзгертетін және онсыз нұсқаларды табу үшін көпшіліктің динамикасын модельдеу және талдау.
- Эскалаторлардың көбеюі бар станцияның жұмысын талдау.
- Эвакуацияны модельдеу және жолаушыларды станция платформаларынан эвакуациялауға кететін уақытты бағалау.
- Метро станциясын қайта құру кезінде технологиялық процесті оңтайландыру бойынша ұсыныстар беру.

Осы мақсатта кеңесшілер AnyLogic жаяу жүргіншілерді модельдеу бағдарламасын қолдана отырып, метро станциясының имитациялық моделін жасады.

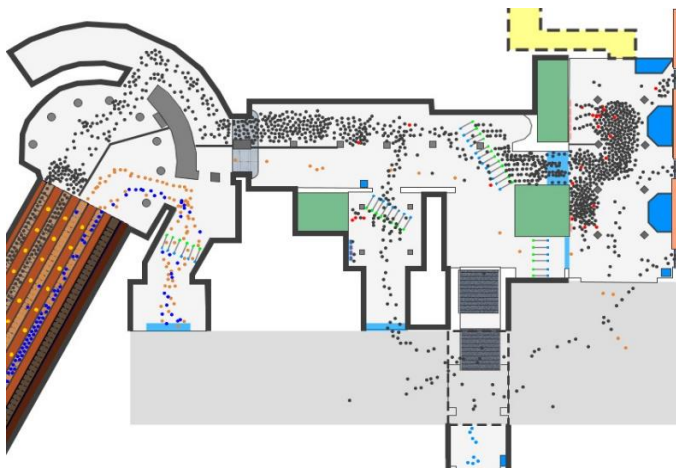
Шешімі:

Бастапқы кезеңде мамандар Киевская станциясында қала маңындағы электр пойыздарынан метроға пойыздарды отырғызуға дейін жолаушылар ағындарының мінез-құлқын көрсететін негізгі имитациялық модельді жасады.

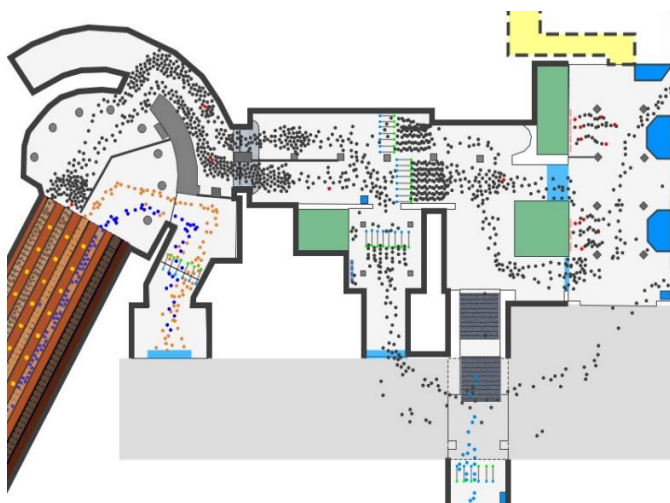
Модельді мүмкіндігінше нақты ету және жолаушылардың мінез-құлқын дұрыс көрсету үшін жаяу жүргінші моделі жергілікті зерттеу негізінде калибрленді. Кеңесшілер баспалдақтар мен эскалаторларды тиеу және түсіру аймақтарындағы көпшіліктің мінез-құлқына назар аударды [10].

Дайын модель негізінде кеңесшілер вестибюльге кіру дизайнының

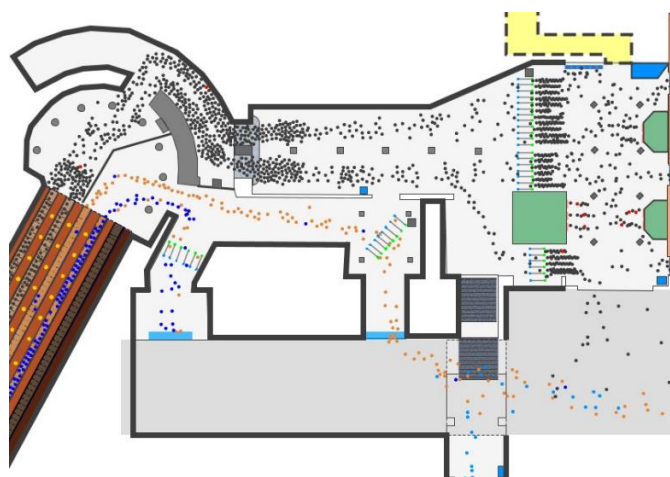
әртүрлі топологиялық нұсқаларын талдап, ең тиімді нұсқаларды таңдады.



2.1 - сурет - Станцияның қазіргі көрінісі

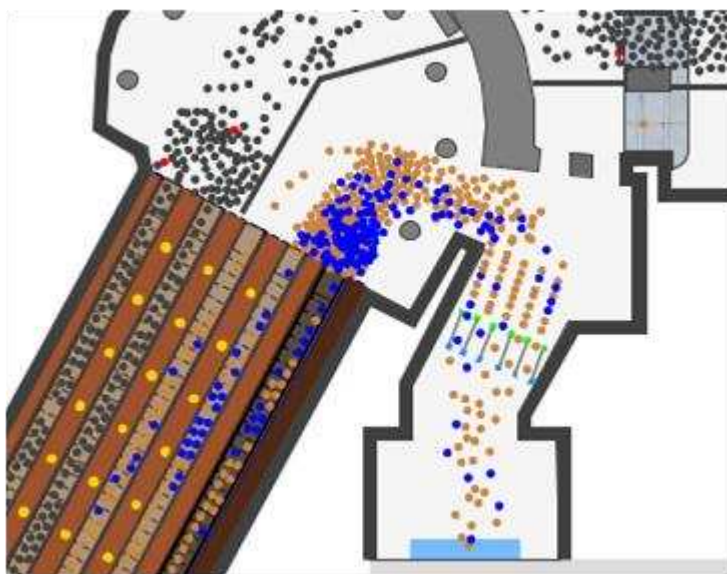


2.2 - сурет - Ғимаратқа өзгеріс ендірілмей тұрғандағы көрініс



2.3 - сурет - Ғимаратқа өзгеріс енгізілгеннен кейінгі көрініс

Кеңесшілер сондай-ақ қайта құру кезінде, жаңа эскалаторларды пайдалануға беру кезінде және жолаушыларды эвакуациялау кезінде эскалаторлардың жұмыс сценарийлерін модельдеді. Олар үш эскалаторды бір уақытта көтеру жағдайында, тек час пик-те ғана демалыс фойесі күтілетін жолаушылар ағынын жеңе алмайтындығын, өйткені эскалатордың түсіру аймағы жолаушыларға шамадан тыс жүктелетінін атап өтті.



2.4 - сурет - Эскалаторлардан шығатын жолаушылардың жиналуы

Тапсырыс берушіге алдағы эксперименттер үшін келесі параметрлерді өзгертуге мүмкіндік беретін UI модулімен имитациялық модельдер ұсынылды:

- Метро пойыздары арасындағы интервалдар;
- Жолаушыларды поездар бағыттары бойынша бөлу;
- Қолданыстағы сервистер саны: кассалар, билет автоматтары, турникеттер;
- Жолаушыларға қызмет көрсету уақыты;
- Эскалатордың жұмыс режимі;
- Пойыздарды отырғызу және түсіру сипаттамалары.

Нәтижесінде консультанттар вокзал вестибюльдерінің жұмысын штаттық режимде де, жөндеу кезеңінде де ұйымдастыру бойынша шешім ұсынды, сондай-ақ метро станциясынан Киевская станциясына апаратын бесінші эскалатордың жұмыс режимі бойынша ұсыныстар берді.

Теміржол вокзалдарының өткізу қабілетін оңтайландыру мысалы

2018 жылы Ресей футболдан әлем чемпионатын қабылдады. Ұйымдастырушылардың алдында көптеген міндеттер тұрды, олардың бірі елдің теміржол көлік инфрақұрылымын жүктеме артқан жағдайдағы жұмысқа дайындау болды. Ол үшін Ресей темір жолдарының басшылығы ұйымдастырушы қалаларда: Мәскеу, Санкт-Петербург, Қазан, Сочи, Саранск, Самара, Ростов-на-Дону, Волгоград, Калининград, Нижний Новгород және

Екатеринбургтегі 31 теміржол станциясының чемпионатқа дайындығын бағалауды шешті.

Жоба көлік жүйелерін дамыту институтының кеңесшілеріне тапсырылды. Олардың алдында мынадай мәселелер тұрды:

- қазіргі жағдайда және чемпионатты өткізу кезінде теміржол вокзалдарының өткізу қабілетін талдау;
- жолаушылар ағыны жоғары жағдайларда вокзалдар жұмысындағы тар жерлерді анықтау;
- чемпионат кезінде вокзалдарда жолаушыларға қызмет көрсетуді оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірлеу;
- Төтенше жағдайлар кезінде проблемаларды болдырмас үшін станция ғимараттарындағы эвакуация жолдарын оңтайландыру.

Шешімі:

Осы мәселелерді шешу үшін кеңесшілер AnyLogic модельдеу технологиясын таңдады. Бұл құрал кеңесшілерге станцияларға тән кеңістікті белгілеудің дайын элементтерінің: платформалар, қызметтер және күту орындарының арқасында модельдерді құру уақытын қысқартуға көмектесетін станцияларды модельдеудің жеке кітапханасын жасауға мүмкіндік берді.

Консультанттар әр ұйымдастырушы қала үшін станциялардың имитациялық модельдерін жасады. Бірінші кезеңде модельдер қала маңындағы пойыздар мен алыс пойыздардың жолаушыларына қызмет көрсету процестерін көрсетті. Модельді шындыққа барынша жақындату үшін консультанттар станциялардағы ағымдағы жағдай негізінде модельді калибрледі және жолаушылардың мінез-құлық ерекшеліктерін нақтылады.

Келесі кезеңде кеңесшілер модельге чемпионатты өткізу кезеңінде күтілетін жолаушылар ағыны туралы деректерді, сондай-ақ пойыздардың келуі мен жөнелтуінің жаңа кестесін жүктеді. Осыдан кейін вокзалдар инфрақұрылымындағы тар орындар анықталып, бұқаралық іс-шаралар өткізу кезеңінде жоспарлау шешімдерін оңтайландыру және өткізу қабілетін арттыру бойынша ұсынымдар әзірленді.

Соңында кеңесшілер вокзал ғимаратынан жолаушыларды эвакуациялау жолдарына талдау жасады. Вокзалда әртүрлі мінез-құлық ерекшеліктері бар клиенттік топтарға қызмет көрсетілетінін (багаждың болуы, кафеде, вокзал залында немесе платформада күту уақыты және т.б.) ескере отырып, ғимаратта жолаушылардың көп жиналатын кезеңі анықталды және оның негізінде эвакуациялау сценарийі іске қосылды. Болашақта сценарий эвакуациялық шығу жүктемелерін және адамдар ғимараттардан кете алатын уақытты талдау үшін қолданылды.

Нәтижесінде модельді жасаушылар чемпионатты өткізу кезінде де, төтенше жағдайлар кезінде де теміржол вокзалдарында жолаушыларға тиімді қызмет көрсету бойынша шешімдер таба алды. Бұл ретте модельдердің интерфейсі поездардың қозғалыс кестесіне түзетулер енгізуге, құрамның түрін, вагондар санын және жолаушылар легінің құрылымын өзгертуге мүмкіндік берді. Осылайша, Тапсырыс беруші вокзалдың жұмысын тек

чемпионат кезінде ғана емес, басқа да іс-шаралар кезінде модельдеуге мүмкіндік беретін икемді құрал алды.

Париждегі электрожүккөтергіштердің тапсырыстарын жеткізуді оңтайландыру мысалы.

Францияның ірі мемлекеттік электр энергетикалық компаниясы Electricite de France (EDF) қызметінің бағыттарының бірі — электрмен жабдықтау инфрақұрылымын дамыту және энергияға тиімді көлікті танымал ету. Осының аясында компания Парижде және оның маңында электр жүк көліктерінің тапсырыстарын жедел басқаруға арналған құрал жасау жобасын жасады.

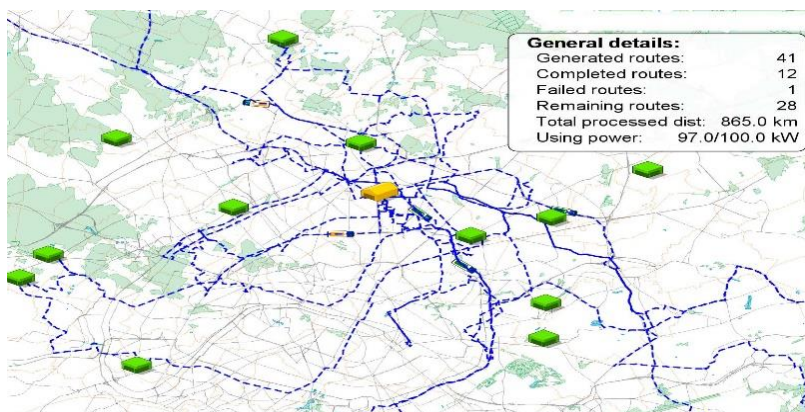
Барлық тапсырыстар уақтылы жеткізілетіндей етіп көлік тасымалын оңтайландыру қажет болды. Қойылған міндеттерді шешу үшін мамандар имитациялық моделдеуді қолдануды және алынған модельге EDF компаниясы жеке әзірлеген электр батареяларын қайта зарядтауды оңтайландыру алгоритмін біріктіруді шешті.

Шешімі:

Нақты жүйенің жұмысын дәлірек көрсету үшін AnyLogic ортасында мамандар жасаған модель мынадай шарттарды ескеруі керек еді:

- жеткізуді орындау кезінде жүк тиегіш зарядсыздандырылмауы керек;
- электр жүк машиналары тек базада зарядталады және бұл шамамен сегіз сағатты алады;
- базада орналасқан зарядтағыштың қуаты шектеулі және белгілі бір жолмен жеке зарядтағыштар арасында бөлінеді;
- жүк тиелгеніне немесе бос болғанына байланысты, ол тұтынатын энергия мөлшері әр түрлі болады;
- маршруттың максималды ұзындығы-100 км.

Агенттік модельдеуді қолдана отырып, әзірлеушілер тобы электр қозғалтқыштарының жұмысын сипаттады: олардың әрқайсысы үшін модель барысында бір-бірін алмастыратын күйлер (күту, жүктеу, түсіру, жолда және т.б.) және сипаттамалары анықталды.



2.5 - сурет - Париждегі электрожүккөтергіштердің тапсырыстарын жеткізу маршруттары

Әрі қарай, AnyLogic мүмкіндіктерін қолдана отырып, модель жасаушылар логистикалық желінің қалған нысандарын ГИС картасында көрсетіп, зарядтау станциясы мен электр жүктемелерінің 2D және 3D визуализациясын орнатты. Осылайша, бүкіл жүйенің жұмысын бақылауға мүмкіндік беретін Париж және қала маңындағы карта режимінен объектінің егжей-тегжейлі режиміне оңай ауысуға болады [10].

Жұмыс барысында модель ГИС картасында көрсетілген маршруттарды жасады, сонымен қатар электр құю станциясы, әр зарядтау қондырғысы, жүк көліктерінің жағдайы және тапсырыстарды жеткізу мәртебесі туралы статистиканы жинады. EDF командасы сонымен қатар көлік ағынының тығыздығын өзгерте алады, бұрын берілген параметрлердің кейбір мәндерін өзгерте алады, зарядтағыштарды қосып, өшіре алады және бұл бүкіл логистикалық желінің жұмысына қандай әсер ететінін байқай алады.

Нәтижесінде EDF тобы электр жүктерімен тапсырыстарды жеткізудің имитациялық моделін жасады, сонымен қатар логистикалық жүйені визуализациялады және AnyLogic мүмкіндіктерін қолдана отырып Статистика жинады.

Модельдің көмегімен олар көлік паркіндегі әр түрлі батареялары бар жүк машиналарының оңтайлы саны мен қатынасын есептей алды. Сондай-ақ, олар электр көлігімен тауарларды үздіксіз және уақтылы жеткізу үшін қажет зарядтағыштардың саны мен қуатын есептеді.

Модель бойынша жұмыс аяқталғаннан кейін EDF мамандары оған электр батареяларын қайта зарядтауды оңтайландырудың арнайы әзірленген алгоритмін біріктірді. Болашақта, алгоритм калибрленгеннен кейін, компания оның негізінде нақты уақыт режимінде электр қозғалтқыштарының жұмысын үйлестіруге мүмкіндік беретін құрал жасауды жоспарлайды.

Көліктік-логистикалық модель көмегімен қала маңындағы жолаушылар тасымалын жоспарлау мысалы

Ресейдегі теміржол жолаушылар тасымалы-бұл өзіндік ерекшелігі бар сала. Тиімсіз болғандықтан, қала маңындағы теміржол маршруттары жиі қысқарады. Бұл тек жолаушыларға ғана емес, сонымен қатар аймақтардағы әлеуметтік-экономикалық жағдайға да теріс әсер етуі мүмкін. Орталық федералды округтің басшылығы қала маңындағы теміржол маршруттарының қысқару жағдайына тап болды. Теміржол рейстерін тоқтатудан болатын жағымсыз салдардың ықтималдығын азайту үшін олар балама автобус маршруттарын бір уақытта жоспарлауды ұйғарды. Балама маршруттар топологиясын жоспарлау және оларды құрудан экономикалық әсерді анықтау міндетін басшылық Фокус-топ компаниясының кеңесшілеріне жүктеді. Тиімділікті тексеру және бағалау үшін кеңесшілер модельдеу әдісін таңдады. Оның көмегімен олар тәуекелсіз ортада көлік жүйесінің топологиясының нұсқаларын жоспарлап, талдай алады, оның жұмысын динамикада бақылап, қаржылық тиімділігін бағалай алады.

Осылайша, консультанттардың алдында шешім қабылдауды қолдау жүйесі болатын модель құру міндеті тұрды. Қойылған міндеттер мынадай

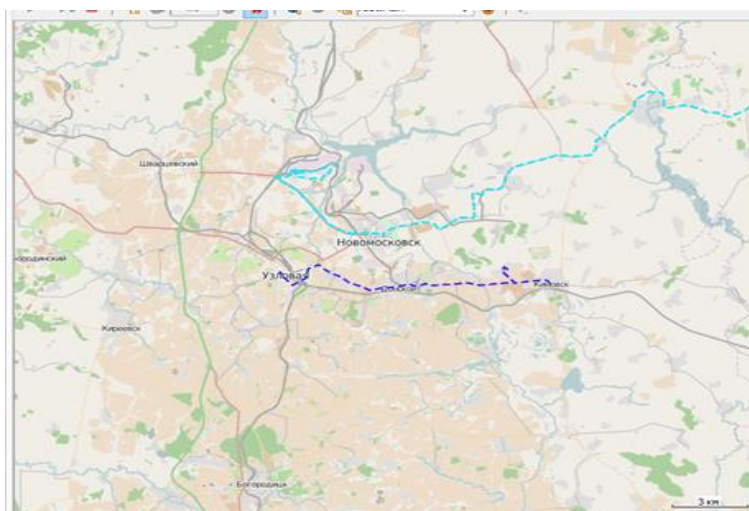
болды:

- аймақтағы ағымдағы көлік жағдайын көрсету;
- жолаушылар ағынын ескере отырып, балама маршруттарды қалыптастыру;
- балама сценарий бойынша көлік жағдайын болжау;
- өңірдің көлік жүйесіндегі жоспарланған өзгерістердің экономикалық тиімділігін бағалау.

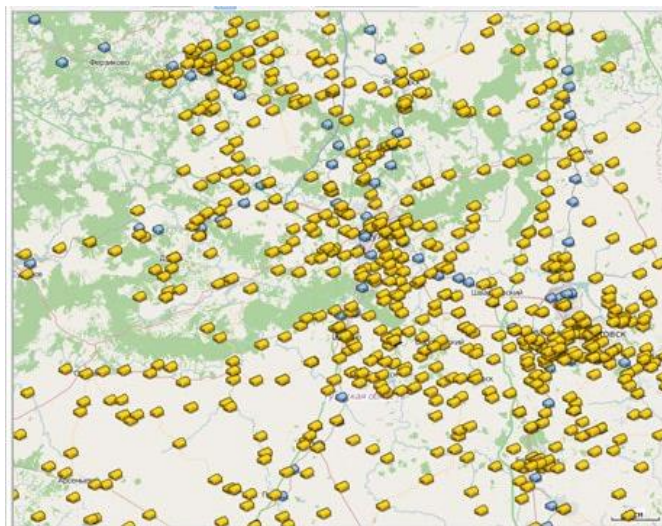
Консультанттар нарықтағы имитациялық модельдеудің бағдарламалық құралдарын талдады және бірнеше факторларға байланысты көліктік-логистикалық модель құру үшін AnyLogic бағдарламасын таңдады:

- AnyLogic-агент модельдеуді қолдайтын жалғыз коммерциялық бағдарлама.
- AnyLogic моделінде сіз ГИС карталарын біріктіріп, оларды анимация кезінде қолдана аласыз.
- AnyLogic-те жасалған модельді Java қосымшасының даму ортасына тәуелсіз түрде экспорттауға болады.
- AnyLogic деректерді енгізу және шығару үшін Excel шаблондары мен дерекқорларын пайдалануға мүмкіндік береді.

Агенттік тәсілдің көмегімен консультанттар типтік нысандардың: елді мекендердің, пойыздардың, автобустардың, теміржол станциялары мен аялдамалардың мінез-құлқы мен өзара әрекеттесу ережелерін белгіледі. Бұл жағдайда объектілердің орналасқан жері туралы мәліметтер модельге Excel файлы түрінде жүктелді. Бұл модель құру процесін едәуір жеделдетті. Барлық нысандар аймақтың ГИС картасында орналасқан. Нақты теміржол және автомобиль жолдары туралы ақпарат автоматты түрде жүктелді.



2.6 - сурет - Көліктік-логистикалық модель интерфейсі



2.7 - сурет - Көліктік-логистикалық модель интерфейсі:
теміржол станциялары мен автобус аялдамалары

Модель реттелген кезде кеңесшілер қаржылық көрсеткіштерді ескере отырып, көлік желісінің әртүрлі топологияларын тексерді. Осылайша консультанттар қандай балама маршруттар тиімсіз және қайсысы тиімді екенін түсінді.

Жоба нәтижесінде алты балама автобус бағыты табылды. Экономикалық талдау көрсеткендей, табылған алты бағыттың төртеуі тиімсіз болады. Бұл ақпарат тапсырыс берушіге негізделген және ақылға қонымды шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Модель тапсырыс берушіге теңшелетін автономды қосымша — SPPR түрінде беріледі. Пайдаланушылар кіріс деректерін өзгерте алады. Мысалы, жолаушылар ағынының көлемі, балама маршруттармен эксперименттер жүргізу, олардың тиімділігін бұрыннан бармен салыстыру және соның негізінде маршруттарды ауыстыру туралы шешім қабылдау. Бұл қосымшаны басқа аймақтардағы көлік қатынасын жоспарлау үшін қайта конфигурациялауға болады.

2.2 Алматы қаласы метрополитенінің құрылымдық сипаттамасы

Алматының экологиялық проблемалары өте өзекті болып табылады, қала әлемдегі ең ластанғандардың қатарында. Ластау көздері автокөліктен және стационарлық объектілерден шығарындылар болып табылады. Автокөлік саны бойынша Алматы және Алматы облысы көшбасшы болып табылады, онда машиналар саны жарты миллион бірлікке жетеді (тиісінше 468 169 бірлік және 490 124 бірлік) [3].

Алматы метрополитенінің құрылыс қарқыны жылдан жылға артып келеді. Алдағы бірнеше жылда метро картасының аумағы кеңейіп, қала тұрғындарының жүз пайызға жуығы үйге жақын арақашықтықта метро станциясына ие болады, сәйкесінше метро дамуы жаңа станцияларды, трансферлік тораптарды және метро желілерін салуды және қолданыстағы

станцияларды пайдалануды оңтайландыруды қамтиды. Алматыда метро станцияларының қадамдық қолжетімділігі дәстүрлі түрде жайлы өмірдің маңызды көрсеткіштерінің бірі болып саналады.

Алматы қаласы метрополитенінің бірінші желісінің бірінші кезегі 2011 жылғы 1 желтоқсанда пайдалануға берілді. Ол Қазақстандағы ең алғашқы метрополитен және Орталық Азияда Ташкенттен кейінгі екінші болып ашылған метрополитен болып саналады. Учаскенің жалпы ұзындығы 8,56 км құрайды. Оған жеті станция кіреді: "Райымбек батыр", "Жібек жолы", "Алмалы", "Абай", "Байқоңыр", "Әуезов атындағы драма театры" және "Алатау".

"Райымбек батыр" станциясынан жақын объектілер:

- "Мерей" СҮ
- "Алматы-2" теміржол вокзалы"
- Жасыл базар
- "Саяхат" автовокзалы"

"Жібек жолы" станциясы - тереңде жатыр. Панфилов және Гоголь көшелерінің қиылысында орналасқан. Жерасты вестибюльіне кіру және шығу Гоголь және Панфилов көшелерінің оңтүстік-шығыс қиылысында орналасқан. Ұзындығы 25 м болатын пилон түріндегі терең төсеу станциясы (тереңдігі 30 м) үш залдан тұрады — орталық және екі бүйір, олар ені 19,8 м, ұзындығы 104 м жалпы арал типтік платформаны құрайды. Эскалаторлар арқылы станцияға түсу - көтерілу биіктігі 28,5 м, ұзындығы 57 м.

Интерьердің сәулеттік - көркемдік шешімі қазақ халқының сәндік - қолданбалы өнерінің дәстүрлі тәсілдеріне негізделген. Қабырғалар сарғыш мәрмәрмен қапталған, жасанды тастан жасалған сәндік элементтермен безендірілген. Өту аркалары мен тақталары — қоңыр мәрмәрдән жасалынған. Еден ұлттық ою-өрнек бейнеленген гранит плиткаларымен қапталған. Платформаның орталық залының соңғы қабырғасында Ұлы Жібек жолы өткен елдердің әйгілі символдарын бейнелейтін екі шеңбер түріндегі сәндік панель орналасқан: үнді Тәж-Махал, қытайдың Ұлы қабырғасы, Қожа Ахмет Ясауи кесенесі, Мысыр пирамидалары, Рим колизейі, Афина Парфеноны, Иорданиядағы Эд-Дейр монастыры. Бір қызығы, Мексикада орналасқан Кукулкан пирамидасы Жібек жолынан жер шарының екінші жағында орналасқан аумақта орналасқан. Орындаудың негізгі технологиялық материалы мүсіндік барельефтермен үйлестіре отырып, қолмен бояумен жабылған, глазуурленген бедерлі негіз түріндегі керамика болып табылады.

"Жібек жолы" станциясына жақын объектілер:

- ЦУМ ("Заңғар" СҮ)
- "Отырар", "Жетісу" қонақ үйлері
- №2 дәріхана
- Супермаркет "Юбилейный"
- "Мәскеу", "Академкнига", "Silk Way" дүкендері
- "Цезарь" кинотеатры

- Жаяу жүргіншілер аймағы (Жібек Жолы көшесі Абылай хан даңғылы мен Қонаев көшесінің арасында: "Алматы Арбаты")
- Вознесенский соборы
- 28 Панфиловшылар саябағы
- "Алматытелеком" кеңсесі

"Алмалы" станциясы - Қарасай батыр және Панфилов көшелерінің қиылысында орналасқан. Кіру және шығу жолдары Панфилов көшесінің шығыс жағында, Қарасай батыр көшесінің солтүстігінде орналасқан. Ұзындығы 25 м болатын пилон түріндегі терең төсеу станциясы үш залдан тұрады — орталық және екі бүйір, олар ені 19,8 м, ұзындығы 104 м жалпы арал платформасын құрайды.

Станцияның қабырғалары мәрмәрмен қапталған, оның суреті ұлттық ою-өрнекті құрайды. Жарықтандыру көздері - тот баспайтын болаттан жасалған карниздердің үстінде орналасқан сәндік люстралар мен шамдар. Өту аркалары мен тақталары — қоңыр мәрмәр. Едендер гранит плиткалармен қапталған. Платформаның соңында жасанды жарықтандыруы бар көркем және тақырыптық витраждар бар. Панельде ежелгі қала мен гүлденген бақ идеясы жатыр. Композиция үш бөліктен тұрады: оң жағы — ежелгі Алмалы қаласының құрылымымен бақтың гүлденуі. Сол жақ бөлігі — керуен бейнесі бар жемістердің пісуі. Орталық бөлігі - құнарлылықтың, өмір мен өркендеудің символы ретінде жемістері бар алма ағашы.

"Алмалы" станциясының ең жақын нысандары»:

- Абай атындағы опера және балет театры
- "Алма-Ата" қонақ үйі
- "Қазақстан Темір Жолы" басқармасы
- Астана Алаңы
- Т. Қ. Жүргенов атындағы Қазақ ұлттық өнер академиясы
- "Столичный" дүкені
- ҚБТУ

"Абай" станциясы - Назарбаев даңғылы мен Абай даңғылының қиылысында орналасқан. Кіру және шығу жолдары Назарбаев даңғылының шығысында, Төлебаев көшесінің қиылысында, Абай даңғылының солтүстік және оңтүстік жағында орналасқан. Ұзындығы 18.1 м болатын баған түріндегі терең төсеу станциясы (тереңдігі 78 м) үш залдан тұрады — орталық және екі бүйір, олар ені 15.2 м және ұзындығы 104 м жалпы арал платформасын құрайды.

Станцияның архитектуралық - көркемдік шешімі дәстүрлі сәулет элементтерін пайдаланбай, заманауи стильде жасалған. Қабырғалары сарғыш және қоңыр мәрмәрмен безендірілген. Едендер сұр-сарғыш және қоңыр гранитпен қапталған. Карниз тот баспайтын болаттан жасалған. Платформаның соңында қола рельефі және "флоренциялық мозаика" техникасында жасалған көркем панель орналасқан. Композиция заманауи стильде жасалған. Абай Құнанбаев бейнеленген қола бедер Абай

шығармаларынан үзінділер жазылған тас фонда ерекшеленеді.

"Абай" станциясына жақын объектілер:

- Республика сарайы
- "Қазақстан" қонақ үйі
- "Арман" кинотеатры
- Көктөбедегі аспалы жол
- Республика алаңы
- Лермонтов драма театры
- Ұлттық кітапхана
- Университеттер: КИМЭП, UIВ, Аграрлы, Тұран
- Алматы қаласының әкімдігі

"Байқоңыр" станциясы - Абай даңғылы мен Байтұрсынов көшесінің қиылысында орналасқан. Жер асты вестибюльіне кіру және шығу жолдары Байтұрсынов көшесінің бойында, Абай даңғылының оңтүстік-шығыс және оңтүстік-батыс қиылысында орналасқан. Оңтүстік-шығыс кіреберіс биіктігі 6,0 м, ұзындығы 12,0 м екі ленталы эскалатормен жабдықталған. Баған түріндегі терең төсеу станциясы (тереңдігі 20 м), жол аралығы 18,1 м. үш залдан тұрады — орталық және екі бүйір, олар ені 15,2 м және ұзындығы 104 м жалпы арал платформасын құрайды.

Хайтек стиліндегі станцияның дизайны Байқоңыр ғарыш айлағымен байланысты. Қабырғаларды безендіру үшін көгілдір және ашық сұр түсті металл панельдермен қаптау қолданылады. Еден сұр гранитпен қапталған. Платформалық учаскенің соңында 16 жарықдиодты дисплейден жиналған "бейне қабырға" жарнамалық-ақпараттық тақтасы орнатылды.

"Байқоңыр" станциясына жақын объектілер:

- Балуан Шолақ атындағы спорт сарайы
- Орталық стадион
- "Променад" СҮ
- Қ.Сәтпаев ат. ҚазҰТЗУ.
- Алматы энергетика және байланыс университеті
- Туризм және спорт академиясы

"Мұхтар Әуезов атындағы Театр" станциясы - Абай даңғылы мен Мұқанов көшесінің қиылысында орналасқан. Жер асты вестибюльіне кіру және шығу жолдары Абай даңғылының солтүстік және оңтүстік жағында Жандосов көшесінің ауданында орналасқан. Вестибюльге Абай даңғылының бойында орналасқан жаяу жүргіншілер өткелі келеді. Баған түріндегі терең төсеу станциясы (тереңдігі 30 м), жол аралығы 18,1 м. үш залдан тұрады — орталық және екі бүйір, олар ені 15,2 м және ұзындығы 104 м жалпы арал платформасын құрайды.

Станцияның ішкі көрінісі гиперпластан жасалған және ұлттық ою — өрнекпен және көшпенділердің тұрмыс көріністермен безендірілген көлемді медальондары бар травертин плиткалары мен бағаналарынан жасалған (16 көрініс-залдың әр жағынан 8-ден). Қабырғалар сонымен қатар жасанды тастан

жасалған карниз профилимен безендірілген. Қарапайым, үлкен өрнегі бар гранит едендер. Платформаның ұшында спектакльден көрініс бейнеленген көркем мозаикалық панно орналасқан.

"Мұхтар Әуезов атындағы театр" станциясына ең жақын нысандар:

- М. Әуезов атындағы Қазақ мемлекеттік академиялық драма театры
- Қазақ мемлекеттік циркі
- Орталық неке сарайы
- "Достық" СК
- Ә. Қастеев атындағы ҚР мемлекеттік өнер мұражайы

"Алатау" станциясы - Абай даңғылының оңтүстігінде, Жароков көшесі мен Гагарин даңғылының арасында орналасқан. Кіру және шығу жолдары Абай даңғылы, Гагарин және Жароков көшесінің бойында орналасқан. № 1 вестибюльге Абай даңғылының бойында орналасқан жаяу жүргіншілер өткелі келеді. Жер асты вестибюльдері платформалық учаскенің екі жағында орналасқан. Шағын төсем станциясы ені — 5,4 м, ұзындығы — 104 м екі бүйірлі қону платформалары бар, олардың арасында рельс жолдары өтеді. Платформалық учаске ені — 17,7 м, платформа деңгейінен биіктігі-11,6 м.

Интерьер жобасы идеясының негізіне станцияның атауы — "Алатау", сондай-ақ Қазақстан аумағында өмір сүрген халықтардың ежелгі символикасы алынған. Қабырғалары ақ және жасыл мәрмәрмен қапталған. Ашық қоңыр граниттің қарапайым графикалық өрнегі бар сұр гранит едендері орналасқан. Вестибюльдер жағынан еңістердің үстінде платформалық учаскенің шет жағында рим мозаикасынан, қоладан және Іле Алатауының тау жотасы бейнеленген рельефтен жасалған көркем тақырыптық панно орналасқан.

"Алатау" станциясына жақын объектілер:

- Баспалар үйі
- "Жанна" СҮ
- "Арена" СҮ

"Сайран" станциясы - Абай даңғылының бойында Брусиловский көшесі мен Бостандық ауданындағы Тілендиев көшесінің аралығында орналасқан. Бұл үш аралық, ені 15,2 м арал платформасы бар баған, қону платформасының ұзындығы - 110,3 м.платформаға дейін 16 м тереңдікте орналасқан, платформаның ұштарында орналасқан және станцияның платформасына әр вестибюльден биіктігі 4,0 м болатын баспалдақпен байланысты екі жерасты вестибюльмен жасалған. Станциялардың вестибюльдеріне кіру әрбір вестибюльге екі жерүсті павильоны арқылы көзделген. Павильондардың әрқайсысы вестибюльмен екі эскалатормен және биіктігі 6,8-ден 8,3 м-ге дейінгі баспалдақпен байланысты.

"Сайран" станциясына ең жақын объектілер:

- "Темкен" медициналық орталығы
- Д. А. Қонаев атындағы тау-кен ісі институты
- М. Мақатаев атындағы № 140 мектеп-гимназиясы
- "ADK" сауда-ойын-сауық кешені
- Алматы мемлекеттік сервис және технологиялар колледжі

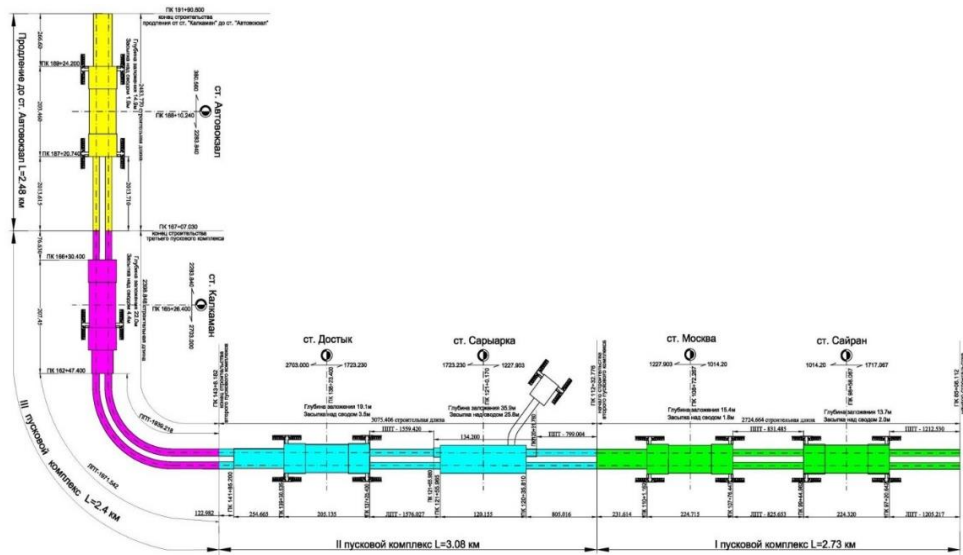
"Мәскеу" станциясы - Абай даңғылының бойында, Әуезов ауданындағы Өтеген батыр көшесі мен Алтынсарин даңғылының аралығында орналасқан. Бұл үш аралық, ені 15,2 м арал платформасы бар баған, платформаның ұзындығы-110,3 м. 20 м тереңдікте орналасқан таяз төсеу станциясы платформаның ұштарында орналасқан және станцияның платформасына әр вестибюльден биіктігі 4,0 м болатын баспалдақпен байланысты екі жерасты вестибюльмен жасалған. Станциялардың вестибюльдеріне кіру әрбір вестибюльге екі жерүсті павильоны арқылы көзделген. Павильондардың әрқайсысы вестибюльмен екі эскалатормен және биіктігі 6,8-ден 8,3 м-ге дейінгі баспалдақпен байланысты. Құрылымдық тұрғыдан алғанда, ғимараттар едендердің жоғарғы деңгейінде монолитті еден плиталарымен біріктірілген бағандардан, тіректерден және диафрагмалардан тұратын кеңістіктік рамалық байланыс жақтауы түрінде шешіледі.

"Мәскеу" станциясына ең жақын нысандар:

- "Қазинвестстрой" бизнес орталығы
- "Тигрохауд" киім-кешек базары
- "Moskva Metropolitan" СО
- "Сарыарқа" кинотеатры
- "Familypark" мәдениет және демалыс саябағы

Одан әрі дамыту батыс бағытта көзделген және 3 іске қосу кешенінен, сондай-ақ "Западный" автовокзал станциясына дейін ұзартудан тұрады:

- біріншісі - Алатау станциясынан Мәскеу станциясына дейін;
(пайдалануға берілді)
- екіншісі - Мәскеу станциясынан Достық станциясына дейін; (құрылыс жүргізілуде)
- үшіншісі - Достық станциясынан Қалқаман станциясына дейін;
(жобалау жүргізілуде)
- ұзартылуы - "Западный" автовокзалы. Үшінші кезек.



2.8 - сурет - Алматы метрополитенінің толық схемасы

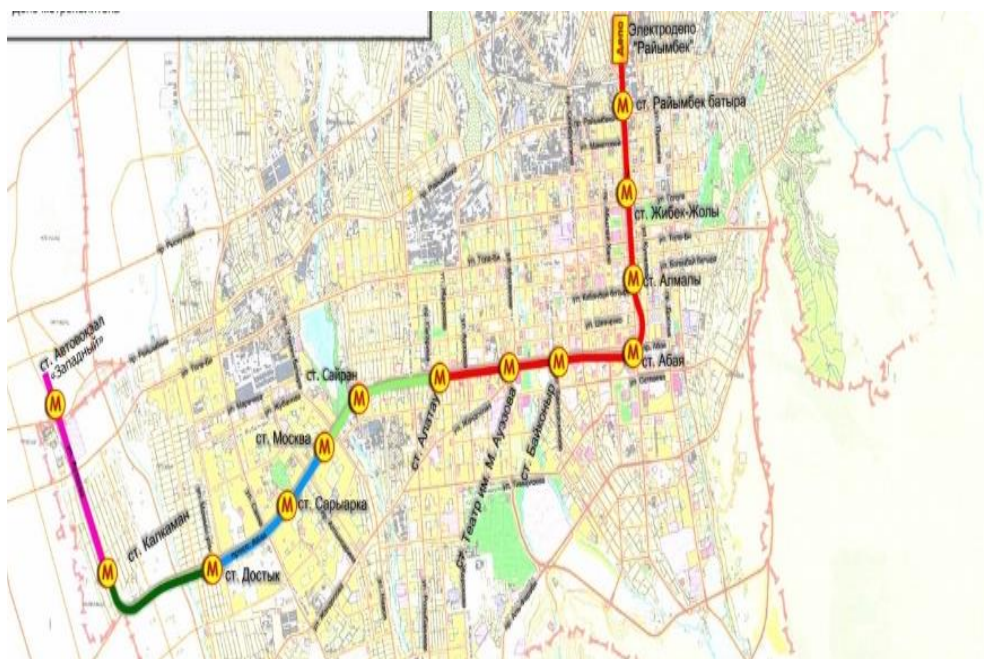
2015 жылғы 18 сәуір – метрополитеннің бірінші желісінің екінші кезектегі бірінші іске қосу кешені: "Сайран" және "Мәскеу" станциялары пайдалануға берілді. Аралық тоннельдің ұзындығы 2,73 км және желінің жалпы ұзындығы 11,2 км құрайды.

Пайдалануға берілгеннен кейін жолаушылар ағыны екі есе артып, тәулігіне 40-45 мың адамға жетті.

Метрополитен құрылысының негізгі мақсаты - көлік инфрақұрылымын жетілдіру, жолаушылар тасымалы көлемін ұлғайту, көлік байланыстарын кеңейту, ілеспе инфрақұрылымды дамыту, қаладағы экологияны жақсарту болып табылады.

Метрополитенді дамыту Алматы қаласы мәслихатының 2015 жылғы 10 желтоқсандағы V шақырылымның XLVII сессиясының №394 шешімімен бекітілген "Алматы – 2020" Даму бағдарламасына сәйкес көзделген.

Бұл ретте, мақсатқа қол жеткізу жолдарына сәйкес 3.1.1.2. "Алматы – 2020" даму бағдарламасының "" қоғамдық көліктің ұтқырлығы мен қолжетімділігін арттыру" көлік саясатының маңызды бағыттарының бірі метрополитеннің 1-ші желісін кеңейту – екінші іске қосу кешенін, үшінші іске қосу кешенін және үшінші кезекті салу болып табылады.



2.9 - сурет - Алматы қаласы метрополитенінің бірінші желісінің даму схемасы

Бүгінгі таңда екінші іске қосу кешенінің құрылысы жүргізілуде, метрополитеннің бірінші желісінің екінші кезектегі екінші іске қосу кешенінің екінші учаскесінің трассасы Абай даңғылының астында, Алтынсарин даңғылынан Яссауи көшесіне дейін батыс бағытта орналасқан. Аралық тоннельдерден және екі станциядан тұрады: терең төселетін Сарыарқа – пилон

типті станциясы және ұсақ төселетін Достық станциясы. Екі жолды есептеудегі құрылыс ұзындығы - 3,08 км.

2-ші іске қосу кешені пайдалануға берілгеннен кейін Метрополитен қызметтеріне сұраныстың болжамды есептерінің нәтижелеріне сәйкес күнделікті жолаушылар ағынының күтілетін саны – 85 000 адамды құрайды. Бұл метрополитендегі жолаушылар тасымалының айтарлықтай өсуіне және Абай даңғылының жүктемесін бірнеше есе азайтуға мүмкіндік береді.

Сарыарқа станциясы, "Фэмели" саябағының жанында орналасқан, станция қаланың ең тығыз орналасқан аудандарының бірін, шағын аудандар №3, 4, 5, 6, 7, 8, 12. қамтиды.

Достық станциясы екі жерасты вестибюльі мен кіреберісі бар, Абай даңғылының перспективалық дамуының бойында, Момышұлы көшесінің батыс бөлігінде орналасқан. станция Жетісу, Жетісу 2, Жетісу 4, Мамыр, Мамыр 5, Мамыр 7 шағын аудандарын қамтиды.

Үшінші іске қосу кешені Метрополитеннің бірінші желісінің екінші кезегінің үшінші іске қосу кешені учаскесінің трассасы Абай даңғылының перспективалы дамуының астында, Яссауи көшесінен Әуезов көшесіне дейінгі батыс бағытта Қалқаман шағын ауданында орналасқан. Аралық тоннельдер мен Қалқаман станциясынан тұрады. Қос жолды ұзындығы – 2,4 км.

Үшінші кезек Алматы қаласы метрополитенінің бірінші линиясының екінші кезегін "Қалқаман" станциясынан "Батыс" автовокзалына дейін ұзарту ұзақтығы 2,48 км. аралық тоннельдерді және "Батыс" автовокзалы станциясын қамтиды.

Қаланы дамытудың бас жоспарына сәйкес Райымбек даңғылы мен Әуезов көшесінің қиылысында Қалқаман шағын ауданында қалааралық автовокзал, Метрополитен станциясы, жеңіл рельсті көлік станциясы, сондай-ақ 500 орындық жеңіл көлікке арналған паркинг байланыстыратын бірыңғай көліктік қайта отырғызу торабын немесе "хаб" салу жоспарлануда, бұл қала маңындағы тұрғындар мен қалаға кіретін қонақтарды Алматының Орталық аудандарымен байланыстыратын метрополитенге қосымша қуат береді. Бұл ретте есептік тәуліктік жолаушылар ағыны 100 мың адамды құрайды.

Сонымен қатар, қоғамдық көліктің маршруттық желісін қолданыстағы метрополитен желісімен, сондай-ақ батыс бағытта жоспарланған екінші кезектен интеграциялау жүйесін құру жолаушыларды тасымалдау бойынша неғұрлым сапалы көлік қызметтеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2.3 Метрополитен желісі мен станциясын жобалау кезіндегі имитациялық моделдеуді қолдану және оның әдістрі

Қазіргі уақытта Алматы қаласында қалыптасқан көлік инфрақұрылымы бар, ол сан алуан көлік құралдарымен көрсетілген: қоғамдық автобустар, қоғамдық троллейбустар, такси, метро, мото және вело көліктер.

Дегенмен, Алматы қаласының көлік инфрақұрылымының көптеген кемшіліктері бар: халықтың автомобильдендірілуі деңгейінің өсуі, жеке

көлікті пайдалану қарқындылығының артуы, "кептелістердің" болуы, қалалық жолаушылар көлігі тиімділігінің төмендеуі және экологияға зиянды әсері [5].

Осы факторлардың барлығы Алматы қаласы көлік инфрақұрылымының тиімсіз жақтарын қалыптастырады. Алматы мегаполисінің жол қозғалысы деректерін зерттеу мақсатында әрбір автокөлік тұжырымдамасының негізгі мақсаты болып саналатын жол қорын зерделеу қажет. Алматы қаласының жол қоры толығымен муниципалитеттің меншігі болып табылады. 2014 жылы жаңа жерлерді қосу салдарынан автожолдардың бірыңғай ұзындығы 583 километрге өсті. Жыл сайын автожолдардың ұзындығы ұлғаюда, бірақ соған қарамастан, Алматы қаласы жолдардың тығыздығы мен жолдармен қамтамасыз ету деңгейі бойынша Варшава, Торонто және Будапешт сияқты қалаларға жол беруді жалғастыруда.

Жолаушылар ағыны және қалалық жолаушылар көлігі жүйесі сияқты сипаттамаларды зерттеу қаланың қолайлы жағдайларда өмір сүруін қамтамасыз етуінде маңызды рөл атқарады. Қалалық жолаушылар көлігінің дамыған инфрақұрылымы қала және оның қала маңындағы аудандардағы тұрғындардың қажеттіліктерін қанағаттандыруға тиіс. Жолаушылар айналымына сәйкес статистикалық мәліметтерді зерттеу айтарлықтай өсуді анықтады. Кезең ішінде жалпы жолаушылар айналымы 2015 жылғы 36,2 млрд. жолаушы км-ден 2017 жылы 39,1 млрд. жолаушы км-ге дейін 7,4% - ға ұлғайды.

Көлік кептелісін жою және жолаушылар айналымын арттырудың бір жолы – метрополитен желісін жобалау болып табылады. Көлік мәселелерін, оның ішінде метрополитендерді жобалау мәселелерін дұрыс шешуге әсер ететін ірі қалалардың басты ерекшеліктеріне:

- жергілікті жердің топографиясы және оның қаланың жекелеген аудандарындағы қолданыстағы және жобаланатын құрылысы;
- олардың халқының тығыздығы жатады;
- жолаушылар көлігін статистикалық зерттеу негізінде анықталған қаланың осы аудандарының магистральдары мен көлік тораптарындағы қалалық көліктің жекелеген түрлерінің жолаушылар легі мен жолаушылар айналымының сипаты мен шамасы;
- қалаішілік және қала маңындағы жолаушылар көлігінің барлық түрлері желілерінің қолданыстағы және жобаланатын схемалары;
- қазіргі уақытта тұрғын үй алаптарының, мәдени-қоғамдық, сауда және өнеркәсіп кәсіпорындарының орналасуы және қаланы дамытудың перспективалық бас жоспарына сәйкес оларды одан әрі салу.

Жоғарыда аталған барлық материалдарды егжей-тегжейлі зерттеу қаланың метро желілерінің перспективалық схемасын жобалаудың және оны жүзеге асырудың кезектілігін белгілеудің негізі болып табылады. Бекітілген бас перспективалық схема негізінде метрополитен құрылысының жекелеген желілері мен кезектерін егжей-тегжейлі жобалау жүзеге асырылады.

Көліктік қайта отырғызу тораптары жүйесі аумақтың көліктік кешенінің

тиімділігін және жалпы пайдаланудағы көліктің барлық түрлерін дамытуды айқындайтын көліктік инфрақұрылымның дербес және жеткілікті маңызды бөлігін білдіреді.

Көлік инфрақұрылымын кешенді қайта жаңарту қажеттілігі, оның негізгі бағыттарының бірі көлік жүйесінің барлық элементтері мен қалалық ортаның интермодальді өзара іс-қимылын қамтамасыз ететін қазіргі заманғы көліктік қайта отырғызу тораптары жүйесін қалыптастыру және дамыту болып табылады.

Қаланың көлік саясатының басым міндеттерінің бірі қалада және жақын маңда құрылатын тұрғындар мен жұмыс орындары санының өсуіне сәйкес мегаполистердің қарқынды даму қарқыны жағдайында жолаушылар көлік инфрақұрылымын озық дамыту және трансформациялау болып табылады.

Имитациялық модельдеу - көлік жағдайларының барлық түрлерін және олардың стохастикалық көріністерін ескере отырып, көліктік қайта отырғызу торабының құрылымын оңтайландыру мәселелерін шешудің ең тиімді әдісі.

Қазіргі әлеуметтік - экономикалық жағдайларда көлік тораптарын қалыптастыру процесі әсіресе тез және жиі өз бетінше жүреді, кеңістікті тиісті сәулет-жоспарлау ұйымдастырусыз, жалпы қала құрылысы жағдайын және жаяу жүргіншілер жолдарын ұйымдастыруды ескерместен, тиісті абаттандырусыз, көгалдандырусыз және т. б.

Көліктік қайта отырғызу торбы қаланың жоспарлау құрылымының тораптық элементі болып табылады, онда жолаушыларды қалалық жолаушылар мен сыртқы көліктің әртүрлі түрлері арасында немесе көліктің бір түрінің әртүрлі желілері арасында ауыстырып отырғызу, сондай-ақ әлеуметтік инфрақұрылым объектілерімен жолаушыларға ілеспе қызмет көрсету жүзеге асырылады.

Көліктік қайта отырғызу торабының құрамына жолаушылар жолға немесе үйге бара жатқан кезде қажетті тауарларды сатып ала алатын сауда аймақтары (дүкендер) кіруі мүмкін. Көліктік қайта отырғызу торабының тарту аймағында жолаушылар қозғалысының қолданыстағы траекторияларын (жолдар желісі) талдау сауда аймақтарын тиімді орналастыруға көмектеседі. Бұл ретте оларды орналастыру жолаушыларды көліктің бір түрінен екіншісіне ауыстыруға кедергі келтірмеуі тиіс.

Сауда аймақтарының жолаушылар ағынының қозғалысына әсерін және тұтастай алғанда түйіннің көлік қол жетімділігін имитациялық моделін құру арқылы бағалауға болады. Модельдеу көлік объектілерімен әртүрлі эксперименттерді айтарлықтай қаржылық инвестицияларсыз және өндірістік тәуекелдерсіз жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда жағдай шындыққа мүмкіндігінше жақын модельденеді. Бұл тәсілдің бірегейлігі модельдеу виртуалды әлемде қолданыстағы ғана емес, сонымен бірге перспективалы объектінің жұмысын бағалауға және жобалау кезеңінде оның тиімді жұмыс істеуі үшін қажетті қуаттарды салуға мүмкіндік беретіндігінде.

Модельдеу нәтижесі бастапқы деректердің сапасына тікелей байланысты екенін атап өткен жөн. Мысалы, жолаушылар ағыны бойынша

деректерді "қарбалас" сағатында, жолаушылар ағынын біркелкі тарата отырып қарастыратын болсақ, онда нәтиженің сапасы электр пойызының әрбір келуіне байланыстыра отырып, бөлу кезіндегіге қарағанда төмен болады. Бұл жағдайда біз жолаушылар ағынына жалпы жүктемелерді аламыз және модель әлдеқайда нақты болады. Сондай-ақ, егер жолаушылардың құрамы бойынша біркелкі бөлінбеуі ескерілсе (бірінші вагон тығыз орналасқан, соңғы вагон аз орналасқан), онда модельдеу нәтижелері дәлірек болады.

Жоғарыда аталған ерекшеліктерді ескере отырып, қолданыстағы метро станциялары негізінде құрылған перспективалы көліктік қайта отырғызу тораптарын модельдеу кезінде қызмет көрсететін қызметтердің оңтайлы параметрлері анықталды (турникеттер, кассалар, төлем терминалдары), сондай-ақ жолаушылар ағынының тығыздық картасы арқылы жолаушылар көп жиналатын орындар анықталды. Тығыздық картасы нақты уақыт режимінде зерттелетін аймақтың бірлігіндегі адамдардың санын көрсететін түс индикаторына негізделген.

Осылайша, сауда аландарын орналастыруға болатын жолаушылардың орташа шоғырлануы бар орындар анықталады. Мұндай орындар елді мекенде орналасқан және сонымен бірге мұндай жерлерде коммерциялық объектілерді орналастыру жолаушылардың қозғалысына кедергі келтірмейді.

Дәліздерде және турникеттер алдында жолаушылардың кептелуін жою үшін қарсы ағындарды бөлу және турникет желісінің конфигурациясын өзгерту бойынша шешім қабылдау жөн. Модельдеу нәтижелері жаһандық қайта құрулар мен күрделі салымдарсыз оңтайландыру шешімі болады.

Тарихи қалыптасқан көлік жағдайына және метрополитеннің қолданыстағы станцияларының тартылыс аймағындағы жақын маңдағы құрылысқа байланысты қолданыстағы кеңістікті қайта құру міндеті жиі күрделі немесе тіпті мүмкін емес болады. Бұл ретте көлік-орын ауыстыру торабының іргелес аумақпен және құрылыс салумен тығыз байланысы қоршаған қалалық кеңістіктің құндылығын арттырады, бұл осы аумақты функционалдық молықтыруға негізделген көзқарасты және тұрақ кеңістігін, автостанцияларды, тұндыру-бұрылу аландарын және басқа да объектілерді ұтымды жоспарлау ұйымдастыруды талап етеді.

Имитациялық модельдеу көмегімен қолданыстағы инфрақұрылымды ең аз дамыта отырып, тиімді пайдалану үшін шешім табылды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, модельдеу қолданыстағы немесе жаңа көп функциялы көлік объектілерін салу шешімдерін әзірлеу процесінде маңызды компонент деп айта аламыз. Ол нақты жұмыс істейтін объектілермен эксперименттерді үнемдеуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, модельдеу болашақта жағдайды болжауға, "егер не болады?" және өзіңізді қосымша өндірістік және қаржылық шығындардан алдын ала қорғауға мүмкіндік береді.

Модельдеуді қолдана отырып, біз зерттелетін объектінің ең тиімді конфигурациясын таба аламыз, өткізу қабілеттілігін есептей аламыз, объектінің штаттан тыс жағдайларға тұрақтылығын тексере аламыз, мүмкін

қиындықтары бар жерлерді анықтай аламыз және жобалау сатысында оңтайландыру туралы шешім қабылдай аламыз.

2.4 Метрополитен станцияларына арналған авариялық-құтқару құралдарының жиынтығын есептеу үшін имитациялық модельдеу әдістерін қолдану

Метрополитен күрделі инженерлік-техникалық құрылыс болып табылады. Метрополитен объектілеріне терең төселетін тоннельдер, станциялар, түрлі қызметтік үй-жайлар (серверлік, диспетчерлік, басқару пункттері, электр қалқаны, трансформаторлық қосалқы станциялардың үй-жайлары және т.б.) жатады.

Метродағы кез-келген сәтсіздік, кез-келген апат қала қозғалысына кедергі келтіреді, бұл іргелес кәсіпорындар мен басқа да қалалық құрылымдардың жұмысына теріс әсер етеді. Төтенше жағдайлар туындаған кезде жолаушылар ағынының үлкен болуына байланысты құрбандар мен зардап шеккендердің саны жүздеген болуы мүмкін. Қазіргі уақытта метрополитенде қалыпты жұмыс пен төтенше жағдайлардың бұзылу тізбесі тек өрттермен және жылжымалы құрам мен жолдағы ақаулармен шектелмейді. Оларға тағы мыналар жатады: жылжымалы құрамның механикалық зақымдануы (пойыздың құлауы), туннельдер мен станциялардың құлауы, Эскалатордың бұзылуы (аялдама, апат), химиялық инфекциялар (сынап, аммиак, фтор) және т. б.

Қазіргі жағдайда метрополитеннің қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі басым болып табылады, бірақ метроның көлік объектісі және оның күрделі құрылымы ретіндегі ерекшелігіне байланысты сәтсіздіктер мен ондағы төтенше жағдайлар азын-аулақ туындайды [14].

Метрода төтенше жағдайлар туындаған жағдайда олардың салдарын жою үшін әртүрлі қалалық авариялық-құтқару қызметтері, ең алдымен ҚР ТЖМ іздеу-құтқару қызметтері тартылады. Метрополитенге көмек көрсету бойынша жедел өзара іс-қимыл жасау үшін қозғалыс қызметтері қаланың тиісті қызметтерінің кезекші-диспетчерлік қызметімен тікелей байланыспен жабдықталған. ТЖ туындаған кезде қозғалыс қызметінің диспетчерлік аппараты жағдайға байланысты метрополитеннің тиісті қызметтерінің авариялық-қалпына келтіру құрамаларының шығуын ұйымдастырады, ал қажет болған жағдайда қалалық қызметтерінің авариялық-қалпына келтіру құрамаларын қосымша шақырады.

Метрополитенде ТЖ жою үшін авариялық-құтқару және авариялық-қалпына келтіру құрамалары қолданатын құрал-саймандар жиынтығының сандық және сапалық көрсеткіштерін айқындау үшін оларды негіздеудің әртүрлі әдістемесі қолданылады.

Бірақ метрополитенде жұмыс жүргізудің пайда болған ерекшеліктеріне (шектеулі кеңістікте жұмыс жүргізу, жылжымалы құрам элементтерінің және метрополитен объектілерінің едәуір масса-габариттік сипаттамалары және

т.б.) және көптеген белгісіз факторларға (төтенше жағдайлардың пайда болуы мен дамуының кездейсоқ сипаты, санитариялық-медициналық жағдай, жұмыстардың реттілігі мен көлемі) байланысты бірдей жағдайларда бірнеше рет есеп жүргізу қажеттілігі туындайды. Сонымен қатар, берілген және есептелген көрсеткіштердің едәуір санына байланысты құралдар жиынтығының сандық және сапалық көрсеткіштерінің есептеулері (жабдықтардың сипаттамалары, зардап шеккендердің қайтыс болу көрсеткіштері, жұмыс орындарының саны, операциялардың едәуір саны, жабдықты пайдалану ықтималдығы) өте көп уақытты қажет ететін процестер болып табылады. Тапсырманы іске асырудың мүмкін жолдарының бірі авариялық-құтқару жұмыстарын орындаудың имитациялық модельдерін пайдалана отырып, машиналық эксперименттер жүргізу болып табылады.

Нақты процестерді бақылаумен салыстырғанда бұл тәсілдің артықшылығы-эксперименттер жүргізу шығындарының төмендеуі ғана емес, сонымен қатар эксперименттерді бірдей жағдайларда бірнеше рет қайталау мүмкіндігі.

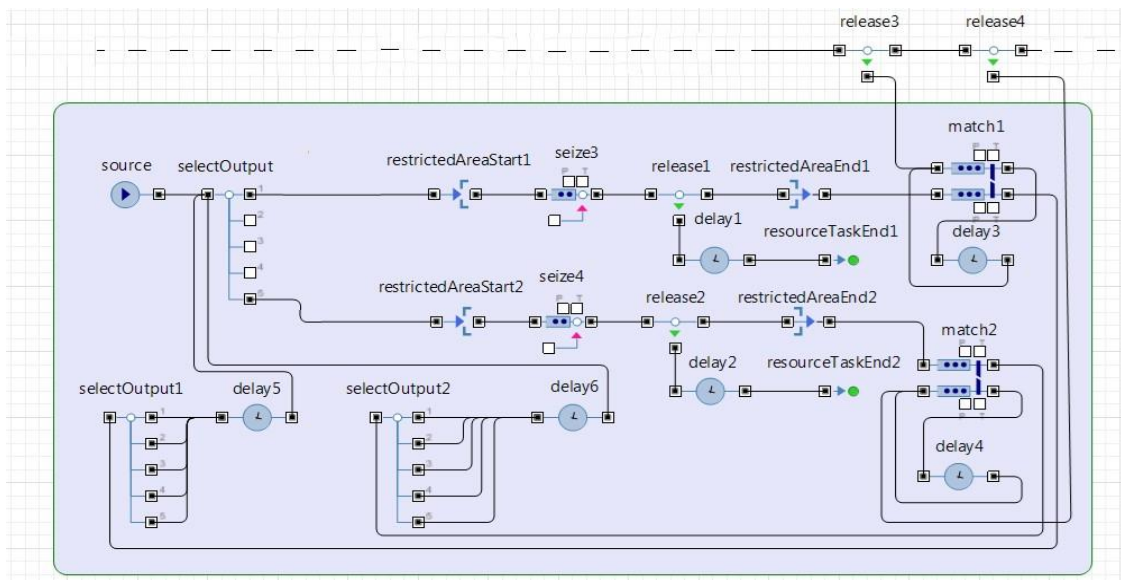
Қазіргі тәжірибеде дискретті процестерді модельдеу кезінде GPSS World жалпы мақсатты жүйесі құрал ретінде кеңінен қолданылады, ол GPSS модельдеу тілдер отбасының соңғы заманауи өкілі болып табылады.

Соңғы жылдары онымен бірге AnyLogic модельдеу жүйесі қолданылады. Бұл жүйені "the AnyLogic Company" компаниясы Ақпараттық технологиялар саласындағы заманауи тұжырымдамалар мен гибридті жүйелер теориясы мен объектіге бағытталған модельдеу зерттеулерінің нәтижелері негізінде әзірледі. Бұл бір модельде қазіргі уақытта модельдеудің негізгі бағыттарын қамтитын күрделі құрал: дискретті оқиға, жүйелік динамика, агент. Осы факторға байланысты AnyLogic қолдану аясы өте кең.

AnyLogic модельдеу жүйесін қолдана отырып, метродағы төтенше жағдайларды жою кезінде қолданылатын құралдар жиынтығының сандық және сапалық мынадай көрсеткіштерін анықтауға болады:

- жабдықтарды, авариялық-құтқару және авариялық қалпына келтіру құралымдарын ТЖ орнына жеткізу;
- ТЖ жою бойынша жұмыстар жүргізу (зардап шеккендерді блоктан шығаруды, оларға алғашқы көмек көрсетуді және т. б. қоса алғанда);
- зардап шеккендерді эвакуациялау;
- ТЖ жоюдың әртүрлі көрсеткіштерін (зардап шеккендердің қаза болу көрсеткіштері, жұмыстарды орындау мерзімдері және т. б.) анықтау үшін есептеулер жүргізу [15].

Мысал ретінде біз AnyLogic модельдеу жүйесінде құрылған екі жұмыс процесінің имитациялық моделін қарастырамыз. Бұл модельдің логикалық схемасы 2.10 - суретте көрсетілген.



2.10 - сурет - Жұмыс процесін модельдеудің логикалық схемасы

Ұсынылған модельдің жұмыс алгоритмін қарастырайық: Source блогы жұмыс орындарының санына тең өтінімдер санын қалыптастырады. SelectOutput блогы жұмыстардың пайда болу ықтималдығына сәйкес өтінімдерді бөледі. RestrictedAreaStart1, seize3, release1, restrictedAreaEnd1, delay1, resourceTaskEnd1 блоктары жұмыс уақытында ресурстарды бөлуді және күтуді, атап айтқанда белгілі бір құрылымдардың жұмыспен қамтылуын модельдейді. Match1 блогы жұмыс процесі мен құралды еліктейтін қосымшаларды біріктіреді. Еркін құрал болмаған кезде қарапайым болады. Selectoutput1 блогы әртүрлі операциялардың ықтималдығы арқылы құралдың жұмыс уақытын анықтайды. Delay5 блогы жұмыс уақытына тең сигнал кідірісін модельдейді. Stopdelay () әдісі арқылы delay5, delay3 және delay1 блоктарынан сигнал шығысымен сигналдарды босатады, бұл бос емес құралымдар мен пайдаланылатын құралдың одан әрі қолдануға дайындығын білдіреді. Бұл жұмысты модельдеу техникалық құралдардың, сондай-ақ қалпына келтіру құрылымдарының қажетті санын анықтауға мүмкіндік береді.

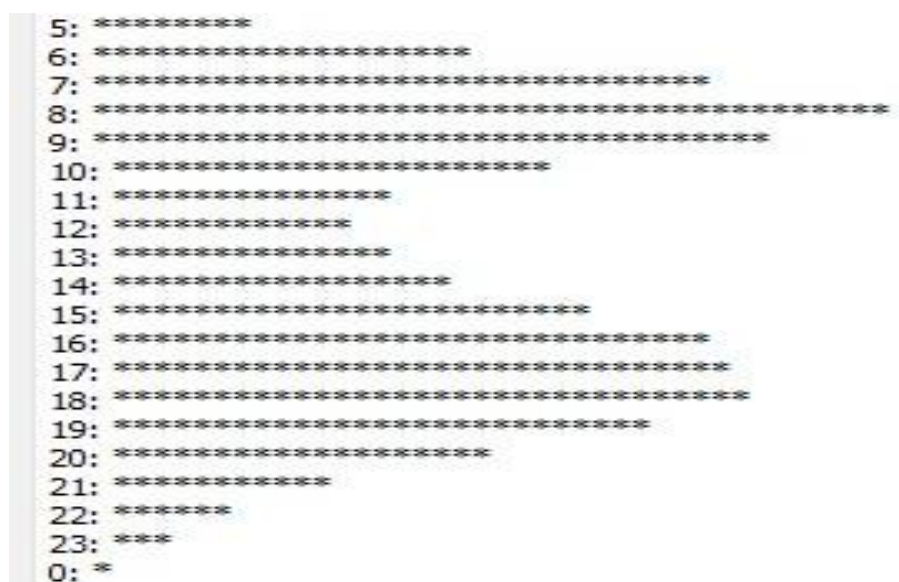
Қорытындылай келе, метродағы төтенше жағдайларды жою кезінде қолданылатын техникалық құралдардың қажетті жиынтығын анықтау үшін AnyLogic ортасында жұмыс модельдерін құру мүмкін жолдардың бірі болып табылады деп айтуға болады.

2.5 Жоғары жылдамдықты көліктегі тексеру пунктінің өткізу қабілетін оңтайландыру әдісі

Соңғы уақытта жоғары жылдамдықты көлікте (метро, аэроэкспресс, электр пойыздары және т.б.) жолаушылардың қауіпсіздігіне қойылатын талаптардың артуы жолаушылардың кіру пункттерінде тексеру жүйелерін орнатуға әкелді, олар жолаушылар ағынының біркелкі еместігі кезінде, үлкен кезектер жасамай, қажетті өткізу қабілетімен жұмыс істеуі тиіс. Осыған

байланысты тексеру пунктiнiң кабиналарына пайдаланушылардың кiруiн басқарумен байланысты бiрқатар мiндеттер туындайды. Бұл әдiс өте көрнекi және зерттеу үшiн деректердi алдын-ала өңдеудi қажет етпейдi. Жолаушылар ағынының басты ерекшелiгi-оның бiркелкi еместiгi, яғни уақыттың өзгергiштiгi (сағат, күн, апта күндерi, жыл мезгiлдерi), жолаушылар ағынының бiркелкi болмауына әсер ететiн факторлардың өзгеру ауқымы өте маңызды, бұл олардың әртүрлi комбинацияларының көптеген нұсқаларының пайда болуына әкеледi. Осылайша, статистикалық модельдеуден кейiн таңертең, түстен кейiн, кешке шыңдарымен үш қалыпты үлестiрудi қосу арқылы алынған екi өркештi бөлу қолданылады, тәулiк уақыты бойынша жолаушылар ағынының он мыңнан астам түрлi кiрiс үлестiрiмдерi алынды. Тексеру пункттерi жұмысының бiрiншi сағаты бойынша шешiм қабылдау ағашын пайдаланған кезде күнi бойы кiретiн жолаушылар ағынының қуатын анықтауға болады, бұл тексеру пункттерiнiң қажеттi санын анықтауға мүмкiндiк бередi. Осылайша тексеру пункттерiне кезек қысқартылады. Ұқсас мiндеттердi вокзалдар мен әуежайларға келетiн абоненттерге қызмет көрсететiн ұялы байланыс операторлары да шеше алады.

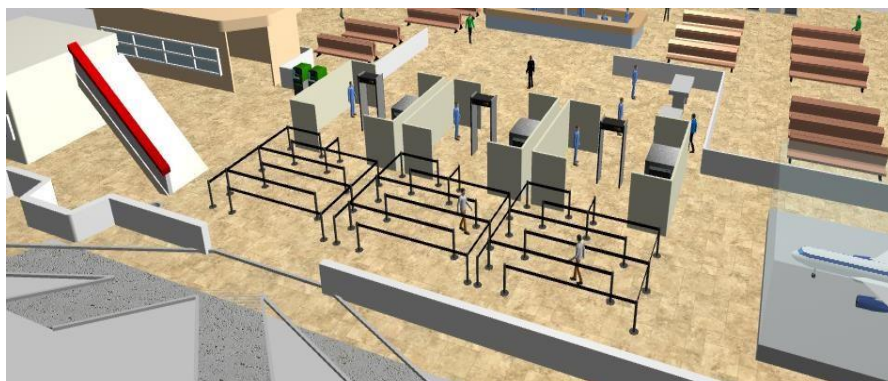
Көлiктегi жолаушылар ағынының негiзгi ерекшелiгi-оның бiркелкi еместiгi (сағат, күн, апта күндерi, жыл мезгiлдерi және т.б.). Сонымен қатар, зерттелетiн жолаушылар ағынына тән ерекшелiк - оның тәулiк бойына таралуы, әдетте, екi өркештi үлестiрiмге ие (сурет 2.11), яғни таңертең де, кешке де жоғары шыңдардың болуы. Мақалада қарастырылған мiндет - жинақтаумен топтық қызмет көрсету мiндетi, ал кiрiс өткiзу уақыты тұрақты емес.



Сурет 2.11 - Станцияға кiретiн жолаушылар ағынының тәулiк уақыты бойынша екi өркештi таралуының мысалы

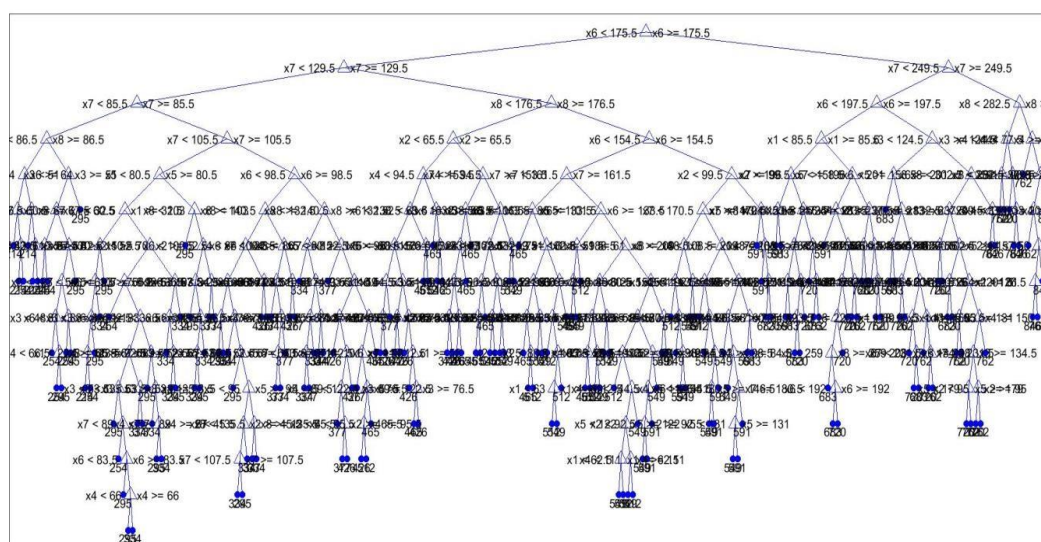
Жұмыста станция жұмысының алғашқы 45 минуты туралы мәлiметтерге сүйене отырып, күнi бойы станцияға кiретiн жолаушылардың жалпы санын

болжау мысалы қарастырылған. Аналитикалық модельдер зерттелетін өтінімдерді бастау және қызмет көрсету параметрлеріне белгілі бір шектеулер қояды. Сонымен қатар, көбінесе өте үлкен есептеу қажет, мысалы, жолаушыларды тексеру уақытының арақатынасы артады. Станцияға кірмес бұрын тексеру пункттері есептеуде ескерілуі керек қосымша кезектерді құрайды (сурет 2.12).



Сурет 2.12 - станцияға кірер алдындағы тексеру пунктіне кезек

Бұл жұмыста регрессиялық ағаштар әдісін қолдана отырып, кіретін жолаушылар ағынының жіктелуін енгізу ұсынылды. Тексеру пункттерінің жұмысын бастамас бұрын деректерді талдау мақсатында кіретін жолаушылар ағынын біраз зерттеу қажет. Бұл үшін Matlab негізгі құралдары да, статистикалық әдістер де қолайлы болуы мүмкін, мысалы, корреляцияны бағалау. Әрі қарай, модельді таңдауды бастау керек: регрессия, жіктеу немесе кластерлеу. Әдетте, әртүрлі модельдер әртүрлі нәтиже береді. Алынған және дайындалған модельді болжау үшін қолдануға болады.



Сурет 2.13 - Тарату ағашы

Шешім қабылдау ағашына негізделген жіктеу әдісін қарастырайық - болжамды модельдер үшін статистика мен деректерді талдауда қолданылатын шешім қабылдауды қолдау құралы. Ағаштың құрылымы - "жапырақтары" және "бұтақтары" (сурет. 3). "Бұтақтарда" осы кезеңде функция жіктелетін жағдайлар жазылады, "жапырақтарда" мәндер жазылады, олар ағашқа түскеннен кейін мақсатты функцияға тағайындалады. Мұндай шешім ағаштары үлкен мәліметтер жиынтығын талдауда кеңінен қолданылады.

Бұл әдістің артықшылықтары: түсіну және түсіндіру оңай, деректерді өңдеуге арнайы дайындықтың болмауы және айнымалылардың категориялық және аралық түрлерімен жұмыс істеу мүмкіндігі. Көптеген әдістер қалыпты тарату заңына бағынатын айнымалылардың тек бір түрі болатын мәліметтермен ғана жұмыс істейді.

Кемшіліктеріне әдісін жатқызуға болады:

- Ағаш шешімдерінің алгоритмін практикалық қолдану эвристикалық алгоритмдерге негізделген.
- Қайта оқыту мәселесі. Бұл мәселені болдырмау үшін "ағаштың тереңдігін реттеу" әдісін қолдану қажет.
- Модельдің күрделілігі мен ауқымдылығы.

Жолаушылар ағынын жіктеудің қарастырылған міндеті үшін алдымен математикалық күту мен дисперсияның өзгеретін параметрлерімен әр түрлі кіріс жолаушылар ағынын модельдеу жүргізілді, содан кейін тәуелсіз класстардың саны бағаланды. 14 тәуелсіз санат алынды (сурет 2.14).

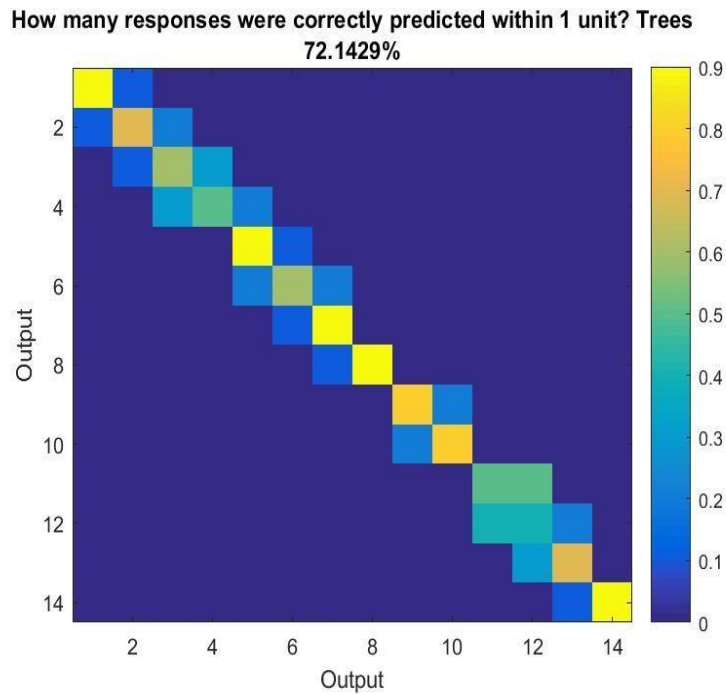
Осыдан кейін жіктеу міндеті тексеру пункттерінің жұмысына қажеттілік класстарын бөлуге әкелді. Алынған түйіндерді суреттейміз және классификатордың сапасын бағалаймыз. Классификатордың жұмысын графикалық бағалауды құру үшін мәліметтер оқыту және тестілеу болып бөлінеді. Барлық сәйкестіктерді жинақтап, дұрыс жауаптардың санын аламыз (сурет 2.14). Егер классификатор жақсы болса, онда негізгі диагональда бірліктер болуы керек.

```
model =
  TreeBagger
Ensemble with 20 bagged decision trees:
      Training X:      [1260x8]
      Training Y:      [1260x1]
      Method:          classification
      NumPredictors:    8
      NumPredictorsToSample: 3
      MinLeafSize:      1
      InBagFraction:    1
      SampleWithReplacement: 1
      ComputeOOBPrediction: 0
      ComputeOOBPredictorImportance: 0
      Proximity:        []
      ClassNames:       '214'      '254'      '295'      '334'      '377'

  Properties, Methods

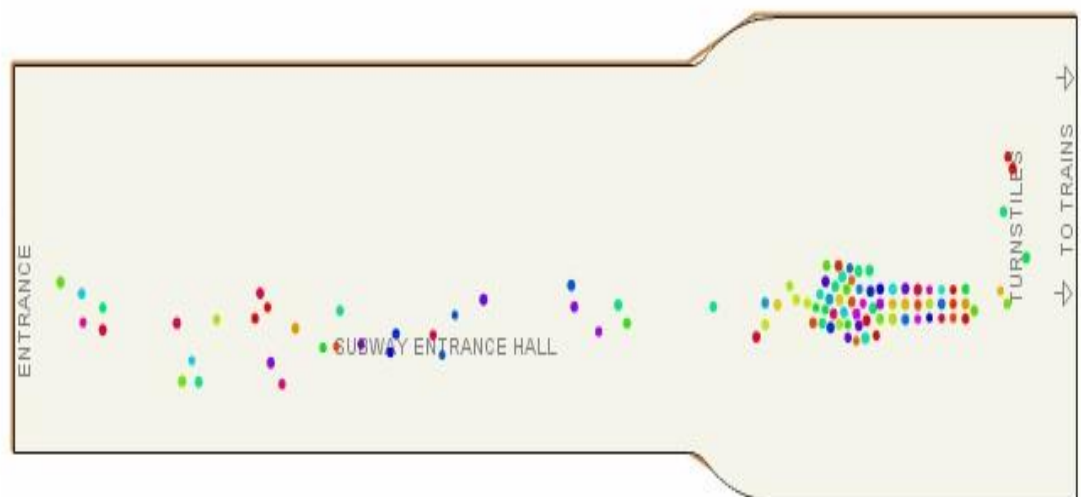
Tree Bagger  % within 1 unit - 72.1429%
```

Сурет 2.14 - Класстар бойынша бөлу



Сурет 2.15 - Күндізгі жолаушылар ағынының класын анықтау

Классификатордың жұмысы барысында бір класс шегінде 72.1429% дұрыс жауап алынды. Нәтижесінде, күніне кіретін жолаушылар ағынын болжау тексеру пункттерінің қажетті санын ашуға, сондай-ақ оларда жұмыс істейтін адамдардың қажетті санын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жұмыс күшіне жұмсалатын шығындарды азайтуға және тексеру пункттеріндегі кезектерді қысқартуға әкеледі. Әйтпесе, тексеру пункттерінде үлкен кезектер пайда болуы мүмкін (сурет 2.16).



2.16 - сурет - Жолаушылар ағынының жоғарылауы кезінде тексеру пункттерінің жұмысын суретте

3 Метро станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделі

3.1 Модельденетін метро станциясының құрылымдық сипаттамасы

"Райымбек батыр" - Алматы метрополитенінің 1-ші желісінің соңғы станциясы. Станция Жетісу ауданындағы Райымбек даңғылынан солтүстікке қарай Назарбаев даңғылының астында орналасқан.

Оңтүстік жер асты вестибюльге кіру-шығу жолдары Нұрсұлтан Назарбаев даңғылы мен Райымбек даңғылы қиылысының әр бұрышында орналасқан. Тағы екі кіреберіс - Солтүстік вестибюльден шығу Назарбаев даңғылының екі жағында орналасқан.

2018 жылғы есеп бойынша ең көп сұранысқа ие - оңтүстік вестибюль. Назарбаев даңғылы мен Жансүгіров көшесін жалғайтын теміржол үстіндегі эстакада іске қосылғаннан кейін Солтүстік вестибюль ірі жолаушылар торабының бір бөлігі болады.

Станцияның өзі географиялық жағынан қаланың Жетісу ауданында орналасқанына қарамастан, Райымбек даңғылының солтүстігіне бір-бірден шығу жолы Алмалы және Медеу аудандарында орналасқан.

Бұл тарауда платформаға өту үшін 2 касса мен 5 турникеттер орналасқан "Райымбек Батыр" метро станциясының имитациялық моделін құрастырамыз. Бір келушіге қызмет көрсетудің орташа уақыты -12 секунд. Келушілер екі түрге бөлінеді:

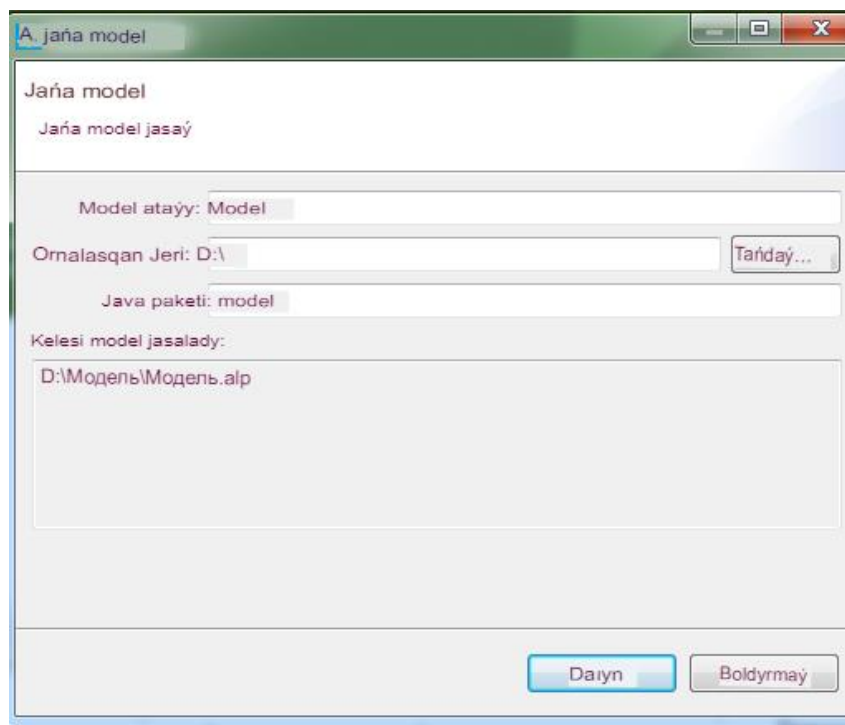
- жол жүру картасын (проездной) сатып алған келушілер.
- Кассадан билет сатып алуы қажет келушілер. Мұндай келушілердің қатынасы 15/85.

3.1 - кесте - Тәулік уақытына байланысты жолаушылар ағынының қарқындылығы

Сағат	Жолаушылар саны	Кіру	Шығу
13:30	500	475	25
13:40	520	420	100
13:50	540	300	240
14:00	565	350	215
14:10	570	370	200
14:20	430	310	120
14:30	400	200	200

3.2 Райымбек Батыр станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделін құру

1. Біз модель жасап, оны "Метро" деп атаймыз және файл сақталатын каталогты таңдаймыз. (сурет 3.1).



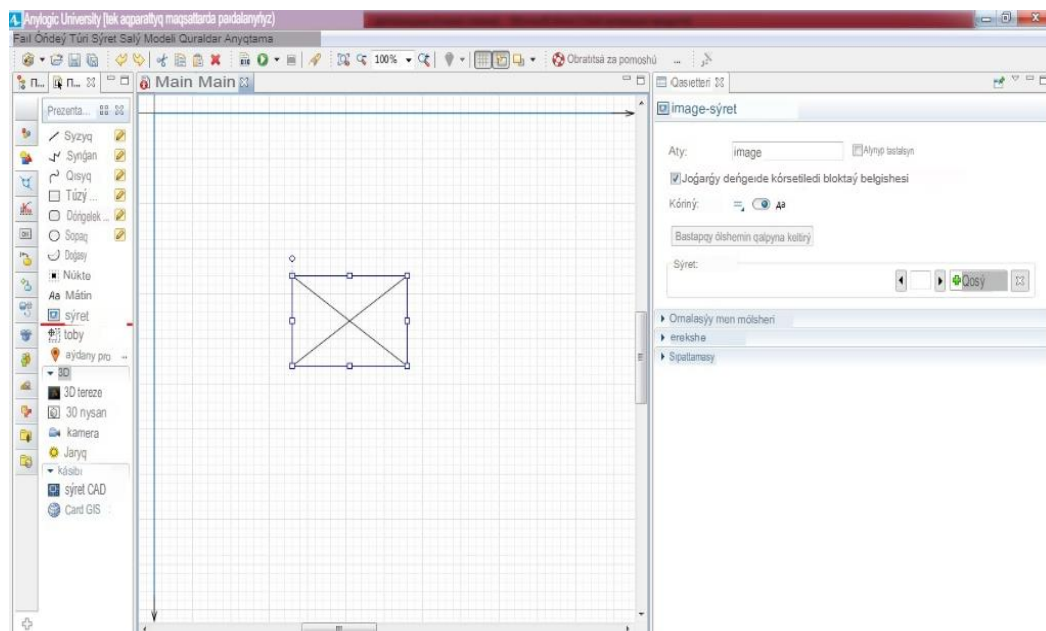
3.1 - сурет - Модель құру

Жаңа модельде Main агентінің бір түрі және Simulation эксперименті бар. Агенттер-AnyLogic моделінің негізгі құрылыс блоктары. Біздің жағдайда main агенті модельдің барлық логикасын анықтайтын орын болады: мұнда біз метро станциясының сызбасын орналастырамыз және клиенттердің ағындық процесінің диаграммасын орнатамыз.

Жұмыс аймағының ортасында Main агент типіндегі графикалық диаграмма редакторы орналасқан. Жұмыс аймағының сол жағында панель орналасқан "Жобалар"(модель элементтерін оңай шарлауды қамтамасыз етеді) және палитра тақтасы (диаграммаға қосуға болатын палитралар бойынша бөлінген элементтер бар). Оң жағында "қасиеттер" орналасқан (қазіргі уақытта таңдалған элементтің қасиеттерін көру және өзгерту үшін қолданылады).

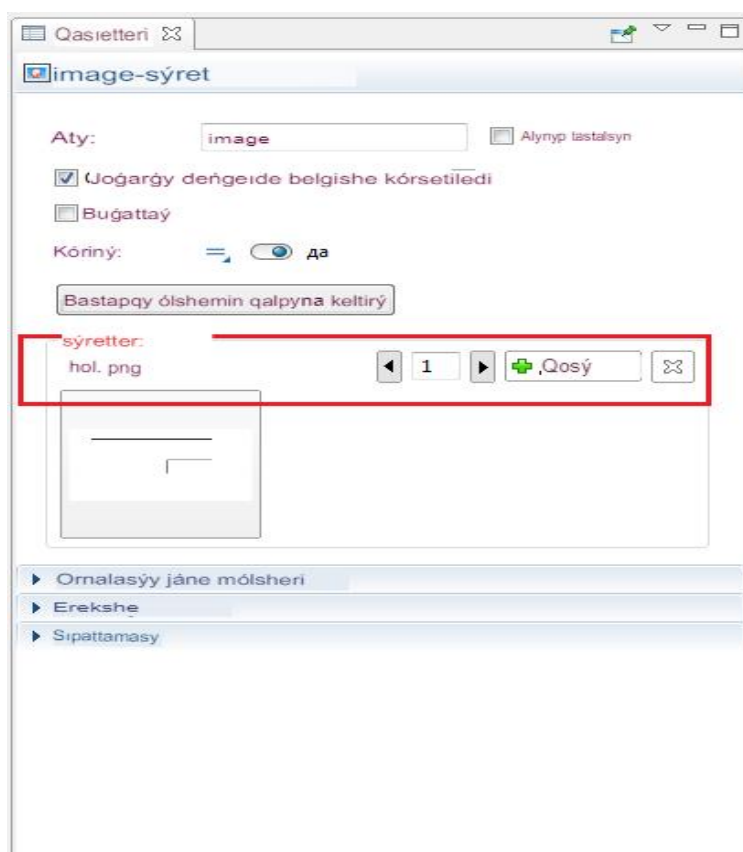
1. Процесс диаграммасын жасаймыз.

"Презентация" палитрасын ашып, "сурет"элементін сүйрейміз. (сурет 3.2).



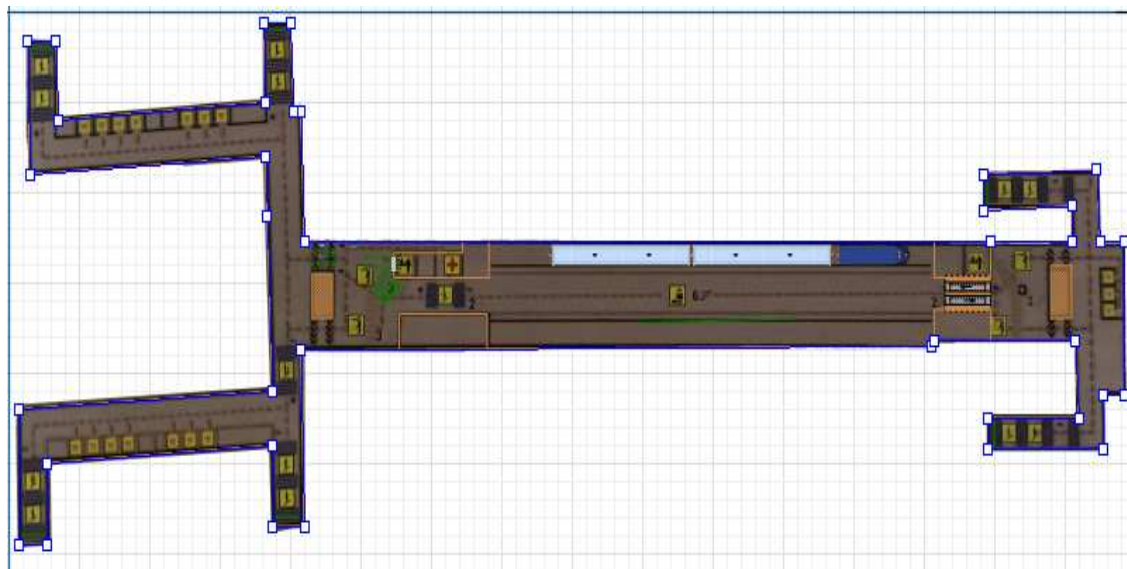
3.2 - сурет - "Сурет" элементін жасау

Енді бейнені көрсету үшін суретті таңдау керек, ол үшін "Сипаттар" тақтасын ашамыз. "Қосу" түймесін басып, павильон жоспарының кескін файлын таңдаймыз (павильон жоспарын графикалық редакторға салуға немесе AnyLogic каталогынан таңдауға болады) (сурет 3.3).



3.3 - сурет - Файлды қосу

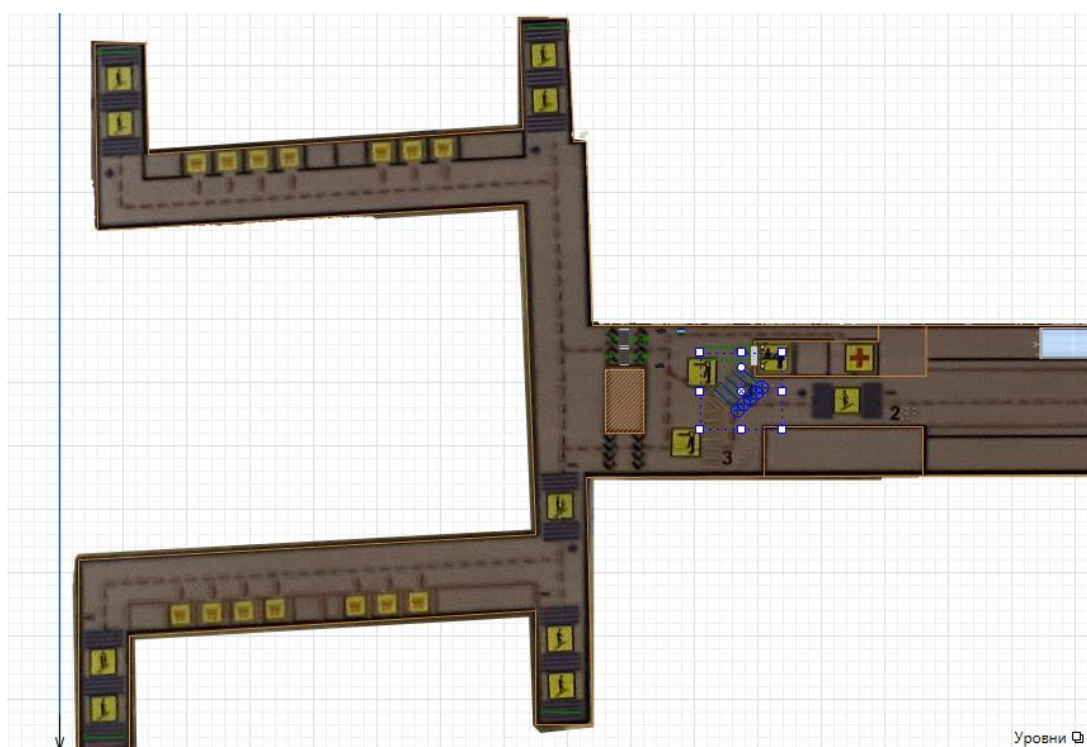
Жаяу жүргіншілер кітапханасы палитрасын ашып, "қабырға"нысанын пайдаланып қабырғаларды саламыз. (сурет 3.4).



3.4 - сурет - Ғимараттың шекараларын салу

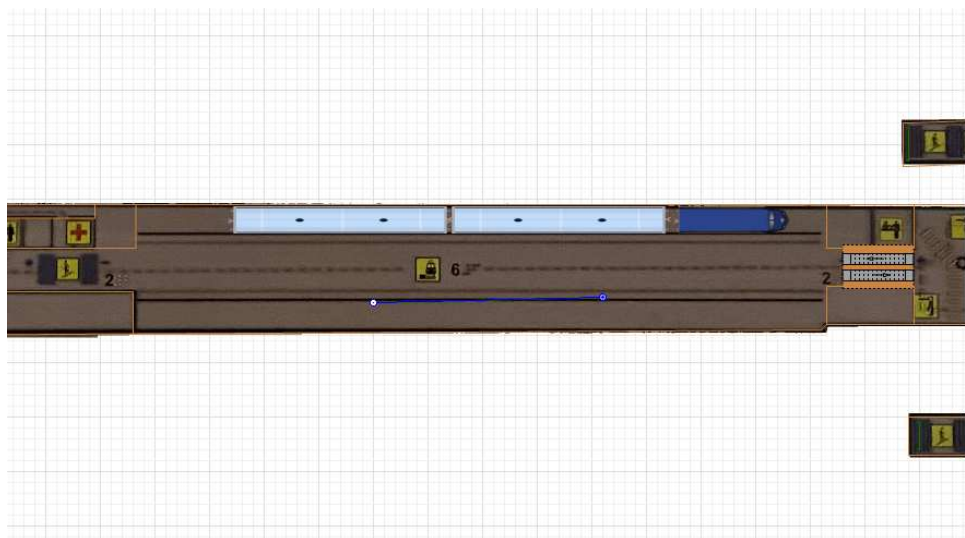
Жаяу жүргіншілер ағынына кіру және мақсатты сызық салу. (сурет 3.5). Жаяу жүргіншілердің кіру және шығу аймақтарын орнатамыз.

Жаяу жүргіншінің кіру аймағын сызамыз. "Жаяу жүргіншілер кітапханасы" палитрасын ашып, "мақсатты сызық" элементін сүйретеміз.



3.5 - сурет - Мақсатты сызық салу (кіру)

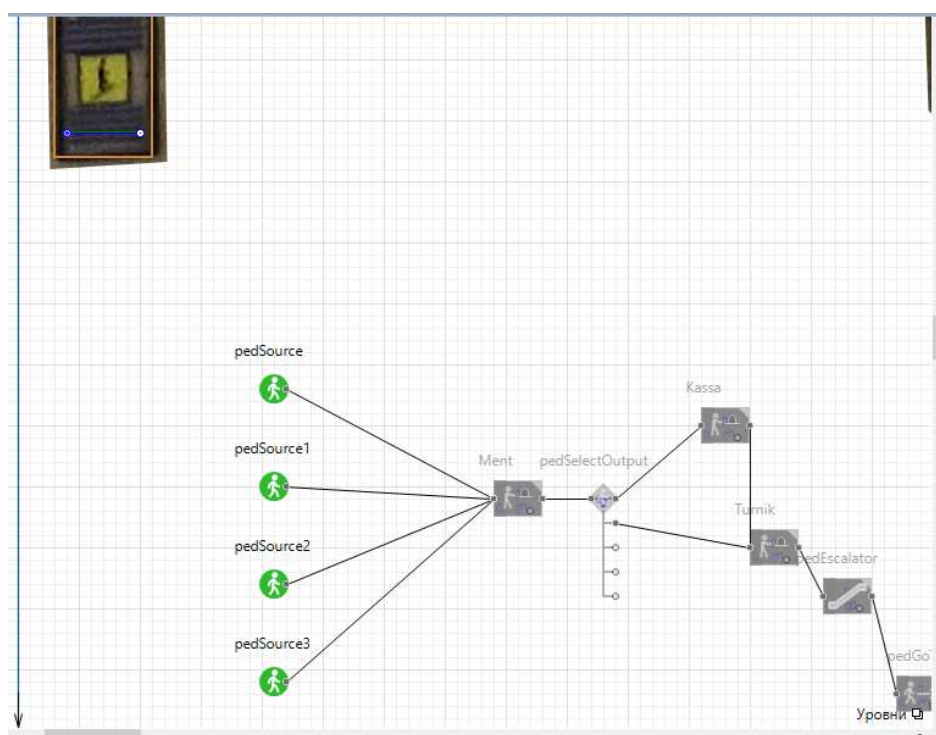
Шығуды білдіретін тағы бір мақсатты сызық сызамыз. Метро павильонына кіре отырып, жолаушылар метро пойыздарына жету үшін осында жүреді. (сурет 3.6).



3.6 - сурет - Мақсатты сызық салу (шығу)

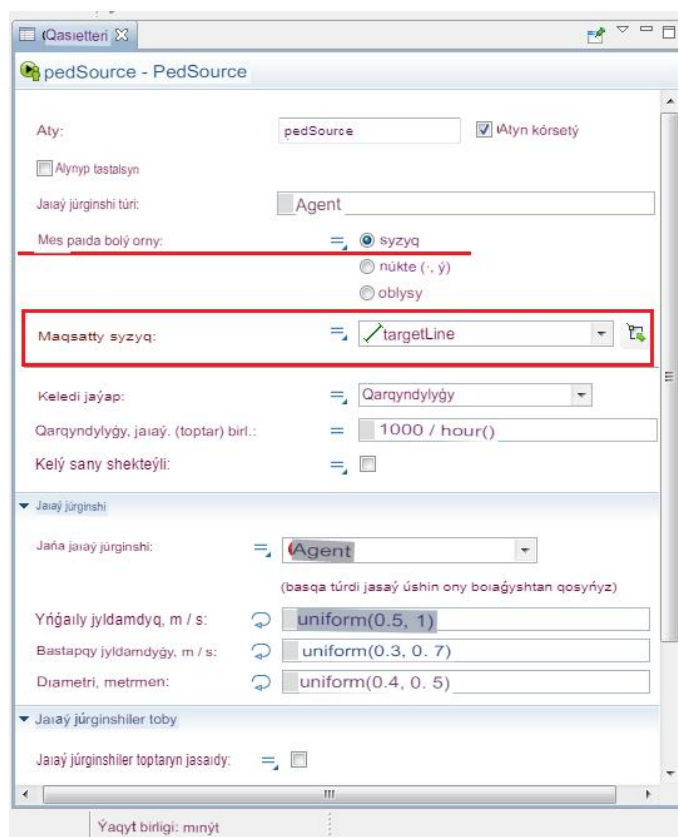
2. Процесс диаграммасын жасаймыз.

"Жаяу жүргіншілер кітапханасы" палитрасын ашып, "PedSource" нысанын сүйретеміз. PedSource нысаны жаяу жүргіншілерді жасайды. (сурет 3.7).



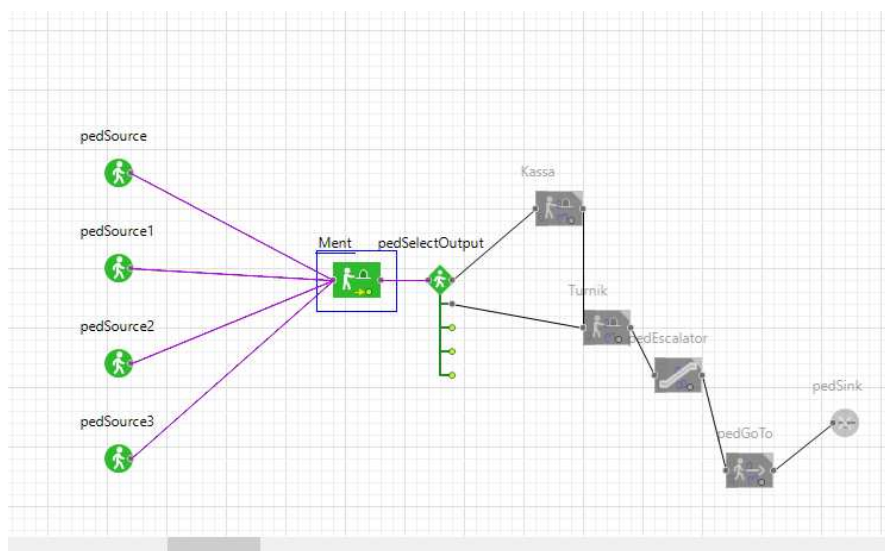
3.7 - сурет - "PedSource" нысанын қосу

"PedSource" объектісінің сипатын өзгертіп, "пайда болған жер" өрісінде "сызық" таңдаймыз, ал "мақсатты жолда" "targetLine" көрсетіңіз. (сурет 3.8).



3.8 - сурет - Нысанның қасиеттерін өзгерту «PedSource»

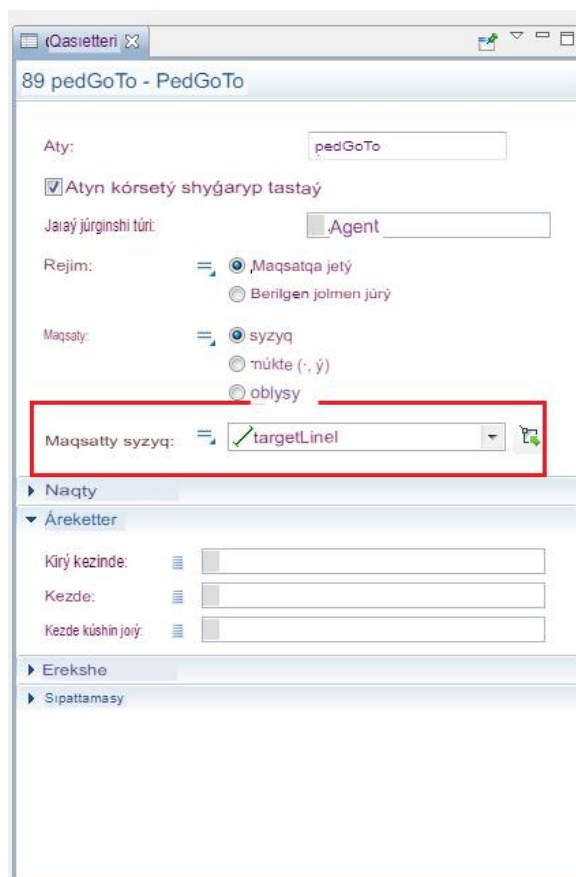
"PedGoTo" нысанын қосамыз. PedGoTo нысаны жаяу жүргіншілердің ағымдағы орыннан екінші орынға ауысуын модельдейді. (сурет 3.9)



3.9 - сурет - «PedGoTo» нысанын қосу

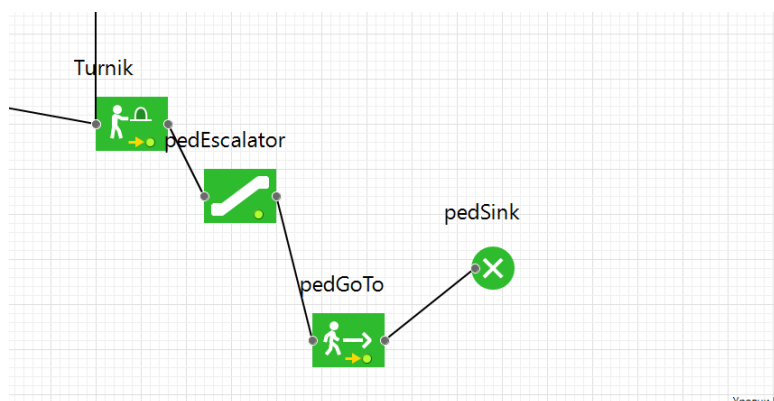
"PedGoTo" объектісінің сипатын өзгертеміз. Жолаушыларға арналған

бағытты көрсетеміз. Жолаушылар ғимаратқа кіргеннен кейін олар біз көрсеткен мақсатқа қарай жылжиды. Қазіргі уақытта павильонға кірген жолаушылардың бірден метро пойыздарына көшкенін қалаймыз. Біз targetline1-ді (екінші сызылған мақсатты сызықтың атауы) мақсатты сызық тізіміне енгіземіз.(Сурет 3.10).



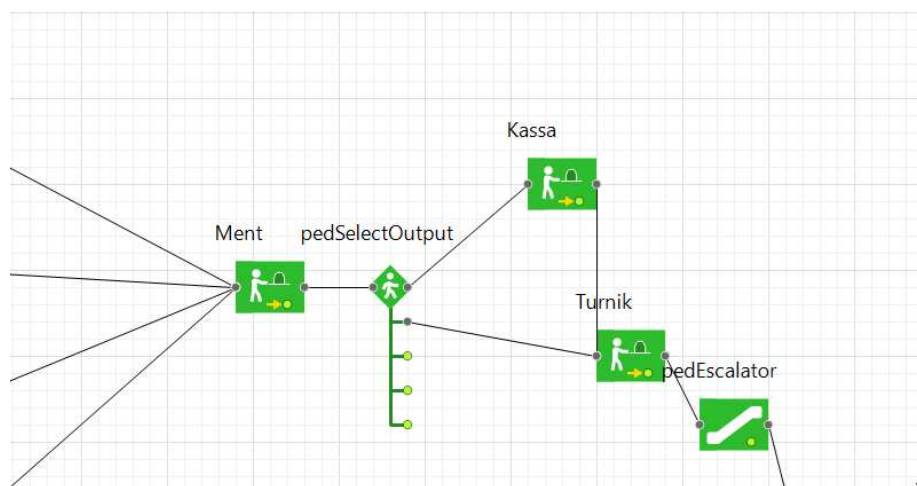
3.10 - сурет - "PedGoTo"объектісінің қасиеттерін өзгерту

"PedSink" нысанын қосайық PedSink нысаны объектіге кірген жаяу жүргіншілерді модельденген ортадан алып тастайды. (сурет 3.11).



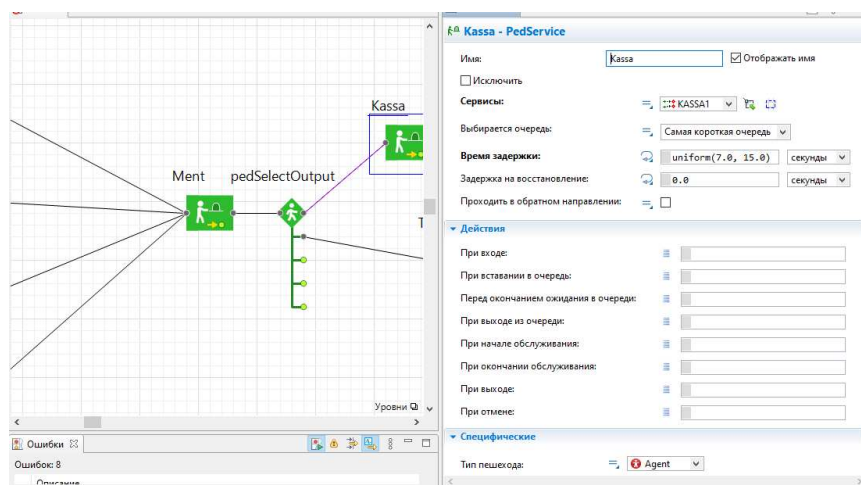
3.11 - сурет - «PedSink» объектісін қосу
Билет кассаларын салайық.

"Жаяу жүргінші кітапханасы" палитрасын ашып, "кезек қызметі" нысанын апарамыз. (Сурет 3.12).



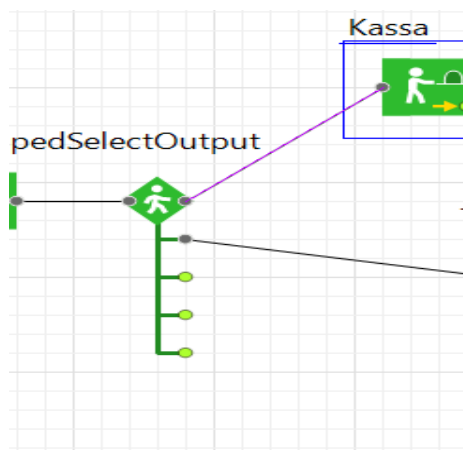
3.12 - сурет - "Кезек қызметі" нысанын қосу

"Кезек-кезек қызметі" объектісінің қасиетін өзгертеміз. "Қызмет түрі" сипатында нүктелі таңдаймыз. "Қызметтер санын" және "кезек санын" 2-ге дейін арттырамыз. (Сурет 3.13).



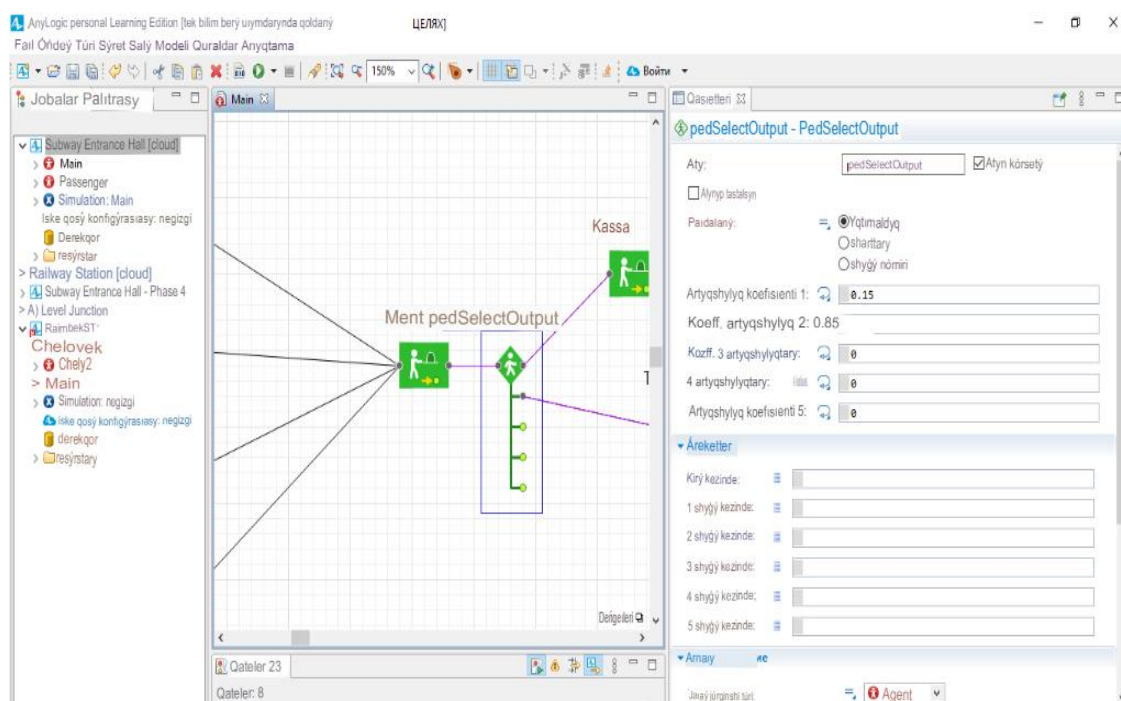
3.13 - сурет - «Кезек қызметі» объектісінің қасиеттерін өзгерту

Кейбір жолаушылардың жол жүру ақысы болғандықтан, олар бірден турникеттерге өтеді. Сондықтан жолаушылар ағынын бөлу үшін "PedSelectOutput" нысанын қосамыз. (Сурет 3.14).



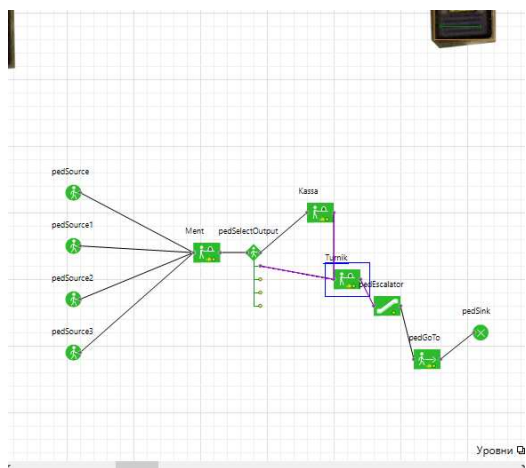
3.14 - сурет - "PedSelectOutput" нысанын қосу

Біз "PedSelectOutput" объектісінің сипатын өзгертеміз, "артықшылық коэффициенті 1" өрісінде 0.15, ал "артықшылық коэффициенті 2" өрісінде 0.85 көрсетеміз. Бұл диаграммада билеттерді сатып алған жолаушылар саны аз екенін қабылдаймыз. Коэффициент өрістерінде көрсетіңіз. преференциялар 3, 4, 5 мәні 0-ге тең. (сурет 3.15).



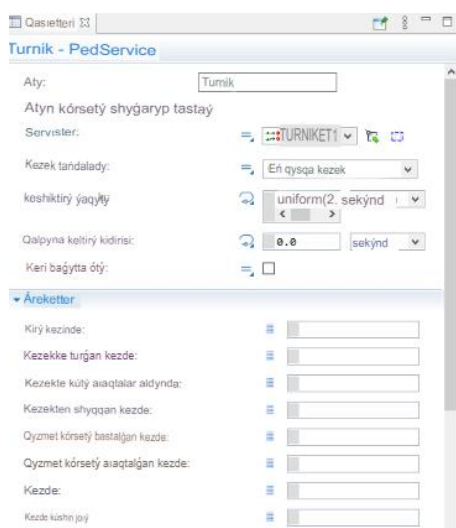
3.15 - сурет - "PedSelectOutput" объектісінің қасиеттерін өзгерту

Тағы бір "PedService" нысанын қосамыз. Бұл блок билет сататын машиналарда жолаушыларға қызмет көрсетуді модельдейді. (Сурет 3.16).



3.16 - сурет - "PedService"нысанын қосу

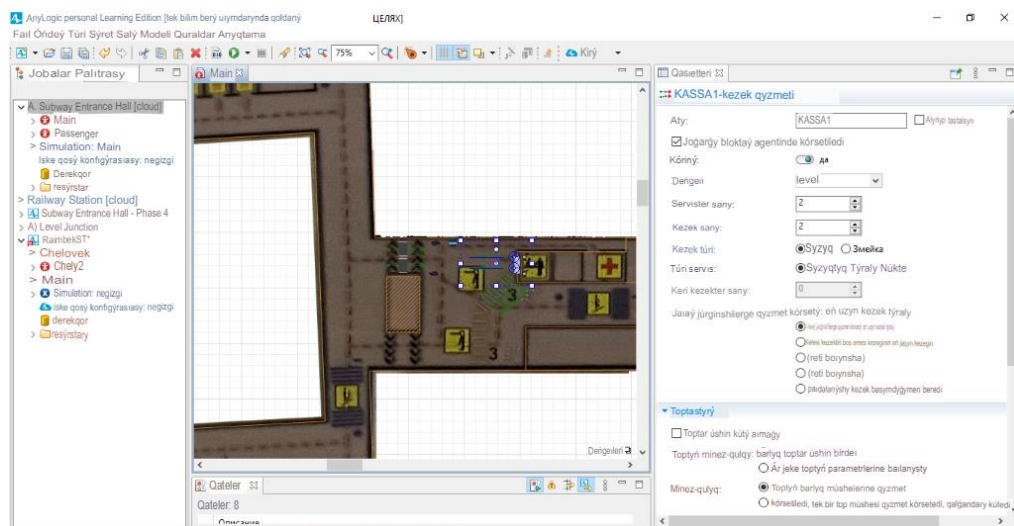
"PedService"объектісінің сипатын өзгертеміз. "Қызметтер" өрісінде "services" таңдаймыз (кезек-кезек белгілеу элементінің атауы), "кідіріс уақыты" өрісіне $\text{uniform}(2, 3, 4) * \text{second}()$ енгіземіз. Қызмет көрсету уақыты 2 секундтың минималды мәні, орташа 3 және максималды 4 секундпен тең емес бөлінгенін қабылдаймыз. (сурет 3.17).



Сурет 3.17 - "PedService"объектісінің қасиеттерін өзгерту

Турникеттерді саламыз.

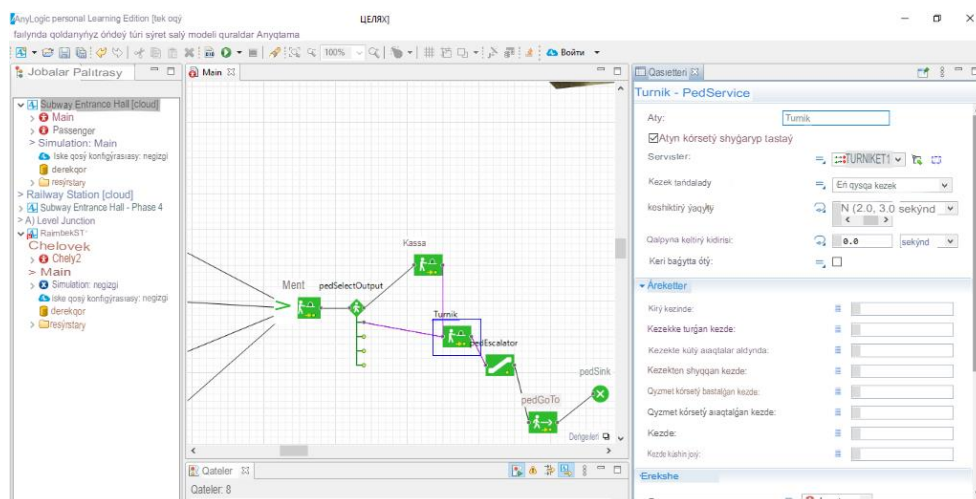
"Жаяу жүргінші кітапханасы" палитрасын ашып, "кезек қызметі" нысанын апарамыз. "Кезек-кезек қызметі"объектісінің қасиетін өзгертеміз. "Қызметтер санын" және "кезек санын" 2-ке дейін арттырамыз. "Қызмет түрі" өрісінде біз "сызықты" таңдаймыз. (сурет 3.18)



3.18 - сурет - «Кезек қызметі» нысанын қосу

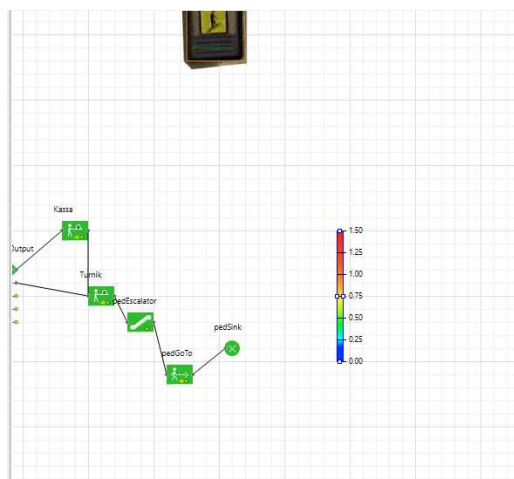
Процесс диаграммаларын өзгертеміз.

"Жаяу жүргінші кітапханасы" палитрасында "PedService" нысаны бар. "PedService" объектісінің қасиеттерін өзгертеміз. "Қызметтер" өрісінде "services1" таңдаймыз (кезек-кезек белгілеу элементінің атауы), "кідіріс уақыты" өрісіне "uniform (2.0,3.0*second)" енгіземіз. (сурет 3.19)

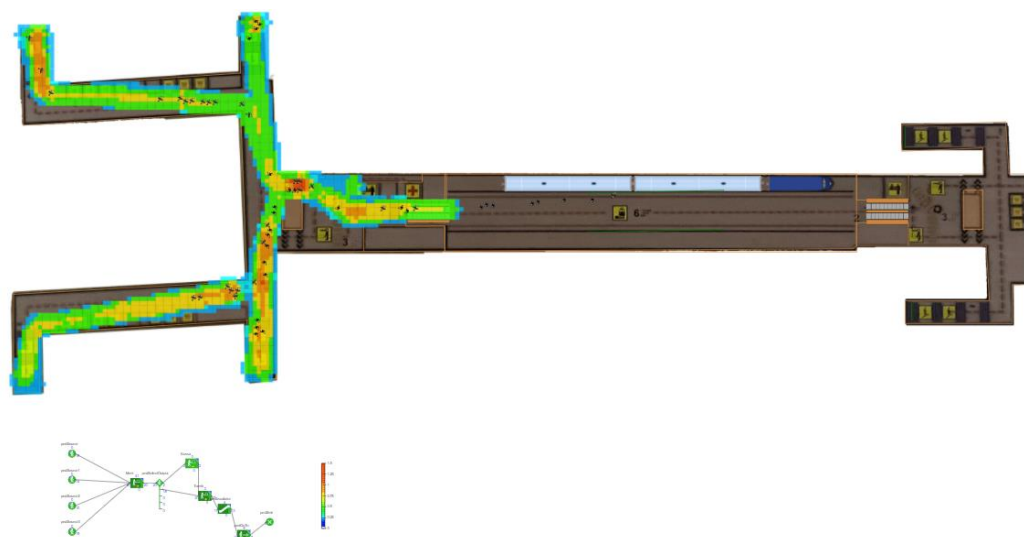


3.19 - сурет - "PedService" нысанын қосу және оның қасиеттерін өзгерту жаяу жүргіншілердің тығыздық картасын көрсетеді.

"Жаяу жүргіншілер кітапханасы" палитрасында жаяу жүргіншілердің тығыздығы картасы бар. Нысанның қасиетін өзгертеміз. "Қабат" өрісінде "GroundDefault" таңдаймыз. (сурет 3.20).



3.20 - сурет - "Жаяу жүргіншілердің тығыздық картасы" нысанын қосу
Жұмыс уақытында модель келесідей көрінеді (сурет. 3.21):

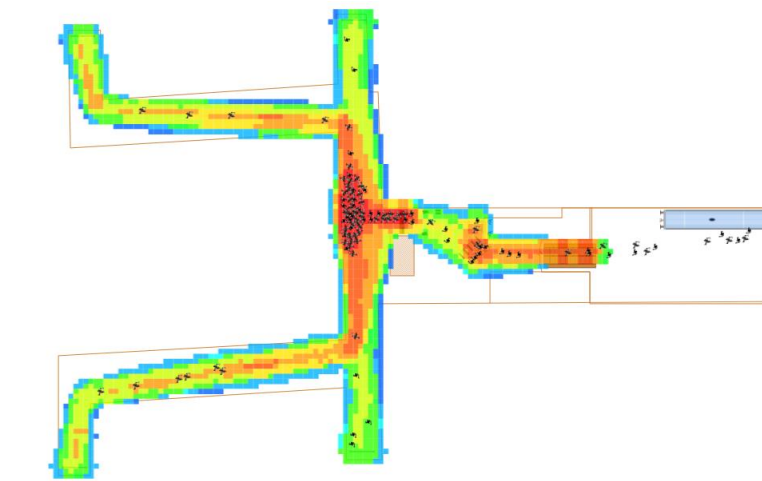


3.21 - сурет - Жұмыс жасайтын модель

3.3 Құрылған имитациялық модельдің есептік эксперименті

Келушілерге қызмет көрсету уақыты тексеру пункттерінің санына байланысты. Осы модельдің арқасында метро станциясының жұмысын оңтайландыруға болады. Ол үшін модель жұмысының бірнеше симуляциясын жүргіземіз.

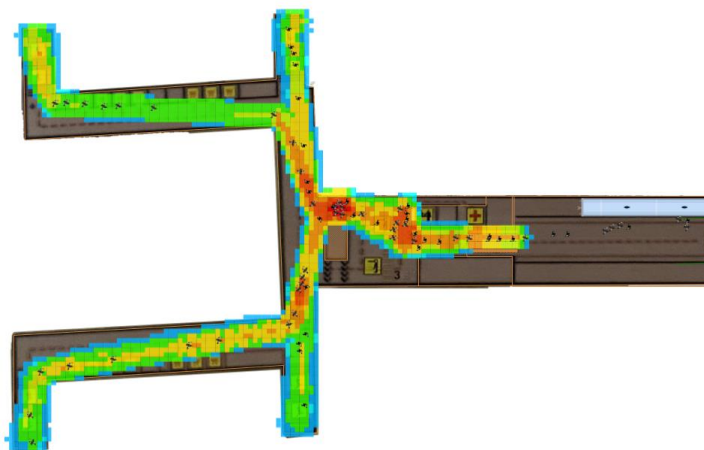
Есептеу эксперименті 2 тексеру пунктінен кезек пайда болатындығын көрсетті, бұл келушілерге қызмет көрсетуді баяулатады (сурет. 3.22).



3.22 - сурет - кезек туындайтын модель

Кезектің ұзындығын қысқарту үшін бір немесе бірнеше тексеру пунктін қосуға болады.

Егер бір тексеру пунктін қосылған болса, метро станциясының жұмысын модельдейміз (сурет. 3.23).



3.23 - сурет - № 1 есептеу эксперименті

3 тексеру пунктін болған кезде 3-4 адамнан тұратын елеусіз кезек пайда болады.

3.4 «Райымбек батыр» метро станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделінің нәтижелерін талдау

Екі есептеу экспериментін аяқтағаннан кейін мынадай нәтижелер алынды:

- Екі тексеру пунктін болған кезде ұзындығы 12-15 адамнан тұратын кезек пайда болады.
- Үш тексеру пунктін болған кезде ұзындығы 3-4 адамнан тұратын кезек

пайда болады.

"Райымбек батыр" метро станциясын оңтайландыру үшін тағы бір тексеру пунктін орнату керек деген қорытынды жасаймыз.

Қазіргі таңда карантин режиміне сәйкес Алматы қаласы метрополитенінде аса қатты кептеліс жоқ. Қалыпты жағдайда метро күніне 100 мың адамға қызмет көрсетуге арналған. Статистикалық мәліметтер бойынша бүгінгі уақытта Алматы метрополитені бір күнде шамамен 70 мың адамға қызмет көрсетеді.

Имитациялық модельдеу әдісін қолдана отырып, болашақтағы жолаушылар ағынын есептеуге, тиімді жұмыс кестесін және т.б. ұйымдастыруға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі уақытта имитациялық модельдеу күрделі қызмет көрсету жүйелерін зерттеу және жобалау үшін сәтті қолданылады. Имитациялық модельдер компьютерлік эксперимент көмегімен әртүрлі жағдайларда жүйенің жұмысын тез және тиімді тексеруге мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста имитациялық модельдеудің теориясы толығымен ашылды. "Райымбек батыр" метро станциясының имитациялық моделдері салынды. "Райымбек батыр" метро станциясы Алматы метрополитенінің күрделі әрі жүктемесі жоғары станцияларының бірі болып саналады. Модель Anylogic жүйесінің көмегімен жүзеге асырылды. Салынған модельдің көмегімен компьютерлік эксперименттер жүргізілді, бұл зерттелген қызмет көрсету жүйелерінің тиімділігін бағалауға, сондай-ақ олардың жұмысын оңтайландыру шараларын жоспарлауға мүмкіндік берді. Жұмыста AnyLogic жүйесінде имитациялық модельдерді құрудың қадамдық сипаттамасы берілген.

Сонымен қатар, жұмыс тақырыптық аймақтың егжей-тегжейлі талдауын және жаппай қызмет көрсету жүйелерінің имитациялық модельдерін құруға қажетті теориялық мәліметтерді қамтиды.

Осылайша, диссертациялық жұмысты орындау барысында келесі нәтижелерге қол жеткізілді:

- "Райымбек батыр" метро станциясының нақты қызмет көрсету жүйесінің имитациялық моделі жасалды;
- жүйелердің жұмысына симуляциялау жүргізілді;
- жүйелердің жұмысын оңтайландыру әдістері ұсынылды;
- құрылған имитациялық модельдің есептік эксперименті жүргізілді;
- «Райымбек батыр» метро станциясындағы жолаушылар ағынының имитациялық моделінің нәтижелеріне талдау жүргізілді;
- Тексеру пунктінің жұмысының имитациялық моделіне эксперимент жүргізілді;

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Чжан Бо, Фу Вейбяо, «Влияние водорода на потребление дизельного топлива», «Наука и техника горения», том 12, выпуск 3, 2006,03.
- 2 Цуй Керун, Гао Сяохун, Тимошевский Б.Г. и др. Исследование гидрирования дизельного топлива для снижения расхода топлива [J]. Журнал Уханьского института инженеров водного транспорта, 1992, 16 (3): 253-259.
- 3 <http://metroalmaty.kz/?q=ru/node/43>.
- 4 Мезенцев, К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1 : учеб. пособие / К.Н.Мезенцев. Под редакцией Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора А.Б.Николаева. Часть 1, 2. – М.: МАДИ. – 2011.
- 5 Павловский, Ю. Н. Имитационное моделирование / Ю.Н. Павловский, Н.В. Белотелов, Ю.И.Бродский. – М.: Изд-во «Академия», 2008.
- 6 Примеры имитационных моделей [Электронный ресурс] // примеры имитационных моделей, построенных в среде AnyLogic. – Режим доступа: <http://headwire.narod.ru/>, www.runthemodel.com
- 7 Рыжиков, Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю. И. Рыжиков. – СПб: КОРОНАпринт; М. : Альтекс-А, 2004.
- 8 Справочная система Anylogic “Presentation and Animation: Working with Shapes, Groups, Colors” [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.xjtek.com/files/book/Presentation_and_animation-working_with_shapes_groups_colors.pdf.
- 9 Строгалев, В.П. Имитационное моделирование: учеб. пособие / В.П.Строгалев, И.О.Толкачева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
- 10 AnyLogic [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/>
- 11 Боголюбов, А.Н. Основы математического моделирования: учеб. пособие/ А.Н.Боголюбов. - М.: МГУ, 2003.
- 12 Балыкина Е.Н. Сущностные характеристики электронных учебных изданий [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<https://history.krsu.edu.kg>
- 13 Башмаков А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем: учебник / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков. — Москва: «Филинь», 2015. — 616 с.
- 14 Безвенко Е.В., Влазнева А.Е. Средства новых информационных технологий — СНИТ. Электронные учебники: за и против [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.image.website.ru>).
- 15 БорщевА.Р. От системной динамики и традиционного имитационного моделирования — к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>
- 16 Глоссарий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.glossary.ru/>.

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ МЕТРОПОЛИТЕНІНІҢ АВТОЖҮРГІЗУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗГІ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.

Аңдатпа. Қазіргі таңда метро – ең қауіпсіз көлік құралдарының бірі болып табылады. Бұл мақаланың өзектілігі айқын, себебі ол жолаушылардың қауіпсіз қозғалуын қамтамасыз етуден басқа, тасымалдау және өткізу қабілетілігін арттыру мәселелерін қарастырады. Микропроцессорлық басқару жүйелерін үздіксіз жетілдіру арқылы машинисттің қатысуынсыз пойыздар қозғалысын аралық реттеу, яғни автожүргізу жүйесінің мәселелері мен шешімдерін қарастырады.

Түйін сөздер: автожүргізу, автоматика, метрополитен, диспетчерлік басқару, радиобайланы, радиотрансляция.

Он алты түрлі тәуелсіз ішкі жүйелерден тұратын метрополитен автоматикасы жүйелерін пайдаланудың ерекшелігі мен күрделілігі:

- метрополитен желісін диспетчерлік басқару және бақылау орталығы;
- инженерлік корпустағы метрополитеннің ахуалдық орталығы;
- магистральдық ақпараттық желі;
- "TETRA" стандартындағы поездық және технологиялық радиобайланыс жүйесі;
- диспетчерлік басқару жүйесінің орталық үшін ұжымдық пайдалану ақпаратын көрсету;
- қорғаныс автоматикасы жүйесі;
- электрмен жабдықтауды, жарықтандыруды және электромеханикалық құрылғыларды диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесі;
- автоматты өрт дабылы жүйесі;
- күзет дабылы жүйесі;
- автоматты газды сөндіру жүйесі;
- радиотрансляция және теледидар жүйесі.

Пойыз қозғалысын басқарудың автоматтандырылған жүйесі (communication based train control - CBTC) Оңтүстік Кореялық Hyundai Rotem компаниясымен әзірлеген [1].

Диспетчерлік басқару орталығында пойыздарды басқару серверлері (TCC/MSC), пойыздарды басқару пульттері (OC/SVC/MC/PC) және учаскелердің жай-күйін, сондай-ақ пойыздардың желідегі қозғалысын (LDP) үлкен көлемде көруге арналған дисплей орналасқан. TCC сервері штаттық режимде пойыздық диспетчер іс-қимыладарын өз басқаруына алады. MSC сервері TSS серверіне қозғалыс кестесіне сәйкес маршрутты қай уақытта ашуға болатыны жайлы бұйрық береді (бағдарламашының жұмыс станциясы (PC) арқылы алдын-ала дайындалған қозғалыс кестесі MSC серверіне жазылады). Серверлерде Linux және Oracle дерекқорлары қолданылады.

Поезд диспетчерінің үй-жайында басқаруға арналған төрт АЖО бар, сондай - ақ БҚ (поезд диспетчерінің ОЖ - АЖО, аға поезд диспетчерінің SVC - АЖО, АСУД бөлімінің МСАРМ инженері) қозғалыс кестесін түзету және инженерлік қызмет көрсету үшін қолданылады.

Борттық жабдыққа келесі құрылғылар кіреді:

- борттық қорғаныс құрылғысы (АТР) және басқару (АТО);
- машинист ақпаратын көрсету құрылғысы (ММІ);

- радиокommunikация құрылғысы (радиоарна (WiFi) бойынша ақпаратты қабылдау-беру).

АТР борттық қорғаныс құрылғысы құрамның барлық датчиктерінен (тахометр, Доплер датчигі) ақпарат жинайды және сымсыз WLAN антеннасынан радиосигналды қабылдайды, содан кейін процессормен өңделеді. Егер жылдамдық асып кетсе немесе радио сигналы жоғалып кетсе, процессор деректерді екінші резервтік құрылғымен салыстыра отырып, сигналды қайта өңдейді, егер ақпарат екіншісіне сәйкес келсе, ол АТО-ны басқарудың борттық құрылғысына тоқтау пәрмендерін береді.

Борттық құрылғы басқару (АТО) АТР құрылғысынан деректерді ала отырып, Метрополитен желілері бойынша белгілі бір жылдамдық құрамының қозғалуына, сондай-ақ станцияларда нақты тоқтауға (± 50 см) және тұрақ уақыты аяқталғаннан кейін (қозғалыс кестесіне сәйкес поезд диспетчері беретін 30 сек және одан астам) жауап береді. Сондай-ақ пойыз есіктерін автоматты басқаруға да жауап береді [2].

Құрам машинистіне ақпаратты көрсету құрылғысы (ММІ) машинистке алда жатқан логикалық учаскелердің жай-күйі, құрамның жылдамдығы, борттық жабдықтардың жай-күйі, байланыс жай-күйі және т.б. туралы көрсетуге арналған, яғни поездың толық сенімді ақпараты машинистке және поездық диспетчерге көрсетіледі (поездық диспетчерге деректер WiFi арқылы беріледі).

Әр кабинада WiFi арқылы ақпаратты қабылдау және беру үшін екі антенна бар. Бір антенна тұрақты режимде, екіншісі ыстық резервте жұмыс істейді. Антенна туннельде жол бойында орналасқан кіру нүктесінен (АР) сигнал қабылдайды.

Жол жабдықтары мыналардан тұрады:

- электрондық орталықтандыру (ЕІЕ);
- жол АТР / АТО;
- коммуникациялық байланыстың құрылысы.

Электрондық орталықтандыру (ЕІЕ) едендік құрылғыларды, яғни бағыттамааларды, бағдаршамдарды басқарады және жол құрылғыларының жай-күйін бақылайды (маршруттарды орнату және тоқтату, бағыттамаалардың жай-күйін басқару және бақылау, бағдаршамдардың жай-күйін басқару және қадағалау, АТР/АТО жолдық рельс тізбектерінің қосылуын бақылау, маршруттарды орнату және тоқтату).

АТР / АТО жолдық поезддарды нақты уақытта диспетчер командасы негізінде команданы радиоарна бойынша беру жолымен басқарады. Сигнал антенна құрамының кіру нүктелері (АР) арқылы қабылданады, барлық кіру нүктелері қайталанатын. Қажет болған жағдайда поездық диспетчер поезды тоқтаусыз (станция арқылы) өткізуді ұйымдастыра алады.

Поездар қозғалысының кестесіне сәйкес немесе штаттан тыс жағдайларда поездық диспетчердің қалауы бойынша-поезды кідірту, поездың станцияда болу уақытын бақылау, әрбір поездың қозғалыс жай-күйі ақпаратты талшықты-оптикалық желілер бойынша АТР/АТО жол желілеріне беру арқылы жүзеге асырылады.

Коммуникациялық байланыс құрылғысы құрамнан деректерді қабылдауға және аралық реттеу бойынша құрамның одан әрі қозғалуы үшін басқару сигналдарын құрамға беруге арналған. WiFi арнасы арқылы құрамның борттық құрылғыларынан кіру нүктесіне (АР) нақты орналасқан жері туралы ақпарат беріледі, содан кейін радио сигналы медиаконвертор арқылы оптикалық сигналға айналады және талшықты-оптикалық кабель арқылы ОДБ-ға жіберіледі. Диспетчерлік басқару орталығында оптикалық сигнал цифрлық сигналға айналады және поезд диспетчерінің экранына шығарылады. Басқару ақпаратын беру (ОДБ-дан құрамға) ұқсас түрде жүзеге асырылады, бұл жағдайда оптикалық сигнал радиосигналға айналады және пойыздың антеннасына беріледі [3].

Автожүргізу жүйесінің жабдығын пайдалану кезінде көптеген ақаулар болды (АТР/АТО борттық жабдығының ақаулығы, станциялық жабдықтың ақаулығы, байланыстың жоғалуы, АЖО-лардың, серверлердің ақаулығы және бағдарламалық қамтамасыз етудің қателері).

Мысал ретінде 1-кестеде борттық жабдықтың істен шығу сипаты және ақаулықтарды жою бойынша қабылданған шаралар көрсетілген.

1-кесте. Борттық жабдықтың ақаулығы

Күні	Учаскесі	Құрамы, маршрут	Бас тарту сипаты	Бас тарту себебі және қабылданғандар шаралар
11.04.2016ж	ЛПТ ст. "Мәскеу»	5 бағыт, 1 құрам, №2 кабина	АТР-2 қызыл түсті белгі берді	Істен шығудың себебі №1 құрамның екі бірдей кабинасының АТР-2 борттық жабдығының CPU және SCC платаларының жұмысындағы іркілістер (сбой) болып табылды. №1 кабинадағы АТР-2 борттық жабдығындағы CPU (2 дана) және SCC (1 дана) платалары және АТР-2 борттық жабдығындағы №2 кабинадағы SCC (1 дана) платалары ауыстырылды.

Осылайша, осындай тұжырымдар мен ескертулер жасауға болады:

1) бүгінгі күні мамандарды жүйелі даярлау және біліктілікті арттыру курстары жетіспейді.

2) схемалық шешімдердің сүйемелдеуінсіз автоматика жүйелерін пайдаланудың күрделілігі;

3) қосалқы бөлшектерді уақтылы ауыстыру және АТ құрылғыларын жөндеу мәселесі толық шешілген жоқ.

Қорытындылай келгенде, бұл мақалада тақырыптың өзектілігі ашылып, Алматы қаласының метрополитенінің автожүргізу жүйесін қолданудағы басты мәселелері мен шешімдері қарастырылды. Бір жыл ішіндегі болған істен шығуларға талдау жүргізілді.

Әдебиеттер

1. Руководство по эксплуатации АСУДП (автоматическая система управления движением поездов).
2. Метрополитен города Алматы [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://metroalmaty.kz>
3. Ермакова, Т. (2015) Первая очередь метрополитена // Техническая эстетика. № 11.
4. Ляув Б., Петрова О. Шесть станций метро от китайцев // Ведомости. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2014/05/20/shest-stancij-metro-ot-kitajcev/> .
5. ГК «Масштаб» инвестирует в строительство метро [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: http://www.arendator.ru/news/130679_gk_masshtab_investiruet_v_stroitelstvo_metro/

Н.Н. Сабетов,

Основные проблемы и особенности системы автоведения метрополитена города Алматы

Аннотация. На сегодняшний день метро является одним из самых безопасных транспортных средств. Актуальность данной статьи очевидна, так как помимо обеспечения безопасного передвижения пассажиров, она рассматривает вопросы повышения провозной и пропускной способности. Посредством непрерывного совершенствования микропроцессорных систем управления рассматриваются проблемы и решения системы промежуточного регулирования движения поездов без участия машиниста, т. е. автоведения.

Ключевые слова: Автотехника, Автоматика, Метрополитен, Диспетчерское управление, Радиосвязь, Радиотрансляция.

N.N. Sabetov,

The main problems and features of operation of the auto-driving system of the Almaty metro

Abstract. Today, the metro is one of the safest means of transport. The relevance of this article is obvious, since in addition to ensuring the safe movement of passengers, it considers the issues of increasing the carrying capacity and capacity. Through the continuous improvement of microprocessor control systems, the problems and solutions of the system of intermediate regulation of train movement without the participation of the driver, i.e. auto-guidance, are considered.

Keywords: Auto-driving, Automation, Metro, Dispatch control, Radio communication, Radio transmission.

Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты
«Технологиялық машиналар, көлік және логистика» кафедрасы
Магистрлік диссертацияға

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Сабетов Нурболат Нурбекович
Мамандығы: М104-Көлік, көлік техникасы және технологиялары

Тақырыбы: Алматыдағы метро станциясы мен желісін жобалау
кезінде имитациялық модельдеу

Сабетов Нурболат Нурбекович магистрлік диссертацияны орындау барысында университетте алған білімдерін толық көлемде пайдаланды. Магистрлік диссертация кафедраның тапсырмасына сәйкес орындалды. Диссертация тақырыбы өте өзекті. Уақыт шығыны, қаражат шығынын үнемдеуде имитациялық модельдеудің рөлі ерекше екендігі көрсетілген.

Магистрлік диссертацияны орындау барысында магистрант Сабетов Нурболат қойылған мақсатқа қол жеткізді, атап айтқанда: метрополитеннің оңтайлы желілері мен станцияларын дамыту. Сондай-ақ, оның алдына қойылған міндеттер толық көлемде орындалды, бұл оның жауапкершілігі мен білімділігін көрсетеді.

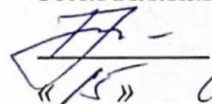
Жұмыстың практикалық маңыздылығы – метро станциясындағы жолаушылар ағынын оңтайландыр және жолаушылар арасындағы қауіпсіз арақашықтықты сақтау.

Негізгі бөлімде имитациялық модельдеудің шет мемлекеттердегі практикасы жақсы көрсетілген. Шетелдік практиканы Алматы қаласы метрополитеніне енгізу мәселелері мен әдістері қарастырылған.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты Сабетов Н.Н. магистрлік диссертацияны көпшілік алдында қорғағаннан кейін М104 – «Көлік, көлік техникасы және технологиялары» білім беру бағдарламасы бойынша "магистр" академиялық дәрежесін алуға лайық және оның жұмысын көпшілік алдында қорғауға ұсынуға болады.

Ғылыми жетекші

тех.ғыл.канд., асс.профессор

 - Муханова Г.С.
«15» 06 2021 ж

РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертация
(жұмыс түрінің атауы)

Сабетов Нурболат Нурбекович
(білім алушының Т.А.Ә.)

М104- Көлік, көлік техникасы және технологиялары
(мамандық атауы мен шифр)

Тақырыбы: Алматыдағы метро станциясы мен желісін жобалау кезінде имитациялық модельдеу

Орындалды:

а) Түсініктеме 65 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмыс бойынша келесі ескертулер бар:

1. Жұмыста кейбір стилистикалы сипаттағы қателіктер бар;

2. Жұмыста кейбір суреттер дұрыс орындалмаған, соған байланысты сұлбалар түсініксіз.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Көрсетілген ескертулер магистрлік диссертацияның құнын түсірмейді ал автор Сабетов Н.Н. М104 – «Көлік, көлік техникасы және технологиялары» мамандығы бойынша сәйкес «магистр» академиялық дәрежесін ашық түрде қорғағаннан кейін лайық деп санаймын. Жұмыстың бағасы 85 балл.

РЕЦЕНЗЕНТ

техникалық ғылым кандидаты, доцент м.а.
Әл-Фараби ат. ҚазҰУ

С.К. Ахметкалиева

«21» мамыр 2021 г.

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Сабетов Нурболат Нурбекович

Название: Алматыдағы метро станциясы мен желісін жобалау кезінде имитациялық модельдеу

Координатор: Гულიмира Муханова

Коэффициент подобия 1: 4.7

Коэффициент подобия 2: 1.3

Замена букв: 0

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

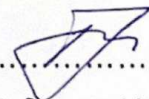
- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

МД выполнена самостоятельно

21.06.2021.

Дата



Подпись Научного руководителя

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Сабетов Нурболат Нурбекович

Название: Алматыдағы метро станциясы мен желісін жобалау кезінде имитациялық модельдеу

Координатор: Гულიмира Муханова

Коэффициент подобия 1:4.7

Коэффициент подобия 2:1.3

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Работа выполнена самостоятельно и не несет признаков плагиата. В связи с этим, работа признается самостоятельной и допускается к защите.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Работа допущается и зачтена

Дата 

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения