ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«ҒҰМАРБЕК ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
Телекоммуникация және инновациялық технологиялар кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
ТКИТ каф. меңгерушісі
PhD докторы, доцент Қадылбекқызы Э.
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2021ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу және талдау»

Мамандығы: 5В071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Орындаған: Пернебай Нұрасыл Нұрғалиұлы Тобы: РЭТ(МТС)к-17-3
(Т.А.Ж.)

Ғылыми жетекшісі: ф.м.ғ.к. доцент Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)

Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша: э.ғ.к., доцент Салыкова Мадина
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2021ж.
(қолы)

өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
аға оқытушы Абдрешов Шамиль Аскарович
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2021ж.
(қолы)

есептеу техникасын қолдану бойынша:
ф.м.ғ.к. доцент Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2021ж.
(қолы)

Нормобақылаушы: аға оқытушы, Накисбекова Балауса Рыскожаевна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2021ж.
(қолы)

Пікір беруші: ф.м.ғ.к. доцент Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2021ж.
(қолы)

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕБАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Телекоммуникация және ғарыштық инженерия институты
Телекоммуникация және инновациялық технологиялар кафедрасы
5В071900 – «Радиотехника, электроника, және телекоммуникациялар»

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент: Пернебай Нұрасыл Нұрғалиұлы
(аты-жөні)

Жобаның тақырыбы: «Дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу және талдау»

2020 ж. « 27 » 10 № 217 университет бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 25 » мамыр 2021ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):

1-ші ретті оқиға санына байланысты интенсивтілік – 0,8 бірлікке дейін;

2-ші ретті оқиға санына байланысты интенсивтілік – 0,75 бірлікке дейін;

3-ші ретті оқиға санына байланысты интенсивтілік – 0,7 бірлікке дейін;

Оқиғалардың келіп түсу реттілігі – N=1,2,3…n, n+1;

Кіріс ағындарының кезекке кіру ықтималдылығы – 0,005 бірлікке дейін;

Шығыс ағындарының шығу ықтималдылығы – 1,114 бірлікке дейін.

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны: Дипломдық жұмыс дискретті-оқиғалық жүйелердің негізгі тұжырымдамаларын және үш деңгейлі абстракция жүйесі модельдерді құруды, сондай-ақ жүйенің негізгі архитектуралық принциптерін қарастырады.

Есептеу бөлімінде ЖҚКЖ-нің стандартты ауытқу параметрлері дискретті оқиғалар процестерін қолдана отырып есептелді, ал M / M / 1 жүйесі Anylogic және Matlab SIMULINK орталарында модельдері құрылды.

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде ЭМС адам ағзасына әсері және найзағайдан қорғау есептеулері жүргізілсе, экономика бөлімінде экономикалық тиімділік көрсеткіштері, шығындар түрлері, салық мөлшерлері қарастырылды.

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

- Дискретті-оқиғалық жүйелердегі ЖҚКЖ-нің мәні;
- Дискретті-оқиғалық процестер арқылы ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқу параметрлерін есептеу және азайту әдісін қолдану;
- AnyLogic ортасында құрылған ДОЖ-нің модельдері;
- AnyLogic ортасында ДОЖ-нің стандартты ауытқу параметрінің әсері;
- Matlab SIMULINK ортасында M/M/1 типті ДОЖ-нің моделі және экспоненциалды өтінімдер мәні.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Manuel S., Seatzu C. Annual Reviews in Control // On The History of Discrete Event Systems. 2018. v. 45. pp. 213-222.

2. Stephane L. Discrete Event Systems: Modeling, Observation, and Control. 2019. v. 2. pp. 141-159.

3. Абрамов П. Б., Чурсин М. А. Анализ существования и устойчивости решения для марковских моделей разомкнутых систем массового обслуживания. // Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – № 1. – С. 56–61.

4. Christos C., Stephane L. Introdution to Discrete Event Systems: Second Edition. 2010. v. 1. pp. 33-35.

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономика	э.ғ.к., доцент Салыкова М.	7.04 - 15.05.21	
Ө.Т.Қ.Н.	аға оқытушы Абдрешов Ш.А.	8.04 - 6.05.21	
Негізгі бөлім	ф.м.ғ.к., доцент Хизирова М.А.	1.04 - 2.05.21	
Есептеу техникасы	ф.м.ғ.к., доцент Хизирова М.А.	14.04 - 27.05.21	
Нормабақылаушы	аға оқытушы Накисбекова Б.Р.	08,05,2021ж	

Диплом жобасын дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Кіріспе	18.01.2021 ж	Орындалды
2. Дискретті-оқиғалық жүйе моделі: архитектуралық принциптері және ЖҚКЖ-сінің мәні	18.01.2021 ж	Орындалды
3. Дискретті оқиғаларды модельдеу ортасын таңдау	24.02.2021 ж	Орындалды
4. Есептеу бөлімі	26.04.2021 ж	Орындалды
5. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	04.05.2021 ж	Орындалды
6. Экономика бөлімі	14.05.2021 ж	Орындалды
7. Қорытынды	16.05.2021 ж	Орындалды

Тапсырманың берілген уақыты «_6_» _____қазан_____20_20_ж.

Кафедра меңгерушісі_____ (__Қадылбекқызы Эльвира____)
(қолы) (аты-жөні)

Жобаның ғылыми жетекшісі_____ (Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна)
(қолы) (аты-жөні)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ (Пернебай Нұрасыл Нұрғалиұлы)
(қолы) (аты-жөні)

Аңдатпа

Дипломдық жұмыс дискретті-оқиғалық жүйелердің негізгі концепцияларын және үш деңгейлі абстракция негізінде модельдерді құруды, сондай-ақ жүйенің негізгі архитектуралық принциптерін қарастырады.

Дискретті оқиғаларды модельдеудің негізі ретінде Anylogic және Matlab орталары таңдалып, стандартты ауытқу параметрлері дискретті оқиғалар процестерін қолдана отырып есептелді және M/M/1 типті жүйесінің моделі құрылды.

Өмір тіршілік қауіпсіздігімен қатар, жобаның бизнес жоспары құрылып, экономикалық тиімділік көрсеткіші есептелінді.

Аннотация

В дипломной работе рассматриваются основные концепции дискретно-событийных систем и создания моделей на основе трехуровневой абстракции, а также основные архитектурные принципы системы.

В качестве основы для моделирования дискретных событий были выбраны среды Anylogic и Matlab, рассчитаны параметры стандартного отклонения с использованием дискретных событийных процессов и создана модель системы M/M/1.

Помимо безопасности жизнедеятельности, был разработан бизнес-план проекта и рассчитан показатель экономической эффективности.

Annotation

The diploma work examines the basic concepts of discrete-event systems and the creation of models based on three-level abstraction, as well as the basic architectural principles of the system.

The Anylogic and Matlab environments were chosen as the basis for modeling discrete events, the standard deviation parameters were calculated using discrete event processes, and a model of the M / M / 1 system was created.

In addition to life safety, a business plan for the project was developed and an indicator of economic efficiency was calculated.

Мазмұны

Кіріспе 7
1 Дискретті-оқиғалық жүйелер: негізгі концепциялары және сипаттамасы 8
1.1 Дискретті-оқиғалық жүйенің тарихы, түсінігі 8
1.2 Жүйе және модель концепциялары 10
1.3 Дискретті-оқиғалық жүйе: үш деңгейлі абстракция 13
2 Дискретті-оқиғалық жүйе моделі: архитектуралық принциптері және ЖҚКЖ-сінің мәні 18
2.1 Жүйенің негізгі архитектуралық принциптері 18
2.2 Оқиғалық модель түрлерінің диагностикасы 20
2.3 Дискретті-оқиғалық жүйелердегі ЖҚКЖ-нің мәні 23
3 Дискретті оқиғаларды модельдеу ортасын таңдау 26
3.1 Модельдеу бағдарламалық орталарын салыстыру 26
3.2 MATLAB Simulink модельдеу ортасы 28
3.3 AnyLogic модельдеу ортасы 29
4 Есептеу бөлімі 31
4.1 Дискретті-оқиғалық процестер арқылы ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқу параметрлерін есептеу және азайту әдістерін қолдану 31
4.2 AnyLogic ортасында ЖҚКЖ-ін дискретті-оқиғалық модельдеу 37
4.3 Simulink ортасында ЖҚКЖ-ін дискретті-оқиғалық модельдеу 50
5 Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі 62
5.1 Электромагниттік сәулелердің адам ағзасына әсері 62
5.2 Найзағай түсуден қорғану үшін жүргізілетін есептеулер 67
6 Экономикалық бөлім 73
6.1 Жобаның өзектілігі 73
6.2 Маркетинг жоспарлау 73
6.3 Дискретті-оқиғалар жүйелерінің өнімдерін нарықтық талдау 74
6.4 Ұйымдастыру жоспары 74
6.5 Өндіріс жоспары 74
6.6 Инвестициялық жоба 75
Қорытынды 84
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 85
А қосымшасы 88
Б қосымшасы 89

Кіріспе

Біздің айналамыздағы әлем «дискретті» емес, «үздіксіз»: біз байқайтын процестердің көпшілігі уақыттың үздіксіз өзгеруі болып табылады. Алайда, бұл процестерді талдау үшін кейде олардың үздіксіз табиғатынан абстракцияланып, модельденген жүйенің элементтеріндегі кейбір «маңызды сәттерді» (оқиғалар) қарастырған жөн. Мұндай оқиғалармен нақты процестерді жақындатуды ұсынатын модельдеу ортасын құруға деген көзқарасты - дискретті-оқиғалық модельдеу деп атай аламыз.

Дискретті оқиға әдісі жүйені операциялар тізбегі ретінде сенімді түрде ұсынуға болатын кезде қолданылады. Алайда, модельдеудің үш әдісінің қайсысы белгілі бір жағдайға сәйкес келетінін түсіну оңай емес. Мысалы, егер жалпы жұмыс процесін жобалаудан гөрі әр объектінің жеке мінез – құлқын сипаттау оңай болса, ең жақсы нұсқа - дискретті модельдеу. Сол сияқты, егер біз жеке объектілердің өзара әрекеттесуінен гөрі құбылыстарды жалпы бағалауға қызығушылық танытсақ, модельді жүйелік динамика арқылы сипаттау ыңғайлы болады. Дипломдық жобаның тақырыбына сай, дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу кезінде барлық сипаттамалар мен концепцияларды қамтитын универсалды бағдарламалық ортаны таңдап, тақырыпты кеңінен ашуға және дамытуға тырысамыз.

Дискретті-оқиғалық жүйені құру кезінде, модельдің негізі ретінде – деңгейлі абстракция қолданылады. Абстракциялау барысында жүйе моделінің жалпы құрылымы сипатталады. Сипатталған құрылым сапалы, әрі қателіксіз шығуы керек. Объектіні абстракциялау арқылы бастапқы түсінікті қалыптастыруға, сонымен қатар, құрылымға эксперимент жасауға мүмкіндік береді.

Дискретті-оқиғалық процесстерді қарастырсақ, онымен бірге ЖҚКЖ (жаппай қызмет көрсету жүйесі) қатар жүреді. Жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) — белгілі бір алгоритмдер бойынша оған түсетін транзакцияларға (өтінімдерге, талаптарға) қызмет көрсететін жүйе. Ресурстардың мәніне байланысты жобаның негізі ретінде Пуассон ағыны бар экспоненциалды үлестірілімге ие сервер жүйесінің моделі құрылатын болады.

Модельді құру кезінде, көбінесе дискретті-оқиғалық тәсіл қызмет көрсету жүйелерін модельдеуде қолданылады.ЖҚКЖ-нің кідірісін және модельдеу арқылы шығындарды азайту тәсілдерін негізге ала отырып, дискретті-оқиғалық процестер арқылы ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқу параметрлерін есептеу модельдеу ортасында үлкен жобаларға жол ашады.

1 Дискретті-оқиғалық жүйелер: негізгі концепциялары және сипаттамасы

1.1 Дискретті-оқиғалық жүйенің тарихы, түсінігі

Дискретті-оқиғалық жүйенің моделін 1958 жылы алғаш рет GPSS модельдеу жүйесін құрастырған, блок-сызбалар және қосымша ресурсар арқылы көзге түскен Джеффри Гордонның бастауы болатын.

Гордон диаграмманың симуляторына негізделген жүйені құру арқылы дискретті-оқиғалық жүйенің моделін ұсынды. Басында бұл ұсыныс тек қосымша түрде болғанымен, кейіннен оны тікелей жетілдіру үшін өзінің бағдарламасын жүзеге асырды. Джеффри бағдарламаны аяқтаған соң, өз қызметкерлеріне екі жүйелі блокты сызбалардың прогрессивті элементтерін жасауға рұқсат берді.

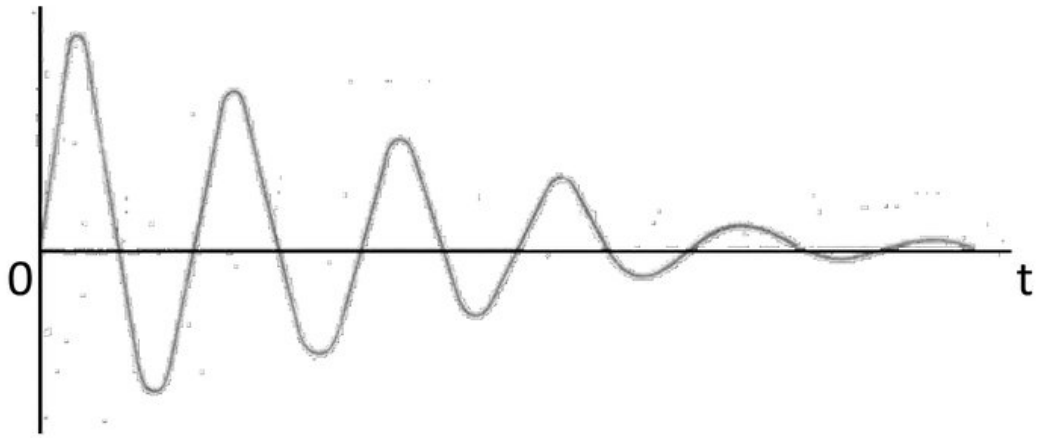
1961 жылы Гордон өзінің екі қызметкерлерімен Нью-Джерси қаласына келіп, модельді қайта толық бағдарламалауға кірісті. Жүйеге диаграммалы талдауды енгізіп, GPSS (General Purpose Simulation System) модельдеу жүйесін іске қосты.

Алғаш рет дискретті-оқиғалық жүйені модельдеу идеясы – қолданушы өзінің имитациялық жүйесін - болып жатқан процесс ретінде қарастырса, ал ондағы орын алып жатқан объектілер операциялардың реті бойынша жүзеге аса бастады. Бұл жердегі операциялар бірегей кешіктірулерге ие болады, қолданушы негізгі жүйелер арқылы тармақтарды таңдай алады.

1980 жылдарға қарай, дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу дами бастады. Дамуына байланысты, оның негізгі жұмыс істеу принципі алғашқы кездерге қарағанда күрделеніп, процесс кезінде біршама қиындықтарды тудырды. Дискретті-оқиғалық жүйе моделі графикалық блоктар операцияларын білдіретін процесс диаграммасы ретінде өзгеріп, блок-схемалардың жұмысы объектілерді құратын және оларды процесске енгізетін бастапқы блоктарға сәйкестендірілді. Бұл модельдің соңы – негізгі нысандарды алып тастайтын қабылдағыш блоктармен аяқталды.

Диаграммалардың бұл түрі іскери әлемге процесс диаграммасы ретінде таныс және әртүрлі процестердің кезеңдерін кеңінен белгілеу болып табылады. Ал бастапқы GPSS объектілері транзакциялар деп аталды, олар клиенттер, бөлшектер, өнімдер, жобалар мен идеялар деген атпен әлемге белгілі болды.

1995 жылы дискретті-оқиғалық жүйелердің модельдері уақыт бойынша техникалық қызмет көрсету ретінде қалыптасты. Сондай-ақ объектінің болуы әдетте алынған стохастикалық ықтималдылықты бөлуі үшін ғана жұмыс жасады, сондықтан дискретті оқиғалар модельдері өздері стохастикалық болып табылады (1.1 сурет). Бұл дегеніміз, модель белгілі бір уақыт ішінде іске қосылуы керек немесе маңызды нәтиже шығармас бұрын белгілі бір мөлшерде шағылысуды қажет етеді.



Стохастикалық жүйе моделі
Кездейсоқ факторды ескермеуге болатын, дискретті-оқиғалық жүйелерде қолданылды

1.1 сурет - Стохастикалық жүйе моделі

Жоғарыда айтып кеткендей, GPSS тілі имитациялық, соның ішінде, дискретті-оқиғалық модельдеу кезінде барлық делік қолданушылардың негізгі практикалық жұмыстарды жүзеге асыратын бағдарлама деп айтуымызға болады.

GPSS тілінің пайда болуы, имитациялық модельдеу жүйесін біршама оңайландырып, жетістіктерге апарды. Мысалы, желілік модельдеу кезінде дискретті-оқиғалық жүйенің блок-схемасын алу үшін, GPSS бағдарламасы арқылы парадигманы енгізу, айтарлықтай жұмысты жеңілдетті десек болады. Өйткені, жүйедегі субъектілер мен объектілер ағыны, яғни, транзакциялар осы парадигма арқылы жүзеге асты. Бұл жаңалық, 90-жылдардағы модельдеу жүйесінде жаңа бастамаларға қол жеткізуге мүмкіндік берді.

2000-жылдардың басында дискретті оқиғалық жүйені модельдеудің уақытты алмастыруы бойынша екі негізгі тәсілі пайда болды. Алғашқысы, белгілі бір уақыт аралығында оқиғадан оқиға дейінгі аралықты қамту тәсілі қарастырылды. Яғни, бұл тәсілді 20 жыл бұрын, имитациялық модельдеу қосымшасын пайдаланатын барлық бағдарламалар қолданды. Сонымен қатар, әр ел өзіне сәйкес түсінікті тілде аударып алып, ары қарай осы тәсілді дамытты деп айта аламыз.

Оқиғадан оқиғаға алмастыру тәсілі дискретті-оқиғалық жүйе моделінің алғашқы уақытысы 0-ден бастау алды және ары қарай болатын оқиғаларды анықтауға жағдай жасайды. Бұдан келе, бұл тәсілде жүйеге жақын уақытқа ауысып, болашақта болатын оқиғалардың деректері туралы мәліметтер алуға мүмкіндік берді. Соңында, бұл тәсіл модельдегі сағат көрсетуі жаңа деректерге көшіп, алдағы болатын оқиғалардың уақытысын анықтай алды. Бұл дискретті-оқиғалық модельдеу жүйесін жаңа деңгейге шығарып, кеткен шығынды азайтуға жол ашты.

Екінші тәсіл, уақытты белгілі тұрақты деңгейге жылжыту тәсілі – көп бағдарламалық жүйелерде қолданбағанымен, оқиғадан оқиғаға алмастыру тә-

сіліне қарағанда аз уақытты талап етті. Дискретті-оқиғалық модельдеу жүйесінде толық өзгерістер тек қана оқиғалар болу арқылы жұмыс жасады. Сондықтан, бұл тәсіл, жүйенің жұмыс жасамай тұрған кезіндегі уақытта (әрекетсіздік қалпында) интервалдардың өсуін қажет етті. Қарапайым тілмен айтар болсақ, уақытты белгілі тұрақты деңгейге жылжыту тәсілі сол жылдары тиімсіз болды [1].

Соңғы он жылдан, бүгінгі күнге дейін модельдеу әр түрлі нақты жүйелерге қолданылғанымен, барлық дискретті-оқиғалық модельдеу жүйелерінде бірқатар жалпы компоненттерді қарастыруға болады. 2010 жылдардан бастап, дискретті-оқиғалық модельдеу жүйелерінің компоненттері логикалық бағдарламаларды, қалпына келтіруді және жүйе моделінің бағдарламасын кеңінен қолдануға, өзгертуге жол ашты. Атап айтқанда, оқиғадан оқиғаға алмастыру тәсілі ақша шығынын азайтып, шын өмірдегі жоспарды бағдарламалау тіліне енгізі, түпнұсқадағы моделін жасап шығуға мүмкіндік берді. Дискретті-оқиғалық модельдеу жүйесінің бұл тәсілі келесі компоненттер бойынша жұмыс жасай алды:

- жүйе моделінің күйін білу (жағдайын) – модельді жұмысын бастаған соң, бірнеше ай, бірнеше жылдағы физикалық жағдайын анықтау;
- оқиғалар тізімі – әрбір уақыт интервалындағы оқиғалар тізімін сақтап, модель жұмысын аяқтағаннан кейін, оны қайта көру функциясы;
- статисталық мәлімет – жүйе моделінің сипаттамасы туралы статистикалық деректерді алу;
- синхрондау жүйесі – сақталған оқиғалар тізіміндегі кез-келген уақыттағы, яғни, сағат, минут, секундтағы интервалды көрсету;
- есептегіш генератор – жүйе моделіндегі статистикалық мәлімет және қосымша есептеуге қажет ақпараттарды жүзеге асыратын бағдарлама;

Негізгі бағдарлама жоғарыдағы процесстер жүзеге асқан соң, 3 түрлі оқиғаларды өңдеу функциясын іске қосады:

- жүйенің жағдайы оқиғаға сәйкес жаңартылады;
- есептегіш генератор арқылы жұмыстың бағалау критерийлары жиналады;
- болашақ оқиғалардың пайда болу уақытысы (уақыттық интервалы) жасалып, жиналған мәліметтер оқиғалар тізіміне қосылады.

Гордоннан бастау алған, бұл модельдеу түрінің қазіргі таңда қандай жетістіктерге жеткенін байқадық. Диаграмма симуляторынан, синхрондау жүйесі бар есептегіш генераторға дейінгі дамуы, адамзаттың жұмысын едәуір жеңілдететіні айдан анық.

1.2 Жүйе және модель концепциялары

Жалпы, дискретті-оқиға дегеніміз белгілі бір уақыттық интервалдағы және сол уақыттың аяқталар мезетіндегі лезде немесе кезекпен болатын құбылысты айта аламыз.

Бұл екі ұғым, дискретті-оқиғалық модельдеуде жиі кездесетіндіктен, жеке тоқтала кетсек. «Лездік» ұғымы - қысқа уақыт аралығындағы оқиғаның

өте үлкен жылдамдықта таралуы болып табылады. Ғылыми тұрғыдан қарағанда, лезде болатын құбылыстар материялық парадигма арқылы көрсетіледі. Яғни, біздегі шексіздікке созылатын құбылыстар, теориялық тұрғыдан басқа материяда бір сәтке созылады деп қарастыра аламыз. Лездік құбылыстар, әдетте, белгілі бір траекториялар арқылы жүзеге асады және олардың жасалуына кеткен уақыт біртипті бола алмайды. Дискретті-оқиғалық жүйелерде «лездік» ұғымын, біз, үздіксіз процесс ретінде қарастыра аламыз ба?

Бөтелкедегі суды мысал ретінде қарастырайық. Бөтелкенің аузынан ақкан суды, басқа шыныға құюды үздіксіз процесс деп айта аламыз. Өйткені, бөтелкедегі толып тұрған су, үздіксіз шыныны толтырады. Ескере кететін жағдай, біздегі бөтелкенің ішіндегі қалып қоятын тамшылар үздіксіз процессті уақытша тоқтатып қояды. Қалып қойған тамшылардың ағуына да бірнеше уақыт қажет. Ал, осы «үздіксіз» процесстің орындалуы барысында, бөтелкенің басын қақпағымен жауып қоятын болсақ, бұны – дискретті оқиға деп айта аламыз. Жабық тұрған бөтелкенің екінші жағынан ойық тесік жасайтын болсақ - үздіксіз процесс жалғасады, яғни, дискретті-оқиғалық процесс бола алады. Дәл осылай, біздің банктегі есепшотымыз проценттің арқасында өседі, бірақ есепшотымыз дискретті оқиғаларға байланысты артуы немесе кемуі мүмкін.

Келесі қарастырылатын процесс - «кезек» ұғымы. Дискретті-оқиғалық жүйелерде бұл ұғым кеңінен қолданылады. «Кезек» дегеніміз – дисциплинарлы түрде мәліметтердің ретін бұзбау құбылысы. Модельдеуде бұл функция оқиғалардың хронологиялық ретін сақтап, әр жасалған қадам сайын синхрондауды жүргізеді. Әр оқиға кезегімен ауысқан сайын, жүйенің жағдайы туралы ақпаратты береді.

Жоғарыда айтылған, екі жүйені өзара салыстырып қарайық. «Лездік» және «кезек» ұғымдары, ғылыми тұрғыдан бір-біріне қарама-қарсы. Яғни, дискретті-оқиғалық модельдеуде, белгілі бір оқиға лезде немесе кезегімен қайталанса – біз оны уақыттық-қызығушылық интервалымен анықтаймыз. Мысалы, адам өмірін 50 жылға теңеп алсақ, сол адамның бір күн ішіндегі жасаған іс-әрекеті «лездік» деп саналады. Бірақ та, уақыттық-қызығушылық интервалымен, адам өмірің ұзақтығын 1 күнге теңестіріп алатын болсақ, көп жағдайда, сол адамның күні бойы жасалатын іс-әрекеті «кезекпен» жасалатынына көз жеткіземіз.

Модельдің және жүйенің негізгі концепцияларына тоқтала кетейік. Бұл тарауда, дискретті-оқиғалық жүйедегі фундаменталды сөздерге анықтама беріп, оларға мысал келтіретін боламыз.

Дискреттілік – тұрақты болып жататын күйлерден әр түрлі материялық қасиетке ие, өзара алгоритм арқылы өзгере алатын процессті айтамыз. Дискретті жүйелерде берілген алгортим белгілі бір кезекпен және анықталған реттілік арқылы жүзеге асады. Дискреттілік термині көптеген (математика, физика, астрономия, биология) ғылымдарда және де өзім таңдап түскен байланыс саласында да көптеп қолданылады. Дискреттіліктің қарапайым мысалы ретінде, кез-келген кітапты алсақ болады. Кітапқа жазылған әріптер мен сөздер бі-

регей код болып табылады және оны оқу арқылы үздіксіз ақпаратты қабылдай аламыз. Кітаптың авторы сөздерді жазу арқылы дискретті жүйені жасап шығарса, оқырман біліміне байланысты кодты өзінің санасына енгізеді. Қазіргі таңда, барлық мультимедиалық технологиялар дискретті сигналдар арқылы жұмыс жасағандықтан, бұл ұғым әлі көптеген жылдар бойы қолданыста болады.

Жүйе – объектілердің бір-бірімен байланыса отырып, берілген механизмдер арқылы тұтас аспектілерді құрауы. Модельдеуде жүйе ретінде адамдарды, аппараттарды, технологияларды қарастыра аламыз.

Оқиға – жүйенің өзгерісінен модельдеу кезінде алгоритм бойынша пайда болатын құбылыс. Кезектің соңындағы объектілер «біреуі келді, екіншісі кетті» жүйесі бойынша функцияланады, соңында оқиға пайда болады. Оқиғаның пайда болуы жүйенің жұмысын жаңартумен қатар, оның кез-келген қиындықтарды қалай шешетінін анықтайтын программалық құрал деп қарастырамыз. Процесстің дәл немесе кездейсоқ болуын жүйе анықтайтындықтан, оқиғалардың нәтижелері бір немесе бірнеше рет қайталануы, оның ықтималдылығы арқылы функцияланады. Оқиғалардың тізімі уақыт бойынша жіктеледі. Ал, оқиға туралы хабарлама – жоспардағы немесе болашақта болатын мәліметтермен сипатталады.

Кідіріс – анықталмаған ұзақтықтың уақыттық интервалы бойынша жалғасуы. Дискретті-оқиғалық жүйені трактілеу кезінде кідірісті енгізу қажеттілігі туындайды. Алдымен, клиенттерге «біріншіге қызмет көрсетілді, екіншіні қабылдау» жүйесімен сипатталатын тактілер көрсетіледі. Кідірісті беру кезінде, оқиғаның аяқталғанына нақты көз жеткізілгеннен кейін, жүйе келесі разрядқа өте алады. Мысал ретінде, кезекте тұрған клиентті қарастырамыз. Кезекте тұру сәтінен бастап, клиентті қызмет ету уақытысы – тікелей кезектің басындағы клиенттердің тапсырына байланысты. Осы орайда, кідіріс қалыптасып, жүйе белгісіз уақыттық интервалында қызмет етеді. Оның қызметіне басқа аспектілер әсерін тигізбейді (егер модельдеу барысында логикалық амалдар қолданылмаса).

Іс-әрекеттердің кезегін және кідірісін дискреттеу барысын анықтау үшін, симуляция жүйесі қолданылады. Кідіріс тапсырма жүйе жадына енгізілгеннен бастап уақытқа тәуелсіз және іс-әрекеттің қаншалықты ұзақ болатынына байланысты болады.

Әдетте, кейбір логикалық функциялар жиынтығы жүзеге асқанда және әртүрлі оқиғалардың бір немесе одан да көп саны болған кезде кідіріс аяқталады. Мысалы, клиенттің күту кезегіндегі кідірісі басқа клиенттердің кезек күту саны мен ұзақтығына, сондай-ақ қызмет көрсететін құрылғылар мен жабдықтардың қол жетімділігіне байланысты болуы мүмкін.

Операция – басталуы анықталған белгілі бір функцияның іс-әрекеті. Дискретті-оқиғалық модельдеуде операцияның шектік түрі қолданылады. Жүйенің жұмыс жасау уақыты, оқиғалар пайда болу аралығы және кідірістің орын алуы – операциямен сипатталған. Операцияның қаншалықты ұзақ болатынын 3 процесс анықталады. Детерминелеу, кездейсоқ мәндерді алу және

функцияны енгізу арқылы:

- Детермилену кезінде операцияның әрқашан тұрақты уақытысы беріледі.

- Кездейсоқ процесс реттелген тактілерді (тақ немесе жұп сандарды) қолдану арқылы жүзеге асады.

- Функциялау барасында дискретті амалдар қолданылып, үздіксіз жалғаса береді [2].

1.2 Кесте – Дискретті-оқиғалық жүйелерде операция ұзақтығының сипаттамасы:

Сипаттамасы	Ықтималдылық	Жинақталған ықтималдылық	Сандардың кездейсоқ таралуы
Детермилену	0,19	0,1	1-33
Кездейсоқ мәндерді алу	0,01	0,1	34-66
Функцияны енгізу	0,8	0,8	67-99

Бұл сипаттама дискретті-оқиғалық модельдеу кезінде бірнеше қызмет ету арнасы арқылы жүзеге асады. «Автожанармай құю» бекетін қарастыратын болсақ, жанармай құюға келген клиенттер – жаңа оқиға ретінде қарастырылады. Жанармай құюшыға операция тапсырылып, клиенттердің сұранысы бойынша жанармай түрін құяды. Жанармай құюшының міндеті клиенттің сұранысын орындау болғандықтан, тәсілді «функцияны енгізу» деп атаймыз. Бұл жерде, сандардың кездейсоқ таралуы - клиенттің жанармайға төлем жасаған ақшасымен есептеледі. Алайда, клиенттің көлік құжаттамасына сай келмейтін жанармай құюға тапсырыс беруі, жанармай құюшының анықтайтын міндетіне жатпайды, яғни, жүйедегі бұл процесс – детермилену деп аталады. Кездейсоқ мәндерді алу - өте аз ықтималдылықта жүзеге асады. Әдетте, бұл процесс жанармай құюшының есебінен кеткен «адами фактор» ретінде қарастырылады. Бұл қателік жүйедегі белгілі бір уақыттық интервалына созылатын – кідірісті енгізеді. Яғни, клиенттердің арасында кішігірім кезекті тудырады.

1.3 Дискретті-оқиғалық жүйе: үш деңгейлі абстракция

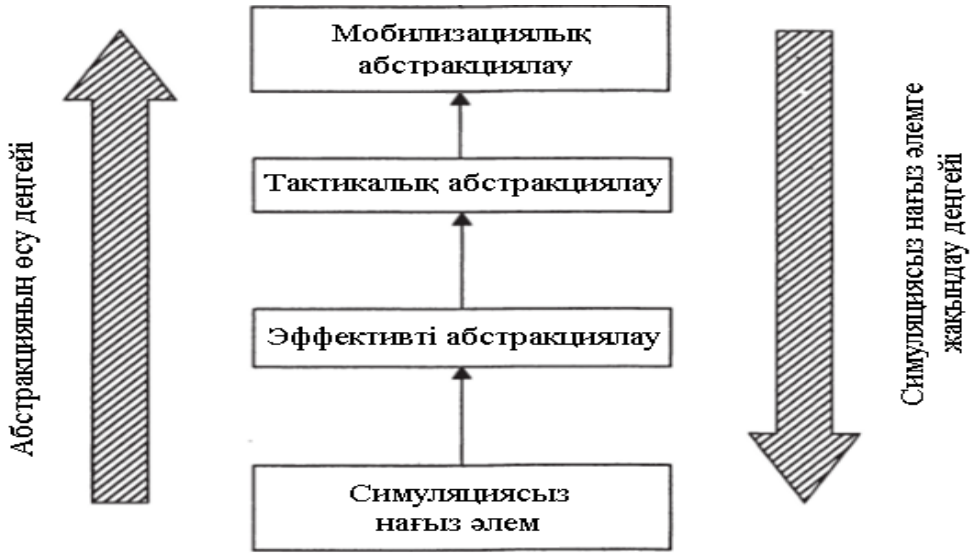
Дискретті-оқиғалық жүйені құру кезінде, модельдің негізі ретінде – деңгейлі абстракция қолданылады. Абстракциялау барысында жүйе моделінің жалпы құрылымы сипатталады. Сипатталған құрылым сапалы, әрі қателіксіз шығуы керек. Объектіні абстракциялау арқылы бастапқы түсінікті қалыптастыруға, сонымен қатар, құрылымға эксперимент жасауға мүмкіндік береді. «Модельдеу» және «абстракциялау» ұғымдары бір-бірімен байланысты болғанымен, екі ұғым ұқсастықтары шамалы.

Жүйені абстракциялау барысында негізгі 3 деңгейді ерекше атап өте аламыз:

Эффективті (оперативті) абстракциялау - модельді құру барысында төмен деңгейлі детермилену процесі арқылы жүзеге асады. Модельді эффективті абстракциялау барысында әрбір детальдің, объектінің аспектілері сипатталмайды. Бірақ, модельдегі объектілер өзінің құрылымына, мақсатына сай жүйеге бағынбайтын индивидуалдық әрекеттер жасай алады. Көлік және адамдардың жол-бойы қозғалыстары кезінде әртүрлі тапсырмалардың шешімі эффективті абстракциялау арқылы орындалады.

Қазіргі уақытта, әлемде белең алған коронавирус (covid-19) пандемиясына қарсы бастапқы санитарлық-эпидемиологиялық шаралардың модельдері жасалуда. Модельді құру кезінде эффективті абстракциялау мен қатар тактикалық абстракциялау қолданылады. Абстракциялаудың бұл деңгейінде жүйеге бағынбайтын индивидуалдық әрекеттер ескерілмей, дискретті-оқиғалық жүйенің негізгі концепцияларына жататын – кідіріс, дискреттілік, оқиға, атрибут, қызмет көрсету уақыты, тізім, өткізу қабілеті қолданылады. Тактикалық абстракциялау қолданылатын модельдер – кіріс және шығысы бар бизнес орталықтары, сауда дүкендері, парикмахер орындары, фаст-фуд тағам дайындау мекемелері және т.б.

Үшінші, ең жоғарғы деңгейлі абстракциялау тәсілі – мобилизациялық абстракциялау. Бұл деңгейде – белгілі бір объектінің, салыстырмалы тұрақты даму бағыты айқындалған модельдермен қолданылады. Атап айтқанда, өте ірі магистральді орталықтар, нарықты-экономикалық одақтар және фондалық биржалар модельдері. Мобилизациялық абстракциялау моделі тенденциялы және күрделі транзактар элементтерімен тікелей байланысты.



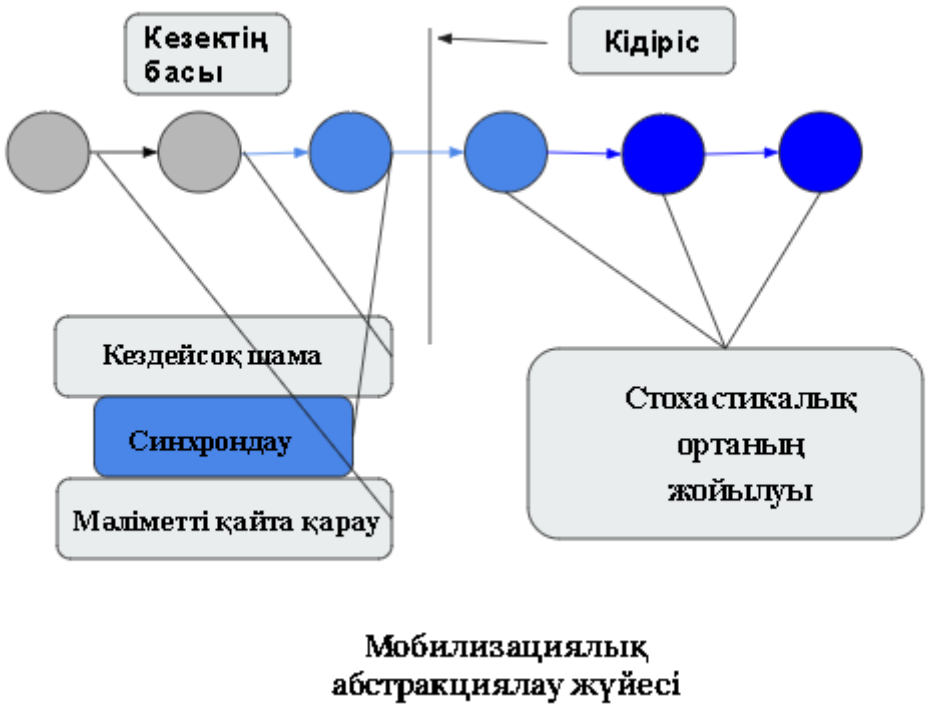
1.2 сурет – 3 деңгейлі абстракциялау сұлбасы

Абстракциялаудың ең төменгі деңгейінен, ең жоғарғы деңгейіне өту процессі – дискретті абстракциялау деп аталады (1.2 сурет). Симуляциясыз

нағыз әлемнен эффективті деңгейге өту үшін дикретті-оқиғалық модельдеудің жүйелік парадигмасын енгізу керек. Жүйелік парадигма мәнісі – басқару, түзету, кері байланыс жасау болып табылады. Жоғарыда айтып өткенімдей, ең төменгі деңгейде объектінің аспектілері сипаттау командаларын орындай алмайды. Бұл деңгей детермилену процесімен тығыз байланысты болғандықтан, қайта бағдарламау арқылы жүйеге берілген кез-келген модельді аз ғана уақытта жасап шығуға болады.

Эффективті абстракциялаудан тактикалық абстракциялау деңгейіне өту біршама қиындықты тудырады. Өйткені, төменгі деңгейден өту барысында стохастикалық процесстер қалыптасады. Жүйе моделінде абсолютті кездейсоқ процесстер болмағандықтан, стохастикалық модель кездейсоқ процесстердің орнын толтырады. Төменгі және орта деңгейлердегі стохастикалық модельдерді салыстырып көрейік. Эффективті абстракциялау барысында кездейсоқ процесстер айтарлықтай әсер етеді, ал тактикалық абстракциялау кезінде кездейсоқ процесстердің әсері өте аз болғандықтан, бұл деңгейде елемеуге болады. Себебі, абстракциялаудың эффективті деңгейінде индивидуалдық әрекеттер стохастикалық процесстің пайда болуына әсер етеді. Екі деңгейде де кездейсоқ процесстің пайда болуы - модельдің мақсаты мен құрылымына байланысты. Модельдің құрылымы неғұрлым күрделі болса, соғұрлым стохастикалық процесстер орын алуы сирек болады. Эффективті абстракциялау деңгейінде әрбір детальдің аспектілері сипатталмағандықтан, жоғарыдағы екі деңгеймен салыстырғанда – ең көп стохастикалық процесстер
кездесетін бөлім болып табылады.

Орта деңгейден (тактикалық деңгей) жоғары деңгейге (мобилизациялық деңгей) өту барысында қарастыратын бірінші мәселе – жобалау және модельдеу кезінде стохастикалық ортаның кең таралмауы. Дискретті-оқиғалық жүйелердің ең жоғарғы деңгейінде стохастикалық ортаны елемеуге болатындықтан, аналитикалық процесстерді кеңінен қолданамыз. Модельдеу барысында қалыптасқан процесстер – синхрондау жүйесі арқылы аналитикалық тәсілмен толық сипатталады. Мобилизациялық абстракциялау деңгейіндегі модельдер аса ұқыптылықты қажет етеді. Адами фактор әсерінен кеткен өте ұсақ қателіктер, бүкіл жүйені құрдымға ұшыратуы мүмкін. Сондықтан,абстракциялаудың ең жоғарғы деңгейінде стохастикалық процесстер мүлде кездеспейді [3].



1.3 сурет – Абстракциялау жүйесінің ең жоғарғы деңгейі

Орта деңгейден мобилизациялық абстракциялау деңгейіне өткеннен кейін модель жүйесінде бірқатар өзгерістер орын алады. Кез-келген дискреттіоқиғалық модельдеуде кездейсоқ шама кездеседі деп айтқанымызбен, ең алдымен синхрондау қызметіне баса назар аударуымыз тиіс. Жүйеде синхрондау процессі – болып жатқан бірнеше процесстердің немесе кездейсоқ уақыттағы ағымдарда қызмет етіп жатқан элементтердің тұтастығын сақтауға мүмкіндік береді. Жүйеге кездейсоқ шама келіп түскенде, синхрондау арқылы стохастикалық орта жүйеге кірмес бұрын қайта түрленіп, кезек сақтай алатын оқиғаға айналады. Ескере кететін жағдай, ең жоғарғы абстракциялау деңгейінде синхрондау процессі «көшірме-түпнұсқа» әдісімен жүзеге асады. Процесстер орын алғанда, алдымен көшірмеге өзгерістер енгізіледі. Көшірмеге өзгерістер сәтті орындалса, түпнұсқаға синхрондау арқылы жазылады (1.3 сурет).

Оқиғалар тізбегінен біз кез-келген уақытта жүйенің күйін қалпына келтіріп, көрсетілген үлгі жолын қайта орнына келтіре аламыз. Берілген жүйе орындай алатын оқиғалардың барлық уақыттық тізбегін қарастырайық. Біз бұл жиынтықтықты «уақыттың тілдік модель» жүйесі деп атаймыз. «Тіл» сөзі көптеген оқиғалар туралы «алфавит» және оқиғалардың (соңғы) реттілігі туралы «сөздер» деп ойлайтынымыздан шыққан. Егер жүйенің траекторияларының жиынтығы туралы статистикалық ақпарат болса, біз жүйенің моделін одан әрі нақтылай аламыз. Әр оқиғаның «өмір сүру уақытына» қатысты ықтималдылықты бөлу функциялары бар делік, яғни әр оқиғаның дәйекті оқиғалары арасында өткен уақыт. Біз оны «стохастикалық тілдің уақытысы» деп атаймыз, сонымен қатар оқиғаларға ықтималдылықты бөлудің тиісті фун-

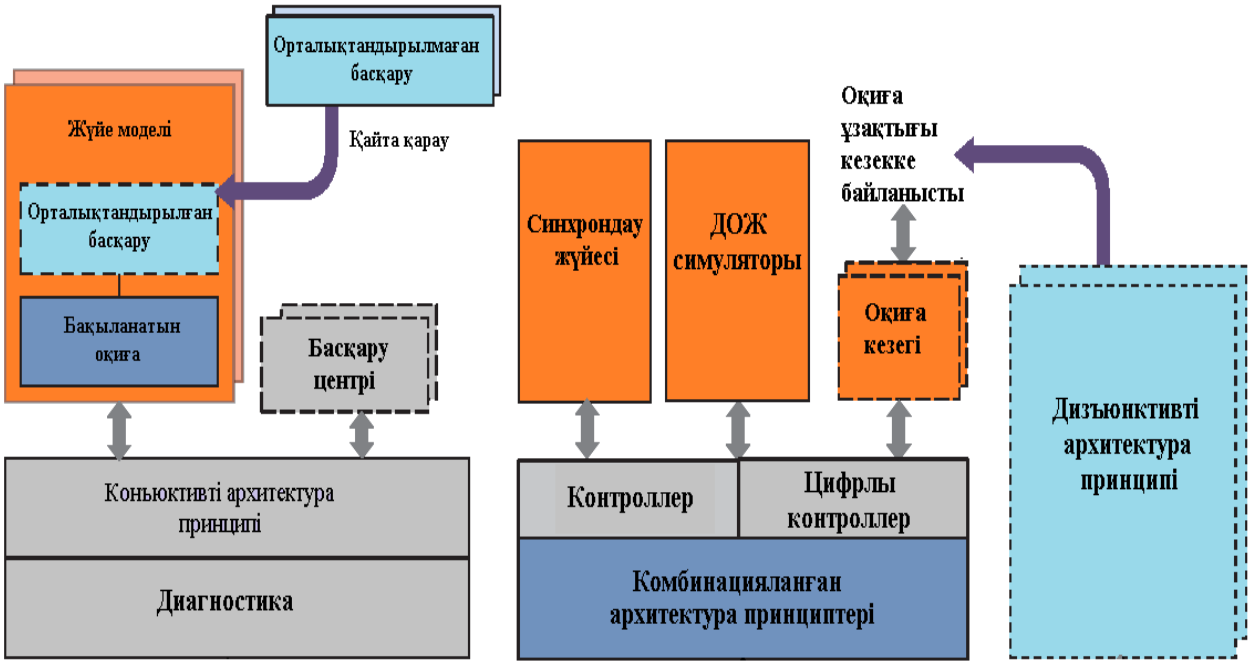
кциялары бар. Стохастикалық синхрондау тілі - бұл барлық мүмкін болатын іріктеу жолдарын және олар туралы тиісті статистикалық ақпаратты тізімдейтін жүйенің моделі [4].

Стохастикалық уақытты лингвистикалық модельдеу өте жақсы сипатталған, өйткені онда оқиғалар және олардың негізгі операциялары түріндегі оқиғалар туралы, нақты уақытта болатын оқиғалар интервалы туралы ақпарат (және олардың шартты тәртібі ғана емес) және нақты оқиғалар туралы статистикалық ақпараттың мәндері қалыптасқан. Егер статистикалық ақпарат өшірілсе, онда сәйкес синхрондалған тілде уақыт туралы ақпаратпен барлық ықтимал дискретті оқиғалар жүйелерін таңдау тәсілдері көрсетіледі. Сонымен, синхрондалған тілден уақыт туралы ақпаратты алып тастасақ, белгілі бір жүйеде болуы мүмкін барлық мүмкін оқиғалар командаларының жиынтығын беретін уақытша немесе қарапайым тіл аламыз. Уақыт тілінің моделі уақытша ақпаратты жою тілінде кез-келген іс-әрекеттің келу уақытын кез-келген ретпен алып тастауды білдіреді. Мысалы, Паскаль немесе Ява тілдерінде, уақытша тілдерде және стохастикалық синхронды тілдерде оқиғалардың уақытылы емес реттілігінің, оқиғалардың нақты уақытының дискретті тізбектері жүйелерін модельдейтін және зерттейтін абстракцияның 3 мәнін қарастырамыз: уақтылы емес, қысқа мерзімді және стохастикалық. Көп жағдайда бізді жүйенің «логикалық мінез-құлқы» қызықтырады, яғни белгілі бір спецификациялар жиынтығына сәйкес келетін іс-әрекеттердің нақты дәйектілігін қамтамасыз етуге мүдделіміз. Немесе жүйенің белгілі бір позициясына қол жеткізуге болатындығын білуге қызығушылық таныту қабілетіміз бар. Мысалы, көлеңкеленген аймақ - бұл белгілі бір нұсқалармен қол жеткізуге болатын шарттардың маңызды жиынтығы. Бұл тұрғыда оқиғаның уақытын нақты анықтаудың қажеті жоқ, және бұл жүйенің мезгілсіз әсерін жасау үшін жеткілікті [5].

2 Дискретті-оқиғалық жүйе моделі: архитектуралық принциптері және ЖҚКЖ-сінің мәні

2.1 Жүйенің негізгі архитектуралық принциптері

Оқиғалық жүйе моделін құру барысында немесе диагностикалау кезінде негізгі архитектуралық принциптер қарастырылады. Үш түрлі архитектуралық принциптер: комбинацияланған, конъюктивті және дизъюнктивті. Жүйе моделі арнайы белгіленген архитектуралық принциптерден тұратындықтан, бір немесе бірнеше құрылымдардан жасалатын принциптерді кездестіре аламыз.



2.1 сурет – Жүйе моделінің архитектуралық принциптері

Дискретті-оқиғалық жүйе моделінде конъюктивті архитектура принципі диагностикалау арқылы әрекет етеді. Бұл архитектураның негізгі тәсілдері:

- жүйе моделі орталықтандырылған басқару объектісінен тұрады,
- пайда болған оқиға бақыланып отырады;
- процесстердің өзара әрекеттесуші моделін тудырады;
- оқиға – орталықтандырылмаған басқару объектісі арқылы қайта қаралады;
- басқару центрі ресурстарды талап етіп, күту кезектерін ұйымдастырады;
- тасымалдаушы объектілер синхрондау жүйесіне ұшырамайды.

Комбинацияланған архитектура тәсілдері:

- кіріс оқиғаны қабылдайтын ақпараттық жүйе контроллері орналасқан;
- индикация және мониторинг жүргізуге арналған цифрлы контроллер арқылы өңделеді;
- оқиға синхрондау жүйесі арқылы жадыға сақталады;

- ДОЖ (дискретті-оқиғалар жүйесі) симуляторы тізімдегі кезекте тұрған оқиғалар арқылы жүзеге асады [6];

Дизъюнктивті архитектура принципі тікелей оқиға кезегіне байланысты

жоспарланады. Оқиға ұзақтығы неғұрлым көп болса, соғұрлым оқиға кезегіде үлкейе бастайды. Бұл процессті «интуитивті алмасу» деп айта аламыз.

Конъюктивті архитектура аясында қажет болатын басқару процесстері орталықтандырылмаған басқару объектісімен жүзеге асатындықтан, бастапқыда a және b оқиғасын жүйеге енгізейік;

- b оқиғасын a оқиғасының орнына енгізейік;

- g оқиғасын екі бастапқы оқиғадан кейін енгізейік;

Оқиғалар процессі аяқталғаннан кейін, жүйеде келесі «интуитивті алмасу» процессі жүзеге асады:

- орталықтандырылмаған басқару объектісінде «a-b» оқиғасы қалыптасады;

- орталықтандырылған басқару объектісінде «b-a» оқиғасы орындалады.

Яғни, жүйеге кеш түскен «e» оқиғасы қайта қаралып, бақыланатын оқиға қатарына енеді. Бұл процесс оқиғаны жеткілікті түрде қабылдауға қажетті мәлімет. Интуитивті алмасу кезінде кезекпен енгізілген оқиғалар қарастырылып, кідіріске ұшыраған оқиғаның алмасуға ұшырамайтынын көруге болады.

Дизъюнктивті архитектура принциптеріне тоқтала кетейік. Жүйеге енгізілген оқиғалар саны шектеулі болғандықтан, уақыттық интервалға сәйкес кезектің созылуын автоматты түрде анықтауға болады. Бұл орайда «супервизор» жұмысын бастайды. Супервизор жүйеге келген стохастикалық процесстерді реттей отырып, объектінің цикл бойынша жүзеге асатын әрекеттерін жазып отырады. Бұл бақылау процесіне жатпайды және оның қызмет ету уақыттық интервалы да санаулы.

Комбинацияланған архитектура принциптері негізінде қызмет атқаратын ақпараттық жүйе контроллерді және цифрлы контроллерді салыстырып қарайық. Ақпараттық жүйе контроллері тек бір немесе бірнеше оқиғаларды жүйеге енгізе алады, дискретті-оқиғалық симулятордың тізіміндегі кезекке - реттелген ресурстармен беріледі. Цифрлы контроллер индикациялау арқылы уақыттық жағдайлардың сандық статистикасын бақылап, қалпына келтіреді. Екі объектінің функциялары ұқсамағанымен, екеуі бір-бірімен тығыз байланысты операцияларды орындайды. Оқиғаларды жоспарлау және процесстерді әрекеттестіру кезінде, соңғы синхрондау жүйесі іске қосылады. Яғни, белгілі жүйенің әр қадамын жазып отыратын алгоритм құрылады. Сол арқылы, модельдің кез-келген уақытысында синхрондалған мәліметтерді қайта қарауға мүмкіндік бар [7].

Оқиғаның пайда болуы кезінде, жүйе ең алдымен оның қарапайым немесе күрделі екендігіне мән береді. Оқиғаның типін анықтайтын шарттар орындалып, жүйеге сигнал беріледі. Осылайша, оқиғалар концептуалды түрде алгоритмнің күрделілігіне байланысты бөлінеді. Процесстің басында және соңында оқиғаның параметрлерін анықтайтын диагностика жүргізіледі. Стохас-

тикалық ортада пайда болған процесстер диагностика барысында бөлініп шығып, жүйемен тек басқару центрі арқылы әрекеттеседі.

2.2 Оқиғалық модель түрлерінің диагностикасы

Жүйе моделін сипаттау тұрғысынан, дискретті-оқиғалық модельдеудің диагностикалық тактілері бірнеше түрге бөлінеді. Алдымен, жүйеге келіп түскен жаңа оқиғаның диагностикалық кезеңдерден өтуін айта кеткен жөн.

- жаңа оқиғаның пайда болуы (t) жүйеге өтініш келіп түсуін тудырады;
- өтініштің жүйелілігі оқиғаның кезекте тұруына ықпал етеді;
- қызмет көрсету деңгейіне байланысты оқиға жолы таңдалады;
- синхрондау процесінен өту үшін объектінің көшірмесі дайындалады S(t)=t’;
- процесс ағынымен оқиға кідірісі уақыттық интервалмен қойылады S(t)=n;
- модель жүйесінің типіне байланысты, оны компоненттерге бөлу қарастырылады;
- блоктардың кіріс және шығысын реттей отырып, жаңа оқиғаны қабылдау міндетті;
- көшірменің бірнеше экземпляры алынып, сақтау процесі жүзеге асады;
- түпнұсқа және көшірмеге кеткен уақыттық интервал есептеледі;
- операциялар негізінде статистика құрылады;
- шығыс блоктары іске қосылып, бақылау жүйесі орындалады;
- жасалған қадамдар арасын қайта қарауға және қателіктердің кездеспеу диагностикасы жүргізіледі;

Жүйе моделінің диагностикасын және құрылымын жасау барысында AnyLogic бағдарламасын қолдану қазіргі уақытта тиімді болып табылады.

Модель диагностикасы кезінде оқиғаның бірнеше күйге енетінін және өзгеріске ұшырайтындығын көре аламыз (2.2 сурет). Оқиғалар бірімен-бірі байланысты болғандықтан, бірінші белгілі оқиға екінші оқиғаның негізі, ал екінші оқиға бірінші оқиғаның жалғасы ретінде қарастырылуы мүмкін. Яғни, синхрондау арқылы оқиғаның көшірмесін алу, жүйеге келіп түскен екінші бір оқиғаны сипаттау кезінде,көшірмелердің параметрлерімен оқиға ағынын жалғастыруға болады. Бұл процесті оқиғалық модельде - «хронологиялық жүйе» деп атаймыз.

Көптеген жүйе моделін құру барысында, стохастикалық ортада таралатын кездейсоқ процесстердің параметрлері сипатталмағандықтан, олар хронологиялық жүйе бірден құрай алмайды.Алдымен, орталықтандырылмаған басқару жүйесінен өтіп, бақыланатын процесс ретінде жүйе моделіне енгізіледі. Параметрлері қалыптасқаннан кейін ғана, хронологиялық жүйені құрай алады. Кезекке белгілі бір оқиға ретінде тұрып, уақыттық интервалы бойынша кідірісі анықталады. S(t) оқиғалық көшірмесін құру барысында, стохастикалық ортадағы процестер көшірмесінің екі немесе одан да көп экземпляры алынады. Оқиғалар көшірмесі тізімге қосылып, «белсенді оқиға» қатарына қосылады. Уақыттық интервалы S(t)=1,3,5…n болғандықтан, орындалатын оқиғалар са-

ны n-ге дейін жалғасады. Егерде, тізім бос болса, модельдеу жүйесі аяқталып, синхрондау процесі қайта орындалады.

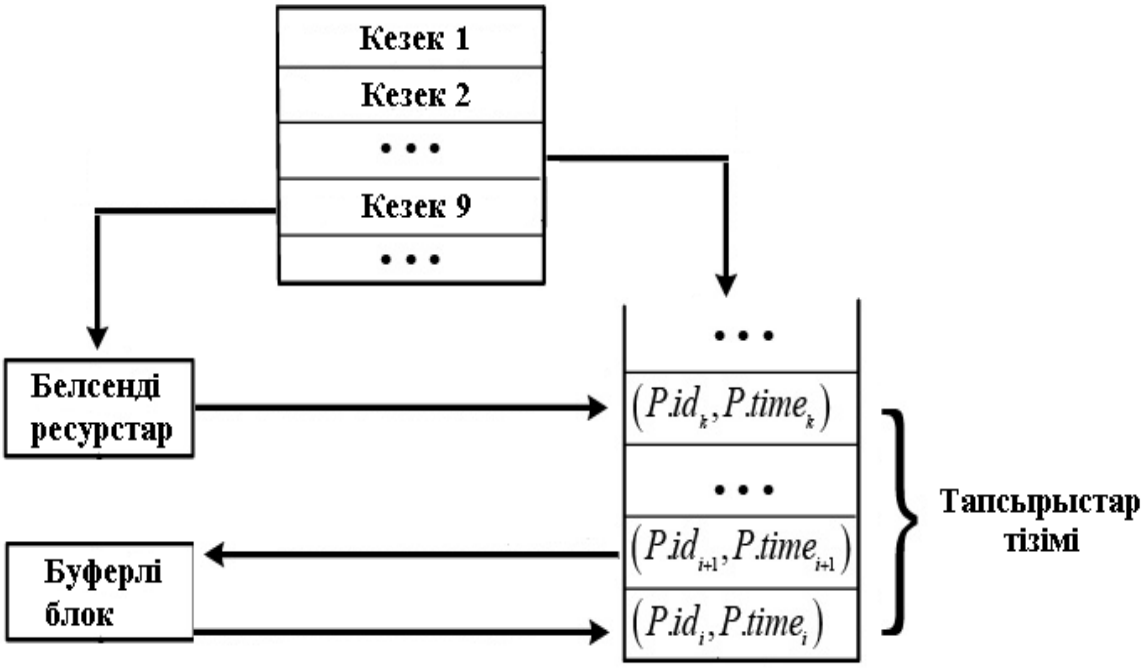
2.2 сурет – Дискретті-оқиғалық жүйе моделінің диагностикасы

Жоғарыда айтылған модельдеудің диагностикалық тактілеріне тоқталайық:

Стандартты модельдеу. Толықтай қалыптаспаған динамикалық жүйенің эталонды терминдерін құрайтын физикалық және логикалық компоненттермен сипат алған термин. GPSS, AnyLogic, Simulink модельдеу орталарында кеңінен қолданылады және дискретті-оқиғалық модельдеудің негізгі амалдарын орындайтын бөлігі. Белсенді және белсенді емес ресурстармен қатар қызмет ете алатын тактілік жүйелерде, негізгі стандартты модельдеу 50-60% пайызға жуық модельдеу үлгілерін қамтиды. Стандартты модельдеуде ресурстардың мәні – оқиға ретінде қарастырылады. Белсенді ресурстар ретінде - модельдеу кезінде субъект болып табылатын құбылыстар мен индивидуалдық элементтер анықталады. (адам, көлік, басқарылатын роботтар және т.б.). Бел-

сенді емес элементтерге – жүйе моделін құрайтын объектілер (сағат, кезек, тапсырыс, тасымалдау ресурсы және т.б.).

Қазақстандағы өте ірі логистикалық “Spark” компаниясын стандартты модельдеу процесіне мысал ретінде қарастырайық. Күн сайын логистикалық тапсырыс орталығына 1000-ға жуық тапсырыс түседі. Клиент жүйеге жаңа тапсырысты жүктегенде, қызмет көрсету орталығы уақыттық интервалмен компьютерлік жүйеге орналастырады. Өтінім кезекте тұруы, тапсырысты күту блогына жинақтайды. Ол буфер арқылы режимнің ауысқандығын жүйеге хабарлайды. Келесі кезекте, клиентке тапсырыстың жүктеу уақытысын, жету уақытысын және келу уақытысын қызмет көрсету орталығы жеткізеді. Жіберу нүктесінде жүктеу көлігі тапсырысты S(t) уақыттық интервал көлемінде жөнелтеді. Артынан, босатылған жүктеу көлігі келіп түскен жаңа тапсырысты орындайды (2.3 сурет).



2.3 сурет – Стандартты модельдеудің тапсырысты қабылдау бөлімі

Формальді модельдеу. Жүйе моделін құры барысында дискретті оқиғалық жағдайларға байланысты формальді модельдеу - құрылғылардың автономды жұмысын атқарады. Формальді модельдеу кезінде жүйеге келіп түскен оқиғаның нақты күйі сипатталып, буферлік орталық блогына нақты айқындалған алгоритм түрін жібереді. Алгоритм трактатты түрде кезектер құрып немесе кезектен шығып, комбинацияланған процесті іске қосады. Көрсеткіштер мен ресурстар кейде үйлесімсіз болса, формальді модельдеу арқылы ретке келтіріп, уақыттың түрлі сәтінде белгілі бір блок пен сервистар арқылы жұмыстар жасалады (Simulink бағдарламалау ортасы аясында) [8].

Жекеленген құрамдас бөліктерді және элементтерді тізімге қосу барысында буферлік блок ағыны үлкейе түседі. Яғни, тапсырыстардың немесе оқи-

ғалардың санына байланысты, буфер блогының көлеміде ұлғая алады. Стандартты модельдеуге қарағанда формальді модельдеу оқиғалар тізбегін бір ағынға қоса алады және уақыттық интервалмен кез-келген жүйе күйіне өтуге мүмкіндік жасайды. Модельді жоспарлау барысында, оқиғалық тізімдер бөлімімен бағдарламау ғана жеткілікті. Әдетте, оқиғалық тізімдер FIFO (First In First Out) жүйелік тізбегімен орындалады.

2.3 Дискретті-оқиғалық жүйелердегі ЖҚКЖ-нің мәні

Дискретті оқиғаларды модельдеу - дискретті ағындарды қолдануға негізделген және әдетте ресурстар, кезектер, кідірістер, оқиғалардың ауысуы және т. б. сияқты маңызды жүйелік элементтерді қолданумен байланысты.

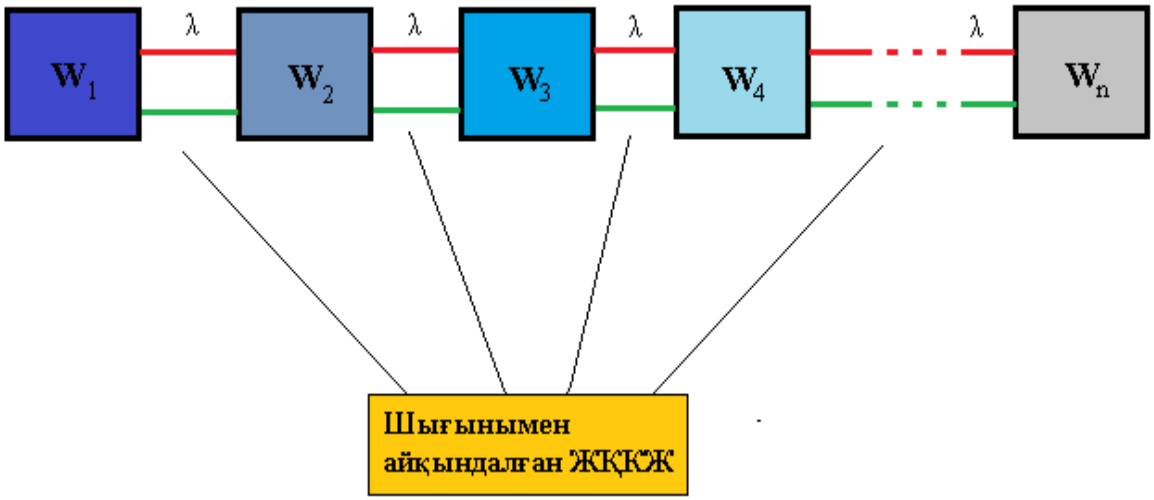
Демек, дискретті-оқиғалық процестер жаппай қызмет көрсету жүйесімен тікелей және тығыз байланысты.

Жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) – белгілі бір дискретті үздіксіз процестердің алгоритмдері транзакцияларға (өтінімдерге, оқиғаларға) айналатын қызмет жүйесі. ЖҚКЖ-інде қызметтерді ресурстар мен агенттер (адамдар, өндірістік заттар) орындай алады, ресурстардың бірінен кейін бірі келуі – қызмет көрсету жүйесінің біршама уақыттық интервалында дискретті-үздіксіз жүйе екенін қанағаттандырады[9].

Дискретті-оқиғалық жүйенің алгоритіміне сәйкес ЖҚКЖ-нің 3 типін қарастыруға болады:

- шығынымен айқындалған ЖҚКЖ;
- үздіксіз уақыттық интервалымен айқындалған ЖҚКЖ;
- шектеулермен айқындалған ЖҚКЖ;

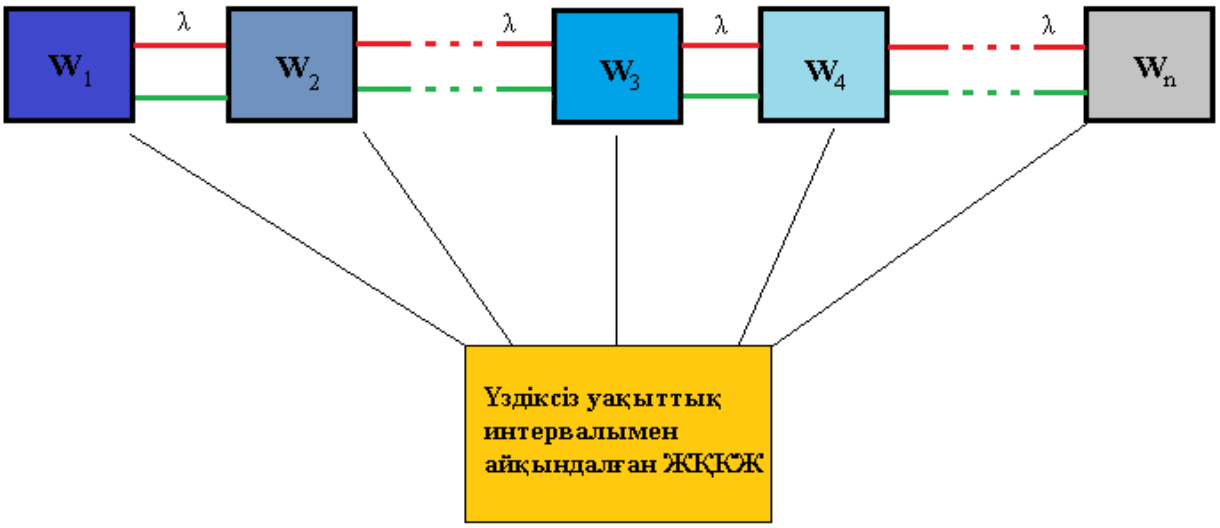
Шығынымен айқындалған ЖҚКЖ-де келіп түскен транзактар дискретті оқиғалардың ауысуынан ешқандай бос ресурстарды таба алмаса, онда жүйе синхрондау құрылғысы транзактқа қызмет көрсету дәрежесінен айырылады. Демек, жүйеге ең қарапайым оқиғалар ағыны келіп түссе, алғашқы оқиғаны жүйе белгіленген λ интесивтілікпен қабылдайды. Келесі екінші, үшінші және төртінші оқиғалар – бос қызмет көрсету жолдарымен қабылданады. Егер, барлық қызмет көрсету жолдары бос болмай шықса, онда келіп түскен оқиғалар ағындарынан бас тартылып, жолды босатады (2.4 сурет)[10].



2.4 сурет – Шығынымен айқындалған ЖҚКЖ

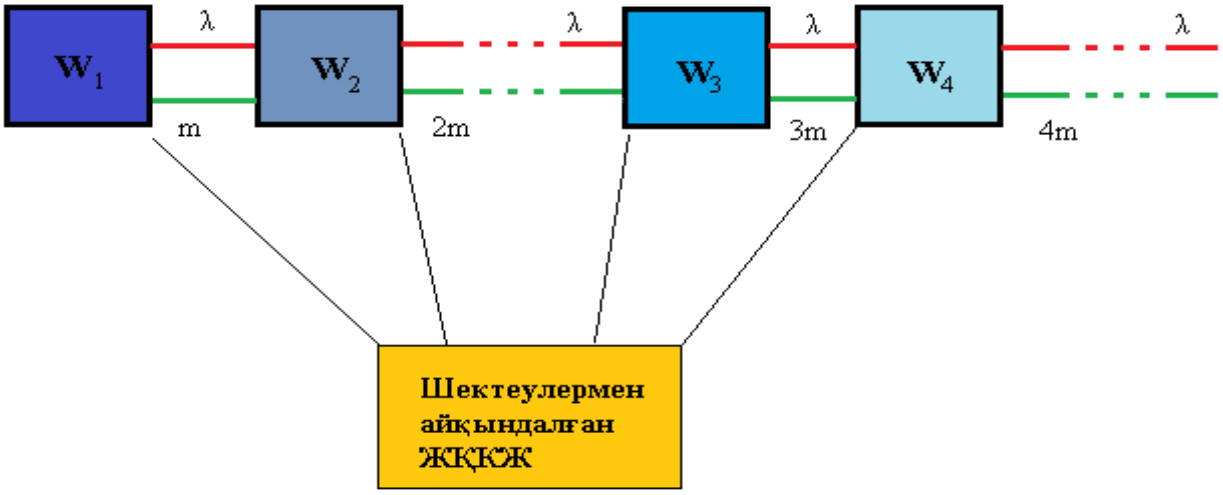
Үздіксіз уақыттық интервалымен айқындалған ЖҚКЖ-де транзактар жүйенің күйіне байланысты кезекке тұрғызылады. Транзакттарға қызмет көрсетілмейінше, олардың кезектегі уақытысы үздіксіз болып табылады. Мысалы, жүйеге кезекті оқиғалар күтумен келген кезде жүйенің күйіне байланысты екі жағдай болуы мүмкін: 1) кем дегенде бір жол бос, өтінім қабылданады және жұмыс жасамайды; 2) барлық жолдар бос емес, қоңырау жүйеден шықпайды, кезекке кіріп, кез-келген жол бос болғанша күтеді, желі шыққан кезде кезектен қоңырауды алады.

Осылайша, үздіксіз уақыттық интервалымен айқындалған ЖҚКЖ-нің басты ерекшелігі - басқарылмаған өтінімдер кезекке тұрып, келесі кезектің шығуын күтеді. Жол босатылған кезде қызметтік өтінімдер кезектен алынады. Бұл жүйенің шығынымен айқындалған ЖҚКЖ-нен айырмашылығы оның бастапқы түрінде шығын болмауында (2.5 сурет).



2.5 сурет – Үздіксіз уақыттық интервалымен айқындалған ЖҚКЖ

Шектеулермен айқындалған ЖҚКЖ-де күту уақыты шектеулі немесе кезектің ұзақтығы белгілі бір мәннен аспайды. Бұл жағдайда жүйеге автоматты түрде тиімсіз болатын кіретін транзакция шығарылады (2.6 сурет).



2.6 сурет – Шектеулермен айқындалған ЖҚКЖ

3 Дискретті оқиғаларды модельдеу ортасын таңдау

3.1 Модельдеу бағдарламалық орталарын салыстыру

Қазіргі таңда, цифрлық технологиялардың даму кезеңінде - «модельдеу» ұғымы индивидумның инициативті жұмысын әлдеқайда жеңілдетті. Көбінесе, ұзақ уақыттық аралықты және материалдық-қаржылық шығындардың алдын-алуға субъектінің моделін жасау, айтарлықтай үлкен мүмкіндіктерге жол ашты. Компьютерлік модельдеуді қолдана отырып, біз кез-келген имитациялық, әсіресе, динамикалық және дискретті-оқиғалық процесстер мен күрделі мәселелердің эффективті шешімдерін ала аламыз.

Компьютерлік жүйені модельдеудің негізгі мақсаты – енгізілген элементтер, құбылыстар, процесстер және ресурстардың индивидуалды және топтық жағдайын, іс-әрекетін бақылау арқылы, эксперимент жүргізу болып табылады.

Күрделі жүйелерді модельдеу барысында, сонымен қатар, модельдеудің классификациялық және объектілерді оңтайлы жағынан көрсету барысында, келесі имитациялық дискретті-оқиғалық модельдеу орталары қолданылады: GPSS, Arena, MATLAB Simulink, AnyLogic, VisSim, ExtendSim және т.б.

Керекті модельдеу ортасын таңдау барысында, бірнеше маңызды функцияларды ескеру өте маңызды. Дискретті-оқиғалық жүйелерді немесе жүйелік динамикалы модельдеу барысында, келесі функциялардың параметрлері бойынша талдап, таңдай аламыз:

Модельдің қолдану әмбебаптылығы – осы дипломдық жобаға қажетті функционалды параметрлердің бірі. Яғни, модельдеу кезінде объектіні сипаттау үшін, кез-келген жағдайды қарастыра алуы керек.

Модельдің дәлділігі – дискретті-оқиғалық жүйе моделін құру барысында қателіктер кездейсоқ процесстердің әсерінен кездеседі дегенімен, олардың сандық және уақыттық интервал бойынша модельдеудің қате кету нәтижесі орта есеппен санағанда - 5-6 % пайыздан аспауы тиіс. Модель дәлдігі (орта есеппен қателік жіберу нәтижесі) – ЖҚКЖ (жаппай қызмет көрсету жүйесі) моделі бойынша алынды.

Келесі функционалды параметр – кең қол жетімді элементтер блогы. Бағдарламаның модельдеу ортасы - кез-келген бизнес процестер, жол-көлік жағдайлары, логистикалық тасымалдау, биржа және нарық, киберспорттық турнирлер модельдерін жасау барысында өте үлкен элементтер блогын қажет етеді. Объектілі база элементтері және өндірістік жүйелер блогы дискретті-оқиғалық модельді құру барысында көп қолданылады.

DES (Discrete-Event Simulation – дискретті-оқиғалық модельдеу) және 3D анимация – модельдеу ортасын таңдаңдауда ең маңызды параметр. Жобаның мақсаты дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу болғандықтан, бағдарлама нақты әлем жүйесін, динамикалық және дискретті процесстерді, операциялардың реттілігін графикалық, диаграммалық, масштабтық тұрғыдан қарасытыра алу керек. Сонымен қатар, анимацияның кез-келген қиын түрін, 3D анимацияның параметрін DES жүйесі бойынша құруға мүмкіндік болу керек.

Осы дипломдық жобаға дискретті-оқиғалық процесстердің моделін жасау үшін, модельдеу орталарын салыстырып, қол жетімді және қолайлы модельдеу ортасын таңдауымыз қажет.

3.1 Кесте - Дискретті-оқиғалық жүйелердің модельдеу орталарын негізгі параметрлер бойынша салыстыру.

Бағдарламалық орта	Қолдану әмбебаптылығы	Модель дәлділігі (орта есеппен қателік жіберу нәтижесі)	Элементтер блогы	DES және 3D анимация
GPSS WORLD	Дискретті және үздіксіз модельдеу	2,694%	53 типті блоктар	бар/ жоқ
MATLAB/ Simulink	Имитациялық модельдің құрылымдық сұлбасы және нәтижелерді өңдеу	1,511%	72 типті блоктар	бар/ бар
AnyLogic	Дискретті және динамикалық объектілердің нәтижелерін алу	0,719%	44 типті блоктар	бар/ бар
Arena	Имитациялық модельдің интеграцияланған сұлбасын алу	3,124%	24 типті блоктар	бар/ бар
VisSim	Модельдің иерархиялық диаграммасын құру	2,387%	33 типті блоктар	жоқ/ бар
ExtendSim	Дискретті және динамикалық объектілердің нәтижелерін алу	1,587%	42 типті блоктар	бар/ бар

Модельдеу орталарының функционалды параметрлерін салыстыра отырып, дипломдық жобаның модельдеу ораталары негізінде Simulink және AnyLogic бағдарламаларық жасақтамалар таңдап алынды. Simulink бағдарла-

масында ДОЖ-нің моделін құруға және бағдарламалаусыз жүйенің анимациясын алуға мүмкіндік бар. AnyLogic ортасында қарапайым және түсінікті құрылымдық сұлбаны алуға болады. Екі модельдеу бағдарламалары бір-бірін толықтырып тұра алады.

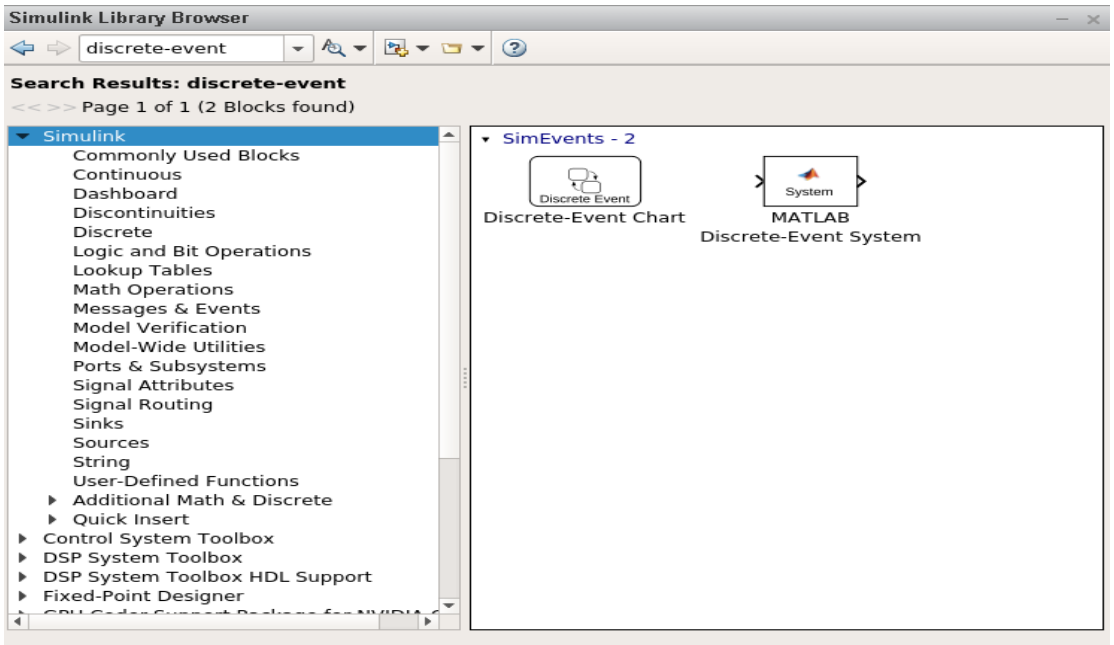
3.2 MATLAB Simulink модельдеу ортасы

MATLAB - бұл біздің Әлемді өзгертетін жүйелер мен өнімдерді талдау және жобалау үшін инженерлер мен ғалымдарға арналған бағдарламалық платформа. MATLAB жүрегі - MATLAB тілі, матрицаларға негізделген, есептеу математикасын табиғи түрде білдіруге мүмкіндік беретін тіл [11].

MATLAB бағдарламалау құралы – имитациялық модельдерді құруға бірден-бір таптырмас орта болып табылады. Соның ішінде, динамикалық процесстерді және дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеумен қатар, байланыс-коммуникациялық жүйелердің сұлбасын құру, интеграциялы өндірістік жүйелердің кодын жасауға және модельдеудің барлық түрін эксперименттi түрде тексеріп, қайта жасауға мүмкіндік береді.

Simulink – MATLAB бағдарламасының бейне-графикалық модельдеу құралы болып табылады. Simulink құралымен имитациялық модельдің кез-келген типін, қолданушының абстракциялау деңгейіне байланысты бағытталған графигін, диаграммаларын және 3D графикалық анимациясын құруға жағдай жасалған.

Simulink көмегімен дискретті оқиғаларды модельдеу гибридті жүйелік модельдерді, агент модельдерін және диаграммаларды қолдана отырып, оқиғалар мен операцияларды талдауға мүмкіндік береді [12].



3.1 сурет – MATLAB Simulink элементтер блогы

Бұл біріктірілген деректерді модельдеу және талдау ортасында біз:

- технологиялық ағындарды модельдеп, өндірістік қуаттылықты жос-

парлау және өндіріс пен жұмыс үшін жеткізілім тізбегін оңтайландыра аламыз;

- оффлайн агенттермен миссия жоспарлары немесе өндіріс процесінің кезеңдері сияқты оқиғаларға негізделген процестерді модельдей аламыз;

- кезектерді, бағыттау алгоритмдерін, өңдеу кідірістерін және басымдық схемаларын баптау;

- кідірістерді, өткізу қабілеттілігін, пакеттік шығындарды және байланыс желілерінің басқа да өнімділігін талдау және оңтайландыру;

- аэроғарыштық, автомобиль және электрондық индустрияға арналған таратылған басқару жүйелерін, аппараттық архитектураларды, сенсорлық және коммуникациялық желілерді жобалау;

- уақыт, оқиғалар мен агенттерге негізделген компоненттері бар гибридті жүйелерге еліктеу [4];

Модельдеу ортасын қолдану аясында, дискретті-оқиғалық жүйелер блогі арқылы жүзеге асады. SimEvents блогындағы элементтер дипломдық жобаның тақырыбы бойынша модель құру барысында қолданысқа ие. Сонымен қатар, оқиғалық модельді құру кезінде алгоритм автоматты түрде жүйеге енгізіледі. Енгізілген жүйедегі итерациялар шығынды азайту және кездейсоқ қателіктерді алып тастау арқылы, басқа бағдарламалық орталардан артықшылығын аңғаруға болады.

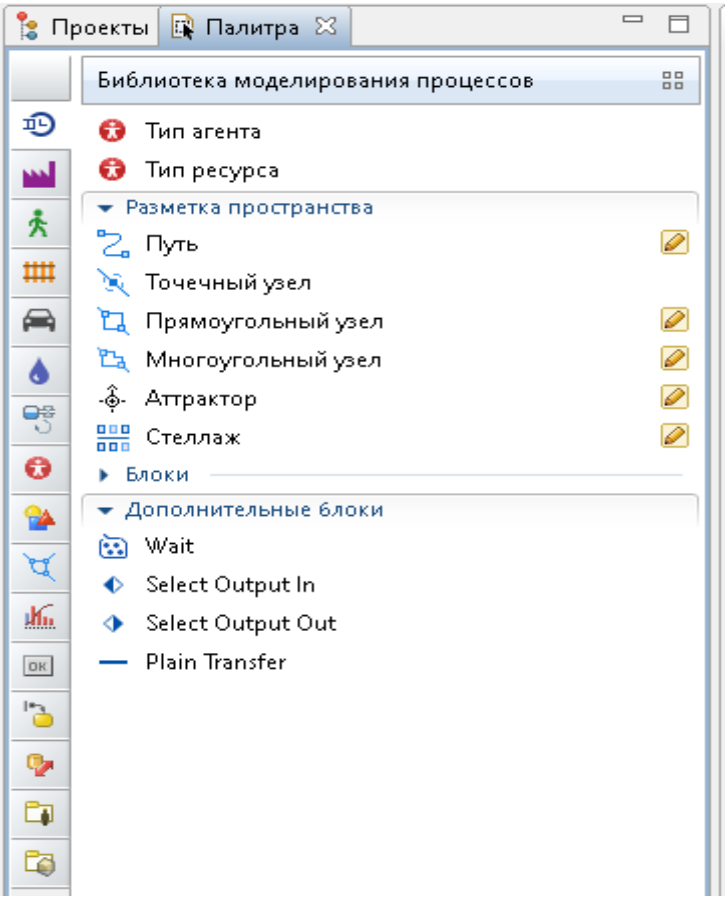
3.3 AnyLogic модельдеу ортасы

AnyLogic - құрылымдық процестер мен жүйелерді имитациялық модельдеу үшін «Экс Джей Технолоджис» компаниясымен 2003 жылы жасалған бағдарламалық құрал [5].

AnyLogic модельдеу бағдарламасында имитациялық модельдеу, соның ішінде, дискретті-оқиғалық жүйелердің модельдері құрылымдық бөліктерге бөлу арқылы жүзеге асады. Блоктар элементтері бағдарламалық құралмен тығыз біріктірілген және кез-келген деңгейдегі, күрделі модельдеу процестерінің анимацияларын интеграциялау арқылы жүзеге асырады.

AnyLogic бағдарламасында модельдеу процесі блоктарды «қозғалту» арқылы жүзеге асады. Сонымен қатар, «элементтер палитрасы» арқылы дискретті жүйелерге қатысты кез-келген элементтерді құрай аламыз. Бағдарламаның толығырақ элементтер блогы 3.2 суретте көрсетілген.

Элементтердің графикалық қасиеттерін қолданып, модель құру барысында 3D анимациялық пішіндер тұрғызылады. Модельдің параметрлеріне сай – Java программалық тілі арқылы жүйеге дискретті-оқиғалық процестерді енгізе аламыз. Яғни, біздің жобаның моделі символдар түрінде немесе 3D анимация арқылы көрсетілімге ие болады. Ресурстардың жалпы негізі - проекциялық блоктар болғандықтан, ол аумақтық өлшем, агенттің типі, ресурстың типі және қосымша блоктар болып негізделген.



3.2 сурет – AnyLogic ортасының палитра бөлімі

AnyLogic ортасының тағы бір ерекше мүмкіндігі – дипломдық жоба тақырыбына негізделген, дискретті-оқиғалық жүйе моделін агенттік модельдеумен модификациялауға болады. Қарапайым дискретті оқиғаны құру кезінде, агенттік модельдеудің функцияларын (агенттердің идентификацияланған параметрлерін) іске қосып, модель үлгісіне ғимараттар, қызметкерлер, тауарлар, жобаларды енгізу арқылы комбинациялауға болады.

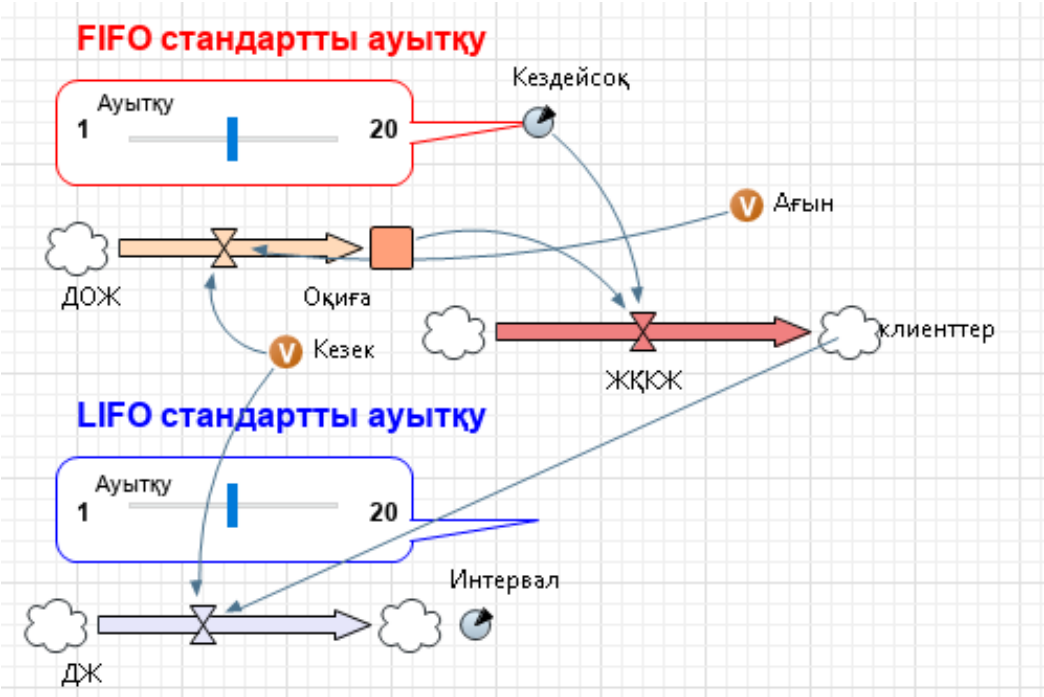
Дискретті-оқиғалық жүйелердің негізі бола алатын, AnyLogic модельдеу ортасы келесі параметрлермен жұмыс жасай алады: қазіргі өмір (real), эксперименттік (experimental) және спецификалық (specific).

Оқиға құру барысында параметрі – таймаут бойынша, берілген интенсивті аралық және шарттың орындалуын қадағалайтын Java кодтарымен іске қосылады. Бағдарлама ортасында уақыттық интервал – күнтізбелік уақыт немесе ортаның уақытысы ретінде қарастырылады.Оқиғаның периодын секунд, минут, сағат, тіпті жылмен комбинациялауға мүмкіндік бар. Оқиғаның эмпирикалық таралуын дискретті, үздіксіз немесе кез-келген типті жүйені енгізе отырып, модель өзгерісін бағылауға болады. Бұл функциялар модельдің нәтижелерін минималды қателікпен жасауға жол ашады. Қоршаған ортамен байланысы тәптіштелген AnyLogic модельдеу ортасының, басқа бағдарламалардан артықшылығын осыдан байқаймыз.

4 Есептеу бөлімі

4.1 Дискретті-оқиғалық процестер арқылы ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқу параметрлерін есептеу және азайту әдістерін қолдану

Дипломдық жобаның жоспарына сай, дискретті-оқиғалық жүйенің негізі ретінде ЖҚКЖ (жаппай қызмет көрсету жүйесі) қарастырылады. ЖҚКЖ-нің стандартты модельдеу түрлері оқиғалық процестермен жүзеге асатындықтан, ондағы туындаған мәселелер интенсивті түрде бірте-бірте қадамдармен орындалады. Әрине, қазіргі таңда ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқудын туындауының альтернативті шешімдері қарастырылған, бірақ-та, хронологиялық әдіспен орындалатын оқиғалық жүйелер - ауытқу шамасын есептеуге және азайтуға таптырмас қадам болып табылады. Сыртқы ресурстардың болуы дискретті жүйелерде модельдің жеңіл құрылуына және оған кеткен шығынды азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, FIFO (First In, First Out) және LIFO (Last In, First Out) әдістері модельдеу барысында ресурстардың иерархиялық іс-әрекетін анықтайтындықтан, олардың нақты қозғалыстарын ескермеуге болады.



4.1 сурет – ДОЖ-дегі FIFO және LIFO стандартты ауытқу сұлбасы

ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқу шамасын анықтаудың алдында кіріс және шығыс ағындарының параметрін жүйеге енгізу керекпіз. Жоғарыда айтып кеткеніміздей, формальді модельдеу кезіндегі оқиға ағынының интенсивтілігі стандартты модельдеуге қарағанда анағұрлым көп болады. Сол үшін ауытқу шамасын стандартты ауытқу тұрғысынан есептегенде кедергінің мәнін минималды күйге жеткізу керек. Бұл дипломдық жұмыстың есептеу бөліміндегі негізгі мақсат.

4.1 Кесте – Бастапқы мәліметтер

Шартты белгілер	Қабылданатын көрсеткіштер	Берілетін мәндер
θ_1	1-ші ретті оқиға санына байланысты интенсивтілік	$\theta_1 = 0{,}8$
θ_2	2-ші ретті оқиға санына байланысты интенсивтілік	$\theta_2 = 0{,}75$
θ_3	3-ші ретті оқиға санына байланысты интенсивтілік	$\theta_3 = 0{,}7$
N	Оқиғалардың келіп түсу реттілігі	N=1,2,3…n, n+1
ρ^n	Қызмет көрсету аппаратына келіп түскен оқиғалар интенсивтілігінің дәрежелік көрсеткіші	$\rho^n = 1,2,3 \dots \mathrm{n}, \mathrm{n}+1$
m!	Кезектегі орындар саны	m! = 4
P_{i+1}	Кіріс ағындарының кезекке кіру ықтималдылығы	$P_{i+1} = 0{,}005$
P_{i-1}	Шығыс ағындардың кезектен шығу ықтималдығы	$P_{i-1} = 1{,}114$

Оқиға ағынының тұрақты интенсивтілігі (оқиғалар саны аз мәнге ие болса):

$$\mu = \frac{\theta}{N}, \tag{4.1}$$

мұндағы θ - оқиғалар санына байланысты интенсивтілік;

N – оқиғалардың келіп түсу реттілігі.

Оқиғалар санына байланысты интенсивтілікті $\theta < 1$ деп бекітеміз. Өйткені есептеу жүргізгенде және модельдеу кезінде интенсивтілік көрсеткіші ұсынылған мәннен асып кетуі мүмкін. Дискретті-оқиғалық жүйе тәсілін қарастырғандықтан, 4.1 формула арқылы оқиғалардың келіп түсу реттілігі сақталады (N=1,2,3…n, n+1):

$$\mu_1 = \frac{0,75}{1} = 0,75,$$

$$\mu_2 = \frac{0,75}{2} = 0,375,$$

$$\mu_3 = \frac{0,75}{3} = 0,25.$$

Интенсивтіліктің уақыттық интервалға қатысты орташа мәні:

$$\omega = \frac{1}{\mu + t_к} = \frac{1}{0,752 + 0,14} = 0,892 \quad , \qquad (4.2)$$

мұндағы $t_к$ - жүйе ретіне кіретін шақыру мәнінің орташа қызмет көрсету көрсеткіші.

Есептеу көрсеткендей, интенсивтіліктің орташа мәні әрқашан бірлік мәннен төмен болады.

Стандартты ауытқу шамасы кіріс және шығыс ағындардың өсуі немесе кемуіне тікелей қатысы болғандықтан, интенсивтіліктің уақыттық интервалға қатысты орташа мәнін кіріс пен шығысына бірдей енгіземіз.

Кіріс ағындардың оқиғалық көрсеткіші:

$$P_i = \omega \times P_{i+1} = 0,892 \times 0,005 = 0,0053 \quad . \qquad (4.3)$$

Шығыс ағындардың оқиғалық көрсеткіші:

$$P_i = \omega \times P_{i-1} = 0,892 \times 1,114 = 0,9947 \quad . \qquad (4.4)$$

мұндағы, P_{i+1} – кіріс ағындарының кезекке кіру ықтималдылығы;

P_{i-1} – шығыс ағындардың кезектен шығу ықтималдығы.

Кіріс және шығыс ағындардың оқиғалық көрсеткіштерінің мәндері, толық оқиғалық топтың санын көрсетпейді және ықтималдықтың мәні 1-ге тең екенін көруге болады. Есептеліп отырған кездейсоқ оқиғалар бірімен-бірі өте тығыз байланысты, сонымен қатар кіріс ағындарының кезекке кіру ықтималдылығы әрқашан шығыс ағынға қарағанда төмен. Әр і – арнаның орны бос болмауы, тек басқа арналардың толуына қатысты болады. Көріп отырғанымыздай, кіріс ағындарының жүйеге енуі6 шығыс ағындарға қарағанда бірнеше есе көп болады, бұл біздің есептік жүргізу талаптарымызға сай [13].

Келесі есептейтін параметр – стандарты ауытқу кезінде жүйеге келіп түскен оқиғаларды бас тарту ықтималдығы:

$$P_n = \frac{\rho}{\rho \times n} = \frac{\omega}{\omega \times n\mu_n} \quad . \qquad (4.5)$$

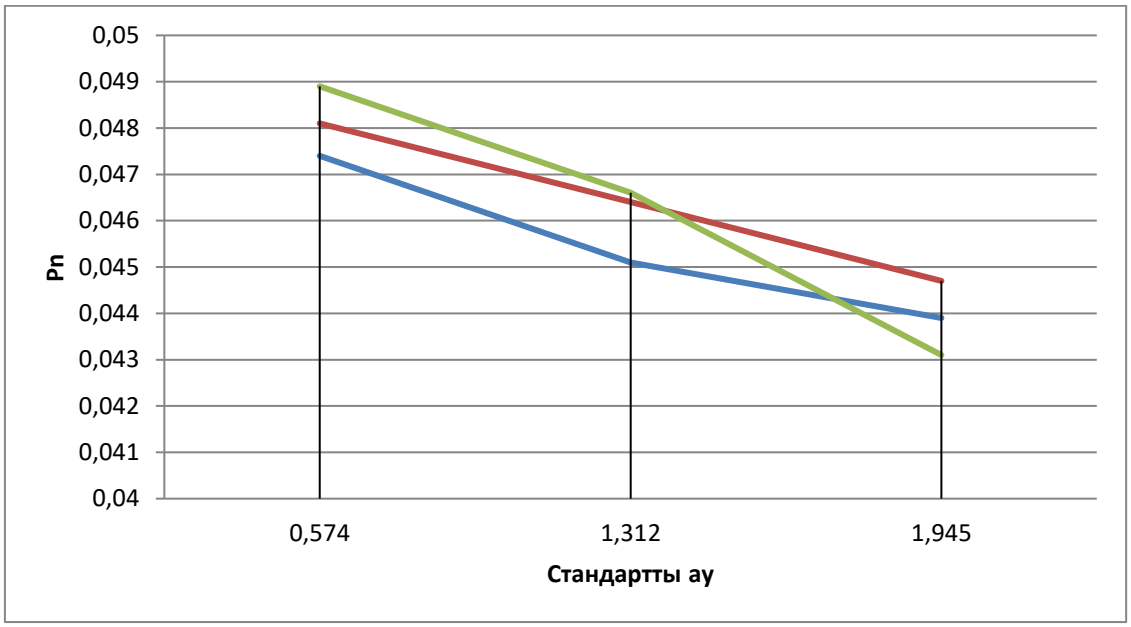
4.5 формула бойынша жүйеге келіп түскен оқиғаларды бас тарту ықтималдығын n=1,2,3 мәніне дейін есептейміз:

$$P_{n_1} = \frac{\omega}{\omega \times n\mu_1} = 0,0474,$$

$$P_{n_2} = \frac{\omega}{\omega \times n\mu_2} = 0,0481,$$

$$P_{n_3} = \frac{\omega}{\omega \times n\mu_3} = 0,0489.$$

Әр түрлі келіп түскен оқиғалардың бас тарту ықтималдылықтардың көрсеткіштері жүйеге түсірілген жүктеменің әсерінен Р→ 0-ге ұмтылады. Яғни, ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқудың шамасын анықтау барысында жүктеме мәні арна санына қарағанда едәуір үлкен болса, тәуелділіктер іс жүзінде қарастырылмайды.



4.2 сурет – Стандартты ауытқу кезіндегі оқиғалардың бас тарту ықтималдығының тәуелділік графигі.

ЖҚКЖ-дегі дискретті-оқиғалық процестің негізі ретінде – қызмет көрсету аппараттары (ҚКА) қарастырылады. Сондықтан, ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқудың шамасы қызмет көрсету аппараттардың жұмысына тәуелді. Келіп түскен өтінімдер саны әр түрлі болғанымен, олардың орта мәнін есептеу маңызды.

Қызмет көрсету аппараттарына келіп түсетін өтінімдердің орта мәнін есептеу:

$$\overline{m} = \rho(P_{i\text{к}} + P_{i\text{ш}}). \qquad (4.6)$$

4.6 формула негізінде қызмет көрсету аппараттарына келіп түсетін өтінімдердің орта мәні:

$$\overline{m} = \rho(P_{i\text{к}} + P_{i\text{ш}}) = 0,0049 \times 1 = 0,0049,$$

мұндағы ρ – қызмет көрсету аппаратына келіп түскен оқиғалар интенсивтілігінің орташа мәні, яғни 0,049 шамасына тең.

Қызмет көрсету аппаратына келіп түскен оқиғалар интенсивілігі:

$$\rho = \frac{\omega}{m!m^E}\rho_0 . \qquad (4.7)$$

Интенсивтіліктің орта мәнін 4.7 формула бойынша анықтаймыз:

$$\rho = \frac{\omega}{m!m^E}\rho_0 = 0,049 ,$$

мұндағы m! – кезектегі орындар саны, біздің жағдайда 4-ке тең;

m^E – бос арналар саны;

ρ_0 – алғашқы келіп түскен оқиғаның интенсивтілік көрсеткіші, яғни оқиға ағынының тұрақты интенсивтілігін аламыз - 0,75 (4.7 формула).

Көріп отырғанымыздай, қызмет көрсету аппаратына орта есеппен келіп түсетін өтінімдердің көрсеткіші – интенсивтіліктің орта мәнінің 0,1 бөлігін құрайды. Яғни, стандартты ауытқу кезінде n-арналы ЖҚКЖ-нің қызмет көрсету ықтималдығы $\Delta P = 0,1$ деп бекітілген. Бірақ-та, дискретті-оқиғалық модельдеу барысында, бұл шаманы 0,1-ден 0,2-ге көтеруіміз шарт. Өйткені, арналар санының өсуіне байланысты, қарастырылып отырған ЖҚКЖ-дегі өтінімдер саны бірнеше есе артады.

Дискретті-оқиғалық процесстер арқылы стандартты модельдің ауытқуы:

$$\sigma_c = 1 - \frac{\rho^n}{m!} \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{m} \frac{\rho^i}{i!}} , \qquad (4.8)$$

мұндағы ρ^n - қызмет көрсету аппаратына келіп түскен оқиғалар интенсивтілігінің дәрежелік көрсеткіші.

n = 1 болғанда, ескере кететін жағадай, өтінімдер кіріске Пуассон ағындары арқылы арналардың санына байланысты кіреді. Сонда, дискретті-оқиғалық процесстер арқылы стандартты модельдің ауытқуы 4.8 формулада бойынша:

$$\sigma_c = 1 - \frac{\rho^n}{m!} \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{m} \frac{\rho^i}{i!}} = 1 - \frac{1}{4} \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{m} \frac{0,187^3}{4}} = 0,894 .$$

Қызмет көрсету аппараттарындағы өтінімдері санының стандартты ауытқуы:

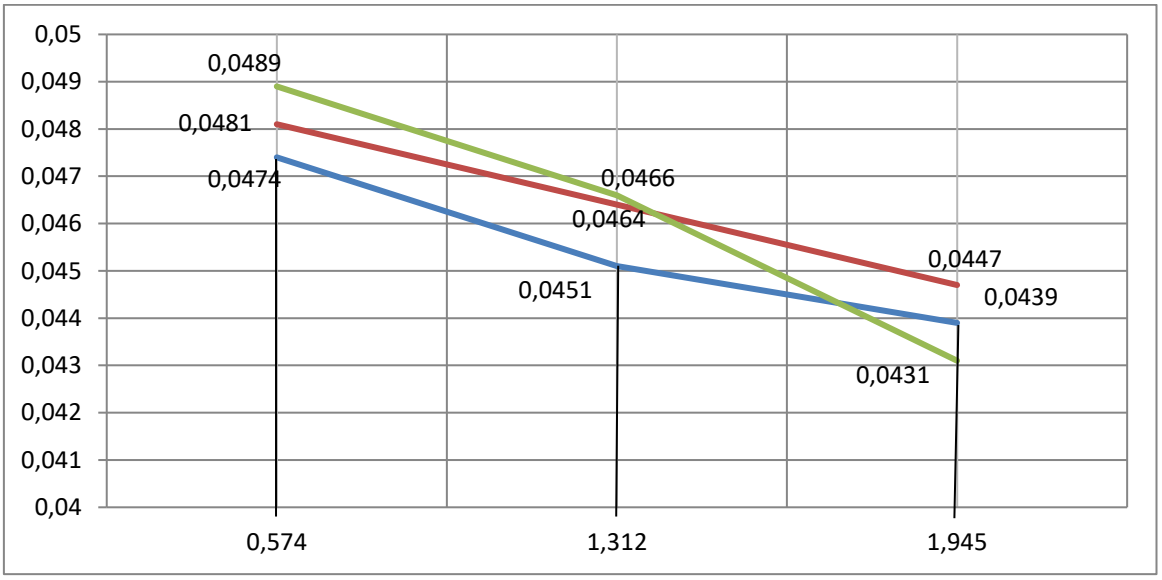
$$\sigma_m = \sqrt{\overline{m} - \rho[P_{i\text{к}} + P_{i\text{ш}}]} = 1{,}312, \qquad (4.9)$$

мұндағы $\overline{m}$ – қызмет көрсету аппараттарына келіп түсетін өтінімдердің орта мәні есептегіміз бойынша – 0,0049.

Жүйедегі өтінімдердің стандартты ауытқуы:

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_m^2 + 2\overline{m}} = \sqrt{0{,}894_c^2 + 1{,}312_m^2 + 2 \times \overline{0{,}0049}} = 1{,}945.$$

Көріп отырғанымыздай, жүйедегі өтінімдердің стандартты ауытқуы кезінде $\sigma_\text{к} \geq \sigma_\text{с} + \sigma_m$ қызмет көрсету аппараттарындағы және модельдің ауытқуының көрсеткіштерінің қосындысы салыстырмалы түрде аз екенін аңғаруға болады. Іс жүзінде, стандартты модельдеу үшін ауытқу шамасының минималды мәніне қол жеткізу керек. Ол үшін жүктеме мен өтінімдер санын азайтуды ұсынамын.



4.3 сурет – Стандартты ауытқу және оқиғалардың бас тарту ықтималдылықтарының тәуелділік графигі.

4.3-ші суреттен көріп отырғанымыздай, 3 түрлі стандартты ауытқу орта есеппен санағанда жүйеге келіп түскен оқиғалардың соңғы көрсеткіші модельдеу кезінде қолдануға ең тиімді шама болып табылады.

Талдау барысында анықталған көрсеткіштер, есептеулер көрсеткендей, стандартты ауытқу кезінде кіріс және шығыс оқиғалық ағындардың мәндеріне тәуелді екенін байқаймыз. Стандартты модельдеу кезінде арналардың жүктемесін азайту арқылы ауытқу мәнін біршама азайтуға болатынын анықтадық. Осылайша, ЖҚКЖ-дегі дискретті-оқиғалық процестерді жүйеге енгізе отырып, сыртқы ресурстардың жеңіл құрулуына, модельдеу жасай барысында қаражатты аз жұмсайға және ең басты параметр – уақытты аз жұмсауға болатындығына көз жеткіздік.

4.2 AnyLogic ортасында ЖҚКЖ-ін дискретті-оқиғалық модельдеу

Имитациялық құралдардың көпшілігі бастапқыда белгілі бір қосымшаларға арналған: өндіріс, материалды өңдеу, қаржылық модельдеу, логистикалық оңтайландыру. Пайдаланушыға кез-келген нақты өмір нысанын модельдеуге мүмкіндік беретін жалпы мақсаттағы құралдар ретінде орналасқан бірнеше платформалар бар.

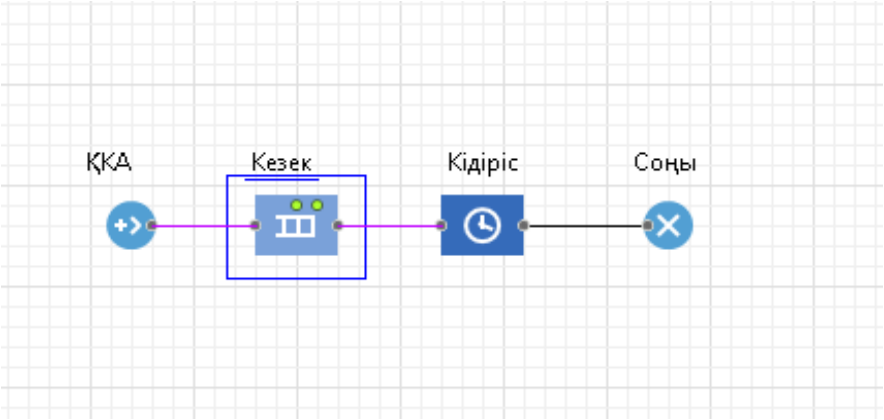
Бұл дипломдық жобада біз көптеген қолданбалы бағдарламалар үшін шешім жасап жатырмыз, сондықтан модельдеу құралын таңдаудың бірінші өлшемі - таңдалған құрал жалпы мақсаттағы құрал болуы керек. Екінші басымдық критерийі - бұл құралдың икемділігі. Үлгіленетін модельдеуге арналған кітапхананы дамыту үшін пайдаланушы кітапханаларын құру мүмкіндігі қажет. Сонымен қатар, желілік интерфейстермен күрделі элементтер блоктарын бағдарламалауға арналған функциялар мен тілдік құрылымдар жеткілікті болуы керек.

Көптеген құралдарда пайдаланушы кітапхана блоктарын әзірлеу кезінде жеңілдетілген сценарий тілімен шектеледі. Жобаның бастапқы кезеңінде біз модельдеу құралдары бойынша бұрын сипатталған екі критерийді (жалпы мақсаттағы құрал және кітапхананың икемді дамуы) зерттеу жүргіздік. Осы зерттеудің нәтижесінде біз XJ Technologies әзірлеген AnyLogic-ті таңдадық. AnyLogic Java-ға негізделген және жалпы мақсаттағы имитациялық құрал ретінде құрылған модельдеу ортасы. Құралды таңдағаннан кейін біз таратылған қосымшаларды жасауға көмектесетін қолданыстағы Java технологияларына шолу жасадық [14].

Кез-келген үлестірілген қосымшалар дегеніміз - бір-бірімен байланысатын бағдарлама компоненттерінің жиынтығы. Кез-келген жеке компонент - бұл жеке ағынмен орындалатын тәуелсіз бағдарламалық блок. Жалпы, дистрибьютерлік жүйені әзірлеу кезінде бағдарламашылар хабар алмасу үшін қолданыстағы платформалардың бірін қайта пайдаланады

Дискретті-оқиғалық жүйе моделін қарастыру барысында ЖҚКЖ-нің концепцияларын алу маңызды. Жоғарыда жүргізілген стандартты ауытқудың көрсеткіштері модельдің сыртқы ресурстарының параметрлерін анықтауға жол ашады.

Жүйеге өтінімдер уақыттық интервалмен түседі делік. Дискретті процестер кезінде ЖҚКЖ-нің негізінде тек бір қызмет көрсету аппараты бола алады. Демек, келіп түскен өтінімдер қызмет көрсету торабымен «кідірісті» туындатып, белгіленген уақыттық интервал бойынша қадағаланады. Қайта келіп түскен өтінімдер, жүйенің күйіне байланысты арналардың саны бойынша жұмыс жасамаса, қызмет көрсету аппараты өтінімді «кезек» бөліміне ауыстырады.



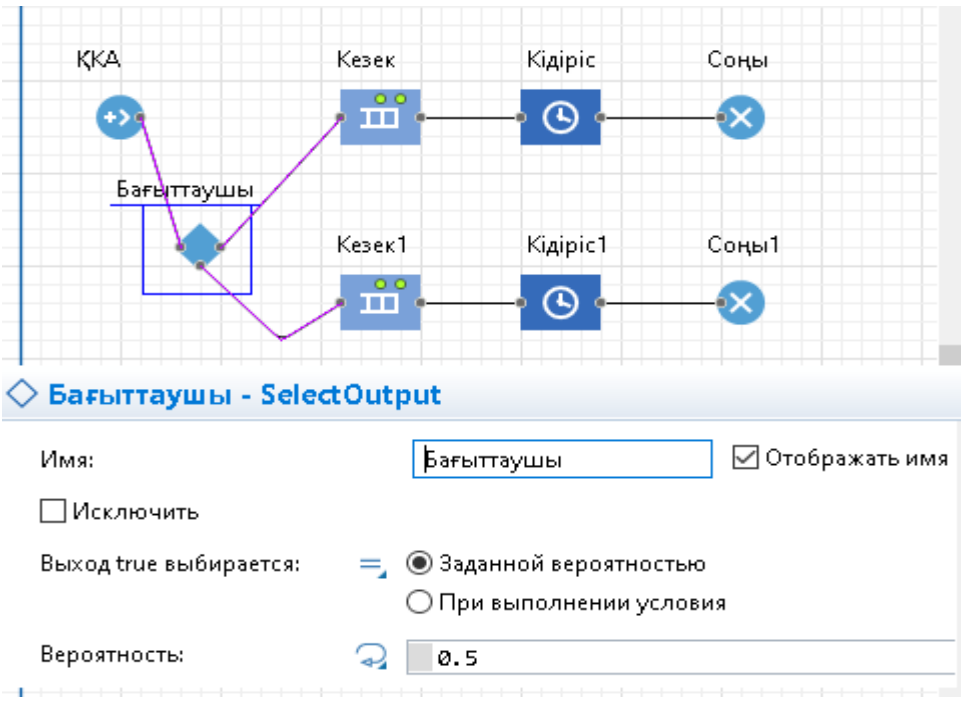
4.4 сурет – Дискретті – оқиғалық жүйе моделінде кезектің пайда болуы.

Кезекті тудырудың 4 негізгі типі қарастырылған:
- приоритет бойынша;
- агенттерді салыстыру;
- FIFO (First In, First Out);
- LIFO (Last In, First Out);

Кезектің қызмет көрсету дисциплинасын – FIFO бойынша аламыз. Сонда, оқиғалардың келіп түсу реті келесі 2 жағдай бойынша қарастырылады:
- оқиғалардың барлығына кезекте тұру уақыты тұрақты болады;
- оқиғалардың реті кездейсоқ процестер ретінде жүзеге асады;

2 жағдайда дискретті-оқиғалық модельдеу кезінде қарастырылады, демек, стохастикалық процестер негізінде оқиғалық модельдің орындалуы шарт.

Келесі кезекте жүйе моделін күрделендіру қарастырылады. Ол үшін, Select Output (Бағыттаушы) блогын жүйеге енгізіп, кезек және кідіріс блоктарын қайта құрамыз. Егер жүйедегі кезек FIFO әдісімен жүзеге асса, Select Output параметрі белгіленген ықтималдылықпен орындалады (4.4-сурет).



4.5 сурет – Бағыттаушының берілген ықтималдылықпен жүйеге қосылуы.

Дискретті-оқиғалық AnyLogic ортасында құру барысында туындайтын негізгі фактор – шын өмірдегі функциялаумен ұқсастығы. Егер, біз бағыттаушының берілген ықтималдығын 0,5 деп енгізетін болсақ, ЖҚКЖ-нің моделінде шығыс ағындардың интенсивтілігін анықтау керекпіз. Демек, жүйедегі кезектердің саны оқиғалармен шектеулі болса, бос арналар тапсырысты қабылдай алмайды.

Шығыс ағындардың интенсивтілігі:

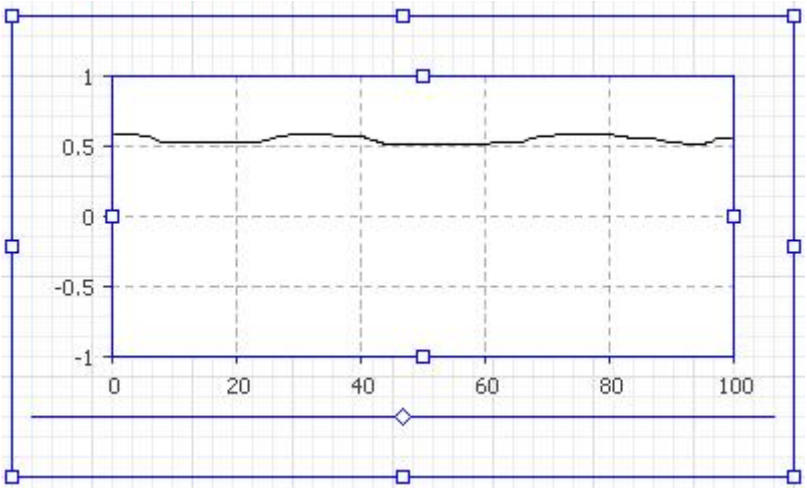
$$\lambda_0 = P_i \frac{\lambda^2}{\mu} e^{\tau(\lambda - m)}, \tag{4.10}$$

мұндағы $P_i = \begin{cases} 1 + \dfrac{\lambda}{\mu} \dfrac{e^{\tau(\lambda - m)} - \mu}{\lambda - \mu}, & \lambda \neq \mu \\ 2 + \tau\lambda, & \lambda = \mu \end{cases}$;

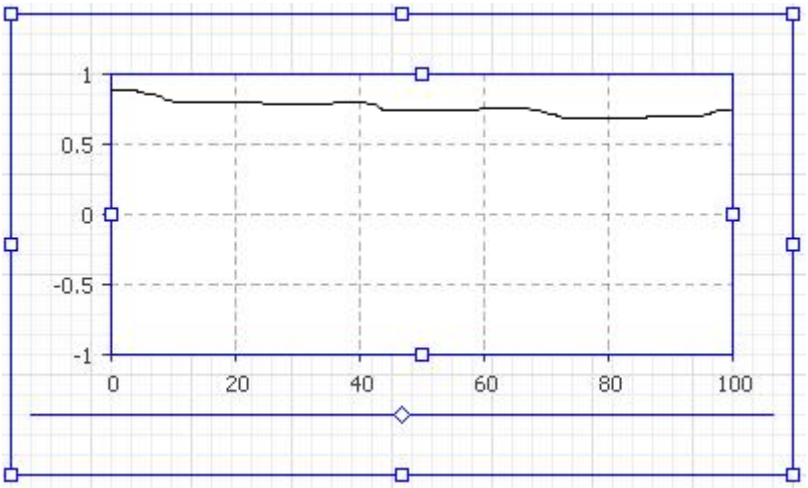
λ – кіріс ағынның интенсивтілігі;

μ – оқиға ағынының уақыт бойынша интенсивтілігі.

Екі түрлі интенсивтілік көрсеткіші бойынша дискретті-оқиғалық модельдің графикалық презентациясы құрылды.



4.6 сурет – Шығыс ағындардың өтінімдерге қатысты интенсивтілік графигі.



4.7 сурет – Кіріс ағындардың өтінімдерге қатысты интенсивтілік графигі.

Шығыс ағындардың интенсивтілігін есептеу барысында жүйелердегі өтінімдердің орташа саны есепке алынды. Сонымен қатар, оқиға ағынының уақыт бойынша интенсивтілі $\lambda \neq \mu$ шартын қанағаттандыруы тиіс.

4.6 суретте көрсетілгендей шығыс ағындардың өтінімдерге қатысты интенсивтілі 0,5-0,6 аралығында анықталды:

а) $\lambda \neq \mu$, $\lambda = 1 - \lambda_0 = 0{,}57$;

б) $\lambda = \mu$, $\lambda = 1 - \tau = 0{,}73$.

Анықталып отырған шығыс және кіріс ағындардың интенсивтілік көрсеткіштерінің орташа мәндері көрсетілді. Демек, $\lambda \neq \mu$ орындалғанын байқаймыз және талдау барысында модельдің дұрыс құрылғанына көз жеткізуге болады.

Модель күйдің айнымалылар жиынтығымен нақты өмір объектісін бей-

нелейді, мұнда әр айнымалы объектінің қасиетіне сәйкес келеді. Айнымалылар мәндерінің жиынтығы модельдік уақыттағы жүйенің белгілі бір сәттегі күйін және болашақта модельдік уақытта болуы керек жоспарланған оқиғалардың тізімін сипаттайды.

Дискретті оқиғаларды модельдеудің көп жағдайда қатарлас оқиғаларды орындау тәртібі маңызды. Егер орындау тапсырысы модель жасаушы қабылдаған тапсырыстан өзгеше болса, модельдеу нәтижелері дұрыс болмайды. Сонымен қатар, қозғалтқыш модельдеудің қайталануын қамтамасыз етуі керек. Демек, бірдей енгізіліммен орындалған нәтижелер бірдей нәтиже беруі керек. AnyLogic-тегі оқиғаларды басқару жалғыз оқиға кезегімен жүзеге асырылады. Бұл кезекте қазіргі уақыттағы, өткен немесе қазірдің өзінде өңделген оқиғалар мен болашақ оқиғалардан болатын ағымдағы оқиғалар сақталады.

AnyLogic бағдарламасы модель уақытының ағымдағы сәтіне жоспарланған оқиғалардың бірін таңдайды. Содан кейін бұл оқиға орындалады - осы оқиғаға байланысты Java командаларының тізбегі орындалады. Бұл іс-шара болашақта жаңа іс-шара туғызуы немесе жоспарланған шараның күшін жоюы мүмкін. Содан кейін қозғалтқыш модельдік уақыттың ағымдағы сәтіне жоспарланған оқиғалардан келесі оқиғаны таңдайды.

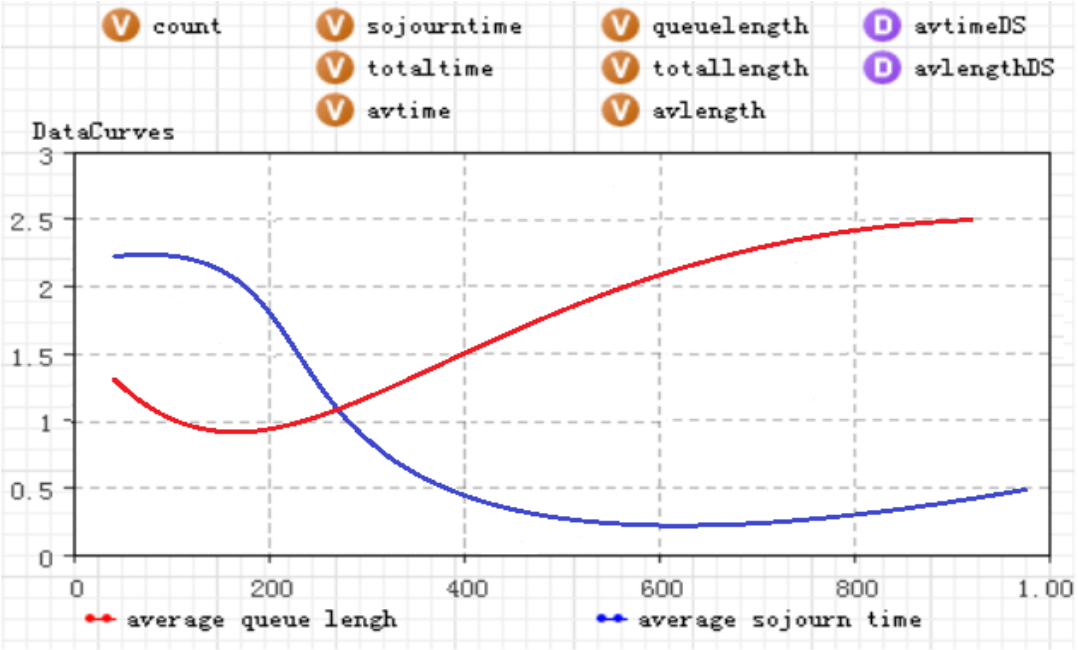
Әр түрлі ресурстары бар кезек жүйелері, соның ішінде бірінші келу қызметі, соңғы келу қызметі және кездейсоқ қызметі зерттелетін болады. Кіріс процесі мен қызмет көрсету жүйесі келесі екі жағдайға байланысты қызмет етеді:

1-жүйе кіріс процесі Пуассон ағыны және қызмет көрсету уақыты теріс экспоненциалды таралу өтінімдері арқылы жұмыс жасайды, жүйеде бір сервер сыйымдылығы бар шексіз уақыт ағынымен жүзеге асады (бұл M / M / 1 / ∞ кезек жүйесі).

2-жүйе шығыс процесі Пуассон ағыны және қызмет ету уақыты тәуелсіз, бұл G (t) ықтималдығының жалпы үлестіріміне тәуелді, ал орташа қызмет ету уақыты $0 < \frac{1}{\mu} = \int_0^\infty t dG(t)$ деп белгіленеді және жүйеде сыйымдылығы шексіз бір қызмет санауышы бар (Бұл M / G / 1 / ∞ кезек жүйесі).

Бұл модель төрт нысанды қамтиды. Ең алдымен қажеттілікке сәйкес объектілерді тудыратын - клиенттердің кезегі. Келесі кезекте дискреттелетін кезек кешіктіру объектісі – кідіріс блогы. Қалған екі нысан клиенттердің қажеттілігіне сәйкес объектілерді тудырады, бұл қызметтің аяқталуы мен клиенттің тоқтайтындығын білдіреді.

Үлгіні бастамас бұрын эксперимент уақыты мен оның өлшемдерінің ұзақтығын анықтау керек. Бұл жұмыста уақыт бірлігі сағат, ал тәжірибе уақыты 1000 сағат деп анықталған. Тепе-теңдік жағдайында жұмыс істейтін жүйені модельдеу үшін эксперимент уақытының ұзақтығы жеткілікті ұзақ болатындығына назар аударған жөн.



4.8 сурет - Anylogic негізіндегі кезек жүйесінің дискретті-оқиғалық моделінің тәуелділік графигі.

Әр түрлі кезек пәндері бар кезек жүйелерінің жұмыс тиімділігін зерттеу үшін кезек жүйелерінің түрлерін қарастырған жөн. Жоғарыда көрсетілген кезек жүйелерінің параметрлерін келесідей анықтаймыз:

1-жүйе: кіріс процесі $\lambda = 3$ параметрімен оқиғалық ағынымен және қызмет ету интенсивтілігі $\mu = 4$ параметрімен теріс экспоненциалдық мәнімен аламыз.

2-жүйе: шығыс процесі параметрі $\lambda = 4$ оқиғалық ағынымен және қызмет ету интенсивтілігі $\mu = 4$ және бұрыштық көрсеткіштері - (0,0.25,0.5) мәндеріне теңестіреміз.

Модельдегі кезек тәртібі кезектің объектісіндегі параметр болып табылатын басымдылықты қолдану арқылы орнатылады. Кезек тәртібі, егер басымдылық 0-ге орнатылған болса, онда жүйе моделі FIFO әдісі бойынша орындалады. Осылайша, кезек тәртібін приоритетті оқиға ретінде тапсырыспен қоюға болады. Кезек тәртібі кездейсоқ сан болған кезде, LIFO әдісіне көшеді.

Кезек жүйесін сипаттайтын көптеген сандық көрсеткіштер бар. Бұл жұмыста әр түрлі дисциплиналармен кезек жүйелерінің жұмысын талдау үшін орташа бөлу уақыты (БУ) және кезектің орташа ұзындығы (ОҰ) таңдалды. Модельдегі орташа болу және кезектің орташа ұзақтығының өзгеруін байқау үшін бізге мәліметтер жинау керек. Деректер жиынтығын жүктеу үшін AnyLogic бағдарламасында талдау құралы болып табылатын уақыт шкаласын қолданамыз. Содан кейін, модель жұмыс істеп тұрған кезде, екі сандық индекстің трендтерін көрсететін деректер қисықтары уақыт шкаласына мәндерін кезекпен ауыстыру қажет [15].

4.2.1 Модельдеу кезінде стохастикалық процестердің күту уақытысына әсері

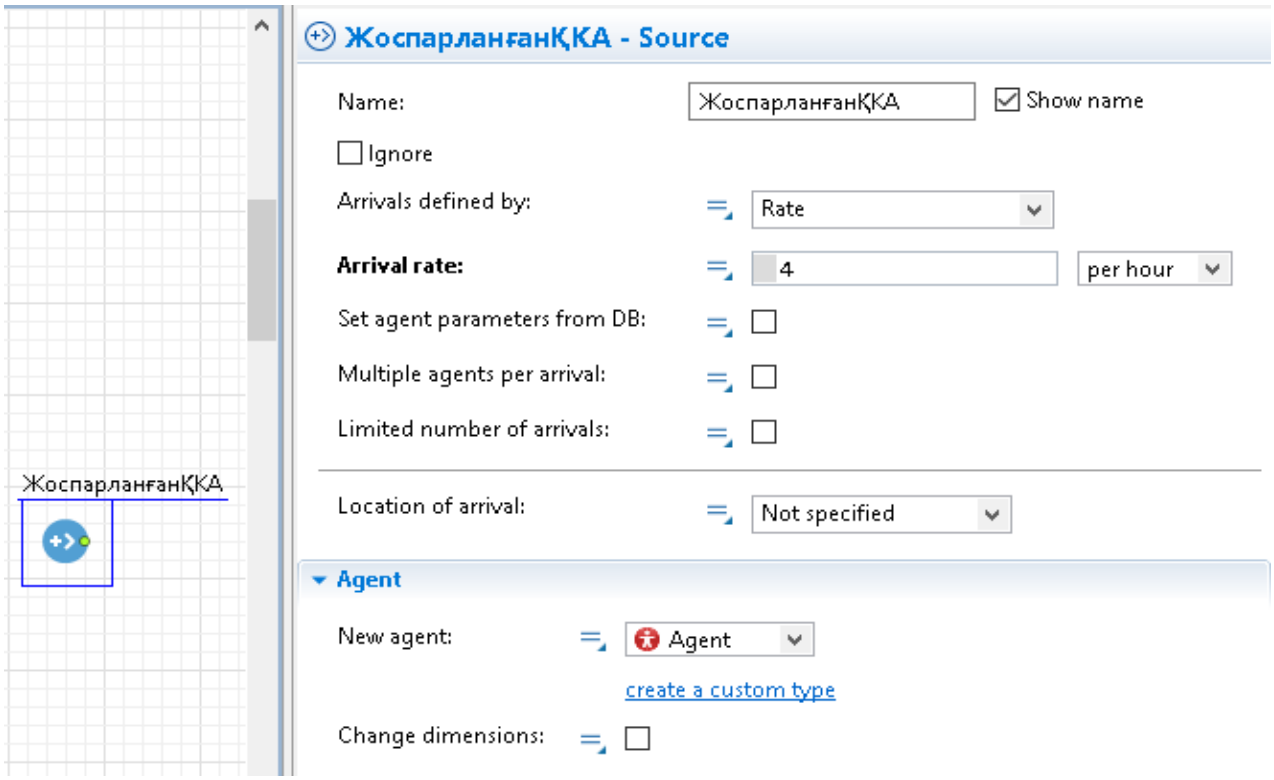
Нағыз өмір мен модельдеу ортасын салыстыра отырсақ, әлемде болып жатқан процестердің жай-күйін, мерзімін нақты анықтау мүмкін емес. Өйткені, біздің шынайы әлемнің қалыптасуы бір жағынан детермилену арқылы жасалса, екінші жағынан стохастикалық процестермен айқындалады.

Мысалы, автобус аялдамасында тұрған студенттің оқу орнына жету уақытысы алғашқы күні 15 минутты құрауы мүмкін. Келесі күні, жарты сағатта жетуі мүмкін. Сондықтан, шынайы өмірде детермилену процесінің орын алуы қалыпты жағдай.

Белгісіздік – бұл шынайы өмірдің маңызды бөлігі, сондықтан дискреттіоқиғалық модельдеу кезінде осы процесті ескеру қажет. Демек, шынайы өмірдің кез-келген жүйесін модельдеу кезінде – стохастикалық процестердің енгізілуі міндетті жағдай.

Бұл бөлімде біз – AnyLogic модельдеу ортасында стохастикалық процестердің типтерін енгізіп, дискретті-оқиғалық жүйенің күту уақытысына әсерін сипаттайтын боламыз.

Алдымен, жоспарланған қызмет көрсету аппаратын жүйе моделіне енгізіп, келесі параметрлерді орнатамыз (4.9 сурет).



4.9 сурет – Жоспарланған қызмет көрсету аппаратының негізгі параметрлері.

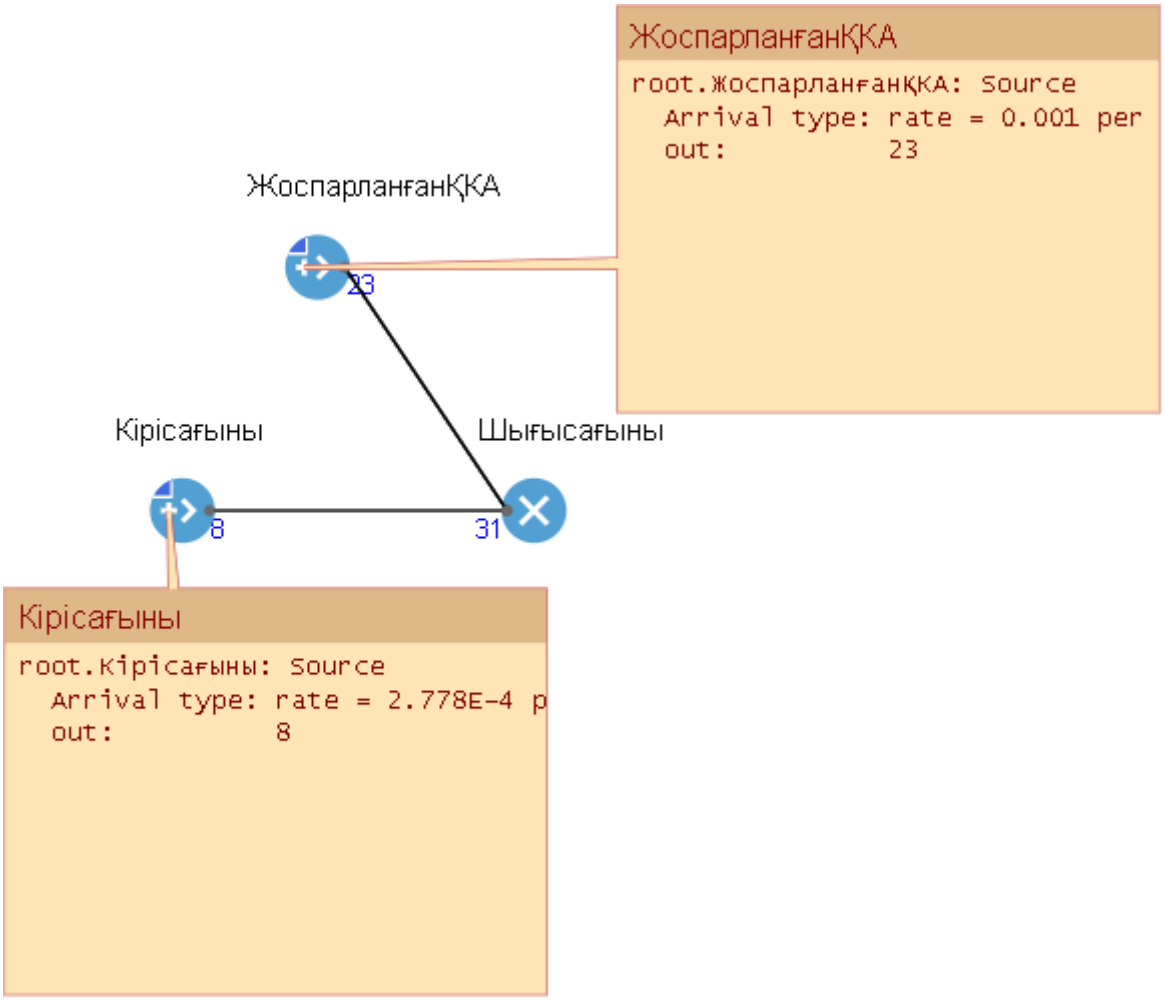
Процесс модельдеріндегі кездейсоқтықтың басқа типтік көздерін беру жылдамдығы арқылы орнатамыз. Яғни, сағатына $\mu = 4$ интенсивілікпен келіп

түсуі ықтималдылығын аламыз. Жоспарланған қызмет көрсету аппаратының орналасқан жерін (location of arrival) белгісіз мәнде қалдырамыз.

Келесі кезекте, жүйе моделіне кіріс ағынының көзін енгіземіз. Мына параметрлерді қабылдайды:

- Агенттердің келіп түсуі – уақыттық интервалмен (time interval);
- Келіп түсу ықтималдылығы – сағатына 1 оқиға (1 per hour);
- Орналасқан жері – белгісіз (not specified);

Кіріс ағынының көзі орындалуы үшін шығыс ағынының көзін орналастырамыз. Сонымен қатар, жүйе блоктарын жалғап, модельді іске қосамыз (4.2.2 сурет).



4.10 сурет – Модельдің жұмыс жасауы

4.10 суреттен көріп отырғанымыздай, жоспарланған қызмет көрсету аппаратынан және кіріс ағынан келіп түскен оқиғалар детермилену арқылы сағатына белгілі бір көрсеткішпен шығыс ағыны көзіне келіп түсуде. Яғни, self Rate жіберу коды арқылы жұмыс істеуде.

Енді, модельді күрдендіру үшін кіріс және шығыс ағындарының көздеріне кідірісті (синхрондау блогы) енгіземіз.

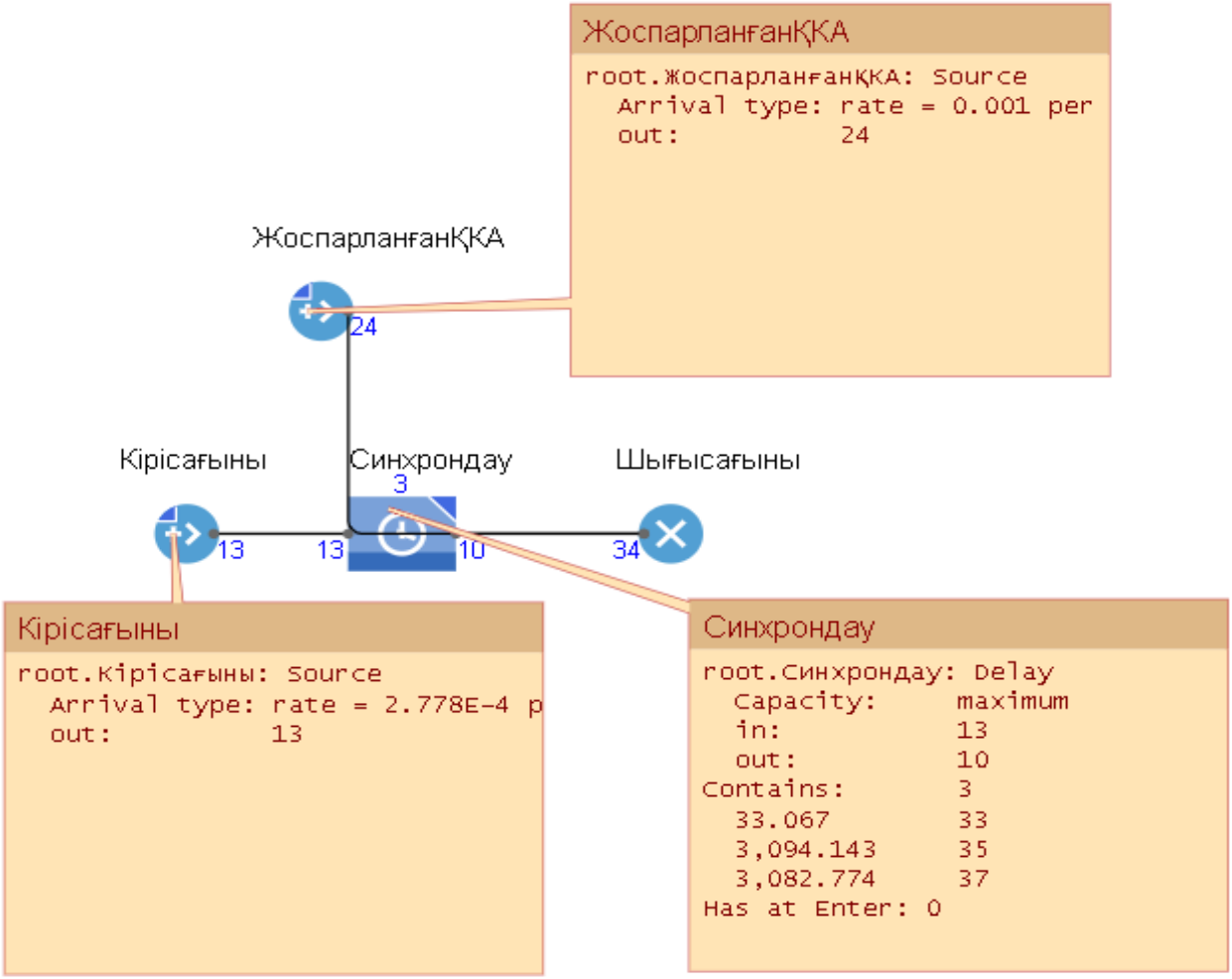
Синхрондау блогының параметрлері:

- Типі – белгіленген уақыттық өлшем;
- Кідіріс уақыты – (triangular (0.5, 1, 1.5) сағаттық көрсеткіші);
- Келіп түсу ықтималдылығы – сағатына максималды оқиға (max. per hour);

Енді, модель жұмысында оқиғалардың келіп түсуінің ықтималдылығын анықтау үшін сихрондау блогында кезекте тұрған клиенттердің орташа санын есептеу керек:

$$L_q = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} \approx 13 \qquad (4.2.1)$$

Жоспарланған қызмет көрсету аппаратын шығыс ағыны көзінен ажыратып, синхрондау блогына жалғаймыз. Демек, синхрондау блогына келіп түскен оқиғалар стохастикалық процестердің орындалуын көрсетеді (4.11 сурет).



4.11 сурет – Синхрондау блогының стохастикалық процеспен орындалуы

TimeMeasureStart, TimeMeasureEnd блоктары модельдің құрылымдық сызбасында синхрондау жүйесінің арасында өтінімдердің күту уақытысының басын және аяғын өлшейтін жұп блокты құрайды. Әдетте, олар өтінімдердің

жүйеде өткізетін уақытын немесе агенттің кейбір қосалқы процесте болу уақытын өлшеу үшін қолданылады.

TimeMeasureStart бастапқы нүктені қояды, ол агент осы блок арқылы өтетін уақытты еске түсіреді. TimeMeasureEnd оған келген әрбір агент үшін уақыт блогы мен TimeMeasureStart блогында сақталатын сәттің арасындағы айырмашылықты есептейді.

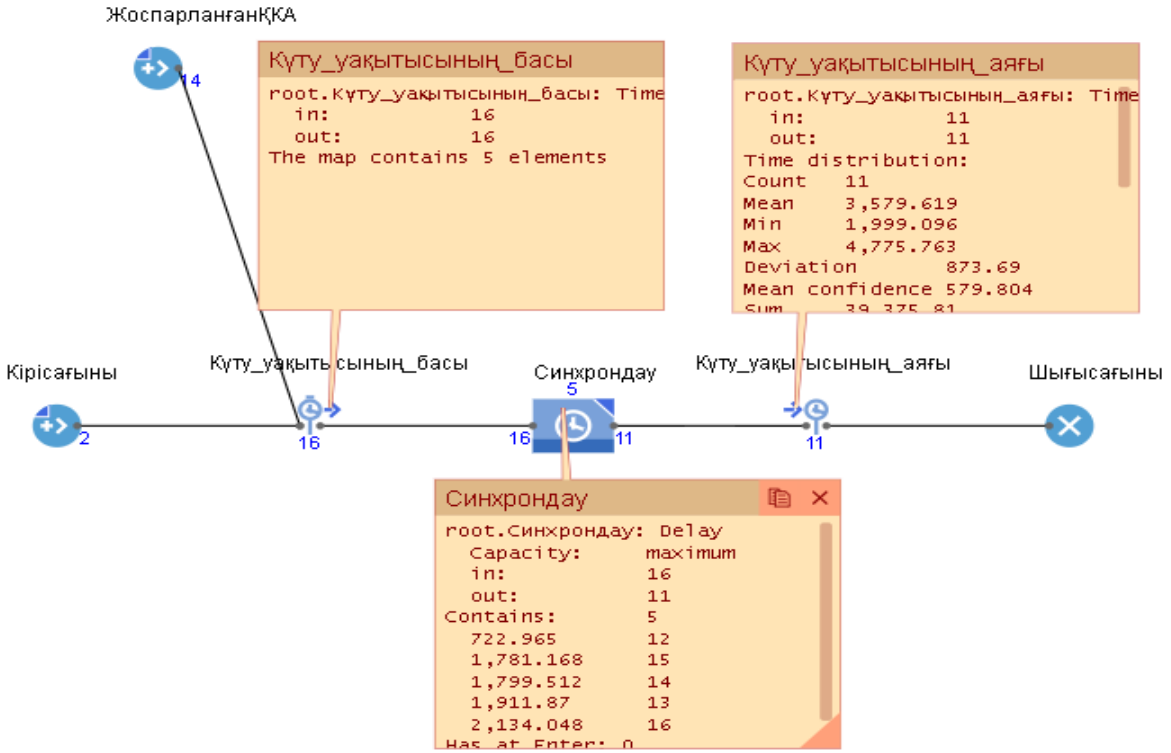
Біз осы блок арқылы өтетін барлық өтінімдердің синхрондау жүйесінен өткеннен кейін TimeMeasureEnd блогы арқылы өтетінін тексеріп, қадағалаумыз қажет.

Статистика екі блокта жинақталады - бір блокта өлшенген уақыттың таралуы есептеледі. Бұл статистиканы, атап айтқанда, гистограмма салу үшін пайдалануға болады. Екінші деректер элементі - бұл деректер жиынтығы. Оның мәндерін, мысалы, уақыт кестесінде көрсету ыңғайлы.

Барлық операция нөлдік уақыт аралығында орындалады - агент TimeMeasureEnd блогына кірген бойда, оны бірден қалдырады.

Күту уақытысының басы және аяқталуының қабылдайтын параметрлері:

- Блокқа енгізілген деректер жиынтығының сыйымдылығы - осы деректер жиынтығында сақталатын өлшенген мәндердің максималды саны;
- Әдепкі орнатылған мән: 100;
- Синхрондау блогымен байланыстыру коды: set_dataset (жаңа мән).



4.12 сурет – TimeMeasureStart және TimeMeasureEnd блоктарының статистикасы

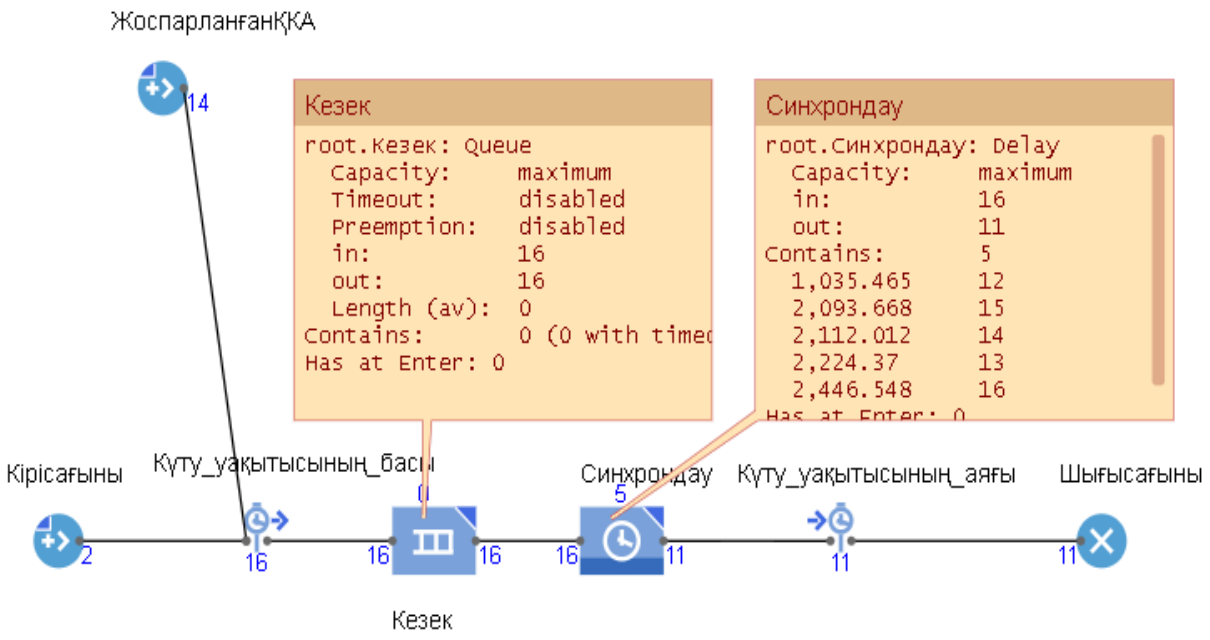
TimeMeasureStart және TimeMeasureEnd блоктарының статистикасы алынғаннан кейін, біз, синхрондау блогының алдына Queue (кезек) блогын

қоюымыз қажет.

Queue блогы - блок-схемада немесе жалпы жүйе моделінде берілгендер бойынша блоктардағы қабылдауды күткен өтінімдердің кезегін модельдейді. Қажет болса, кезекте тұрған агент үшін күтудің ең көп уақытын орнатуға болады. Сонымен қатар кез-келген позициядан агенттерді бағдарламалық түрде алуға болады.

Queue блогының параметрлері:

- Келіп түсу ықтималдылығы – сағатына максималды оқиға (max. per hour);
- Кезек тудырудың типі – FIFO (First In, First Out).



4.13 сурет – Кезек және Синхрондау блоктарының байланысы

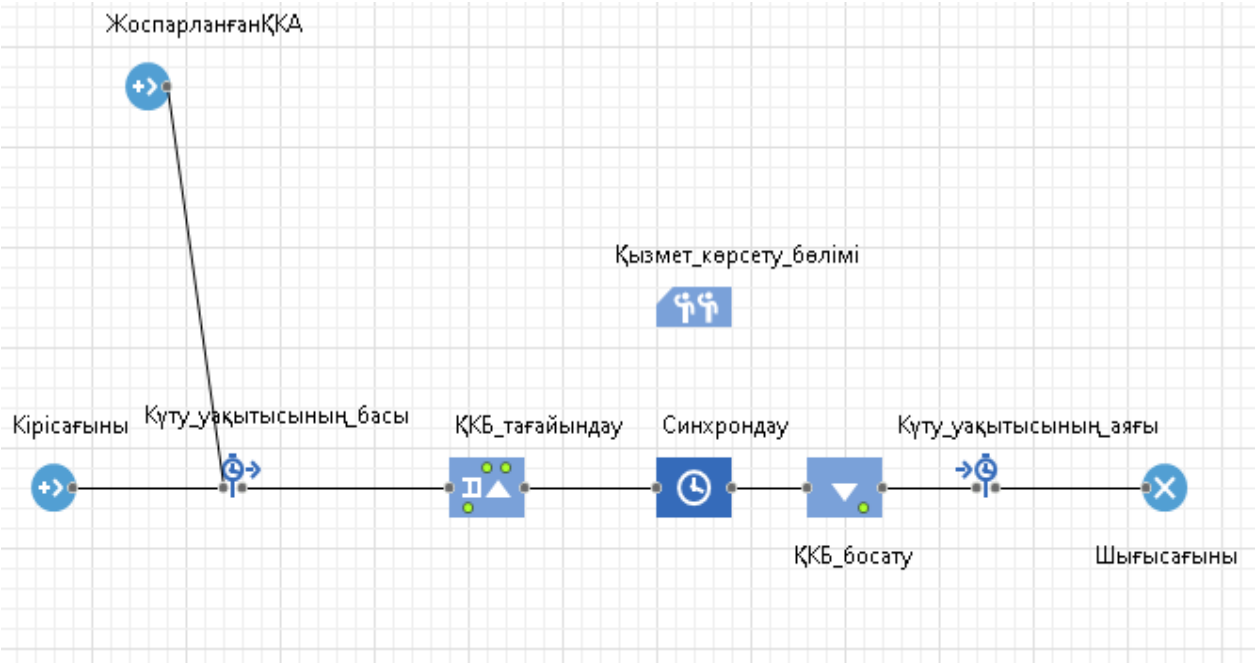
4.13-ші суреттен көріп отырғанымыздай, Queue блогының жалғасуымен timeout (үзіліс) және preemption (ескерту) функциялары жұмысын тоқтатты. Демек, Delay блогына келіп түскен өтінімдер саны үзіліссіз жалғасуда, күту уақытысын болдырмайды деген сөз. Яғни, кіріс өтінімдері кезекке белгілі бір тәртіппен орналастырылады. Өтінімнің басымдылығы нақты сақталуы немесе агент қасиеттері мен кейбір сыртқы жағдайларға сәйкес есептелуі мүмкін. Басымдық кезегі әрқашан жаңа келген өтінімді қабылдайды, оның басымдылығын есептейді және кезекке оның басымдығына сәйкес позицияға қояды. Егер кезек толы болса, жаңа агенттің келуі кезекте сақталған соңғы агентті блокты OutPreempted порт арқылы шығуға мәжбүр етеді (бірақ егер жаңа агенттің басымдығы соңғы агенттің басымдылығынан аспаса, онда бұл орнына жаңа агент алдын-ала алынады).

4.2.2 ҚКБ-нің тағайындау және босату блоктарының күту уақыты-

сына әсері

Демек, Queue блогын Seize (тағайындау) блогына ауыстырамыз және Delay блогынан кейін Release (босату) блогын орналастыру қажет.

Seize және Release блоктарының жұмысы жасау үшін, жүйе моделіне қызмет көрсету бөлімі блогын байланыстырамыз.



4.14 сурет - Seize және Release блоктарының модельге енгізілуі

Синхрондау блогымен байланысқан Seize өтінімдері келесі екі типті жолмен жұмыс жасайды:

1) барлық өтінімді бірден қамту - агент ресурстар жиынтығы толығымен қол жетімді болғанша күтеді, содан кейін ол барлық ресурстарды алады.

2) ресурстарды бір-бірлеп қамту - агент кез-келген балама жиынтықтың ресурстарын ресурстар қол жетімді болған кезде алуға тырысады. Ресурс алынған кезде, мысалы, ресурстардың қалған бөлігі алынғанға дейін және тіпті ресурстардың соңғы жиынтығы әлі белгісіз болғанға дейін (баламалары болған кезде) дайындық процесінің сызбасын бастай алады. Seize блогының келесі параметрлерін енгіземіз:

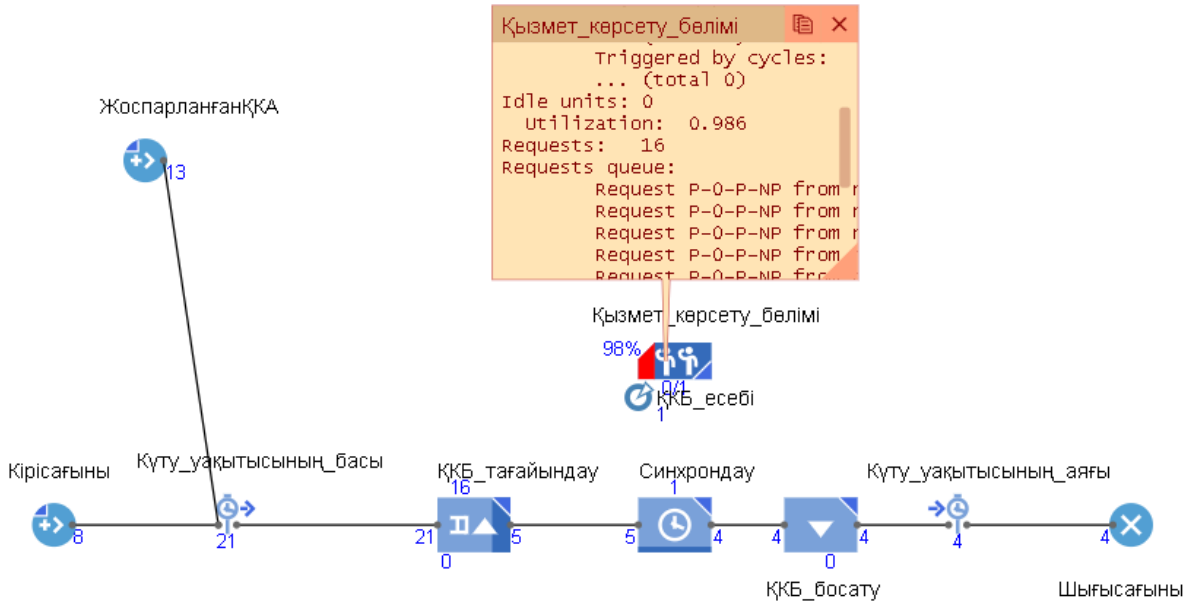
а) атауы: seizePolicy;

б) әдепкі мән: барлық өтінімді бірден қамту;

в) қол жетімді мәндер;

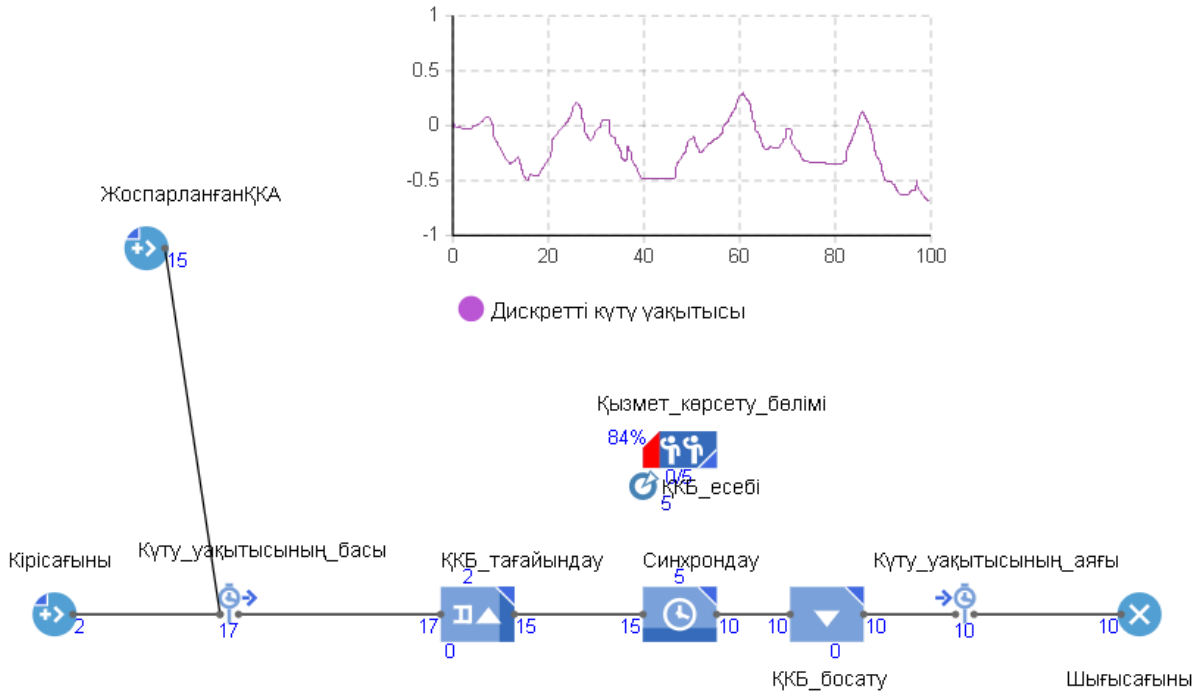
г) seize.SEIZE_WHOLE - барлық өтінімді бірден қамту.

Келесі, өтінімдерді босату үшін оларды Delay блогынан өткізу қажет. Ресурсқа тапсырманы орындағаннан кейін өтінімдердің негізгі орнына оралу арқылы немесе ResourcePool (қызмет көрсету бөлімі) портына қосылған блоктан басталатын және процессормен аяқталатын арнайы технологиялық диаграмманы қолдану арқылы әрлеу тапсырмасы берілуін қарастырамыз.



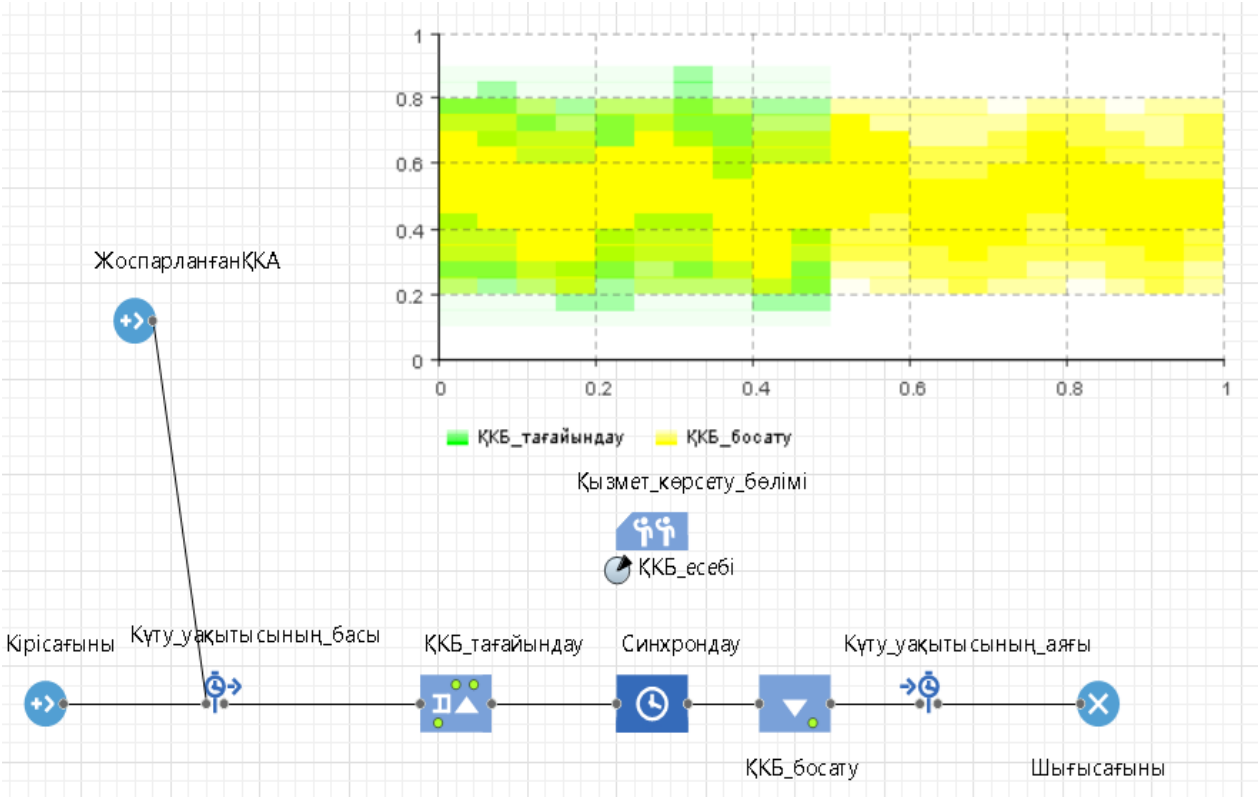
4.15 сурет – Тағайындау және босату блоктары арқылы ҚКБ-нің статистикасы.

Көріп отырғанымыздай, жүйе моделінің жұмысы барысында ResourcePool (қызмет көрсету бөлімі) блогында қызметкерлердің қолданылуы максимальды мәнге ие екенін тексеруге болады. Демек, ҚКБ-нің сыйымдылығын максимальды мәнге өзгертіп, күту уақытысының статистикасын алуымыз қажет.



4.16 сурет – Жүйе моделінің дискретті күту уақытысына қатысты қоры-

тынды графигі.



4.17 сурет – Жүйе моделінің тағайындау және босату блоктарына қатысты 2D гистограммасы.

Уақыт графигінде (4.16 сурет) модель уақытының соңғы N бірлігі кезінде бір немесе бірнеше деректер жиынтығының өзгеру динамикасы (күту уақытысы) көрсетіледі (олардың саны уақыт диапазонының қасиетімен белгіленеді). Уақыттық көрсеткіш осі әрқашан көлденең және оңға бағытталған.

4.17 суреттегі гистограмма тиісті нүктеде ықтималдық тығыздығын көрсететін түрлі-түсті тіктөртбұрыштар (ұяшықтар) немесе қосымшалар («конверттер») түрінде көрсетіледі. Яғни, ҚКБ-нің тағайындау және босату блоктарының күту уақытысына әсері минуттық өлшеммен көрсетілген. Белгіленген уақыт аралығында өтінімдердің кешіктірілгенін байқауға болады. Кідірту уақыты динамикалық түрде есептеледі, ол кездейсоқ болуы мүмкін, ағымдағы өтінімдерге немесе басқа жағдайларға байланысты.

Демек, ҚКБ-нің тағайындау және босату блоктарының сыйымдылығы динамикалық түрде өзгеріп, блоктағы агенттер саны белгілі бір уақытта блок сыйымдылығынан асып кетсе, онда синхрондау блогы әрбір осындай өтінімдерге күту уақытын аяқтауға мүмкіндік береді және жаңаларын қабылдамайды. Олардың саны блокта болғанға дейін өтінімдер блок сыйымдылығының жаңа мәнінен кем болмайды.

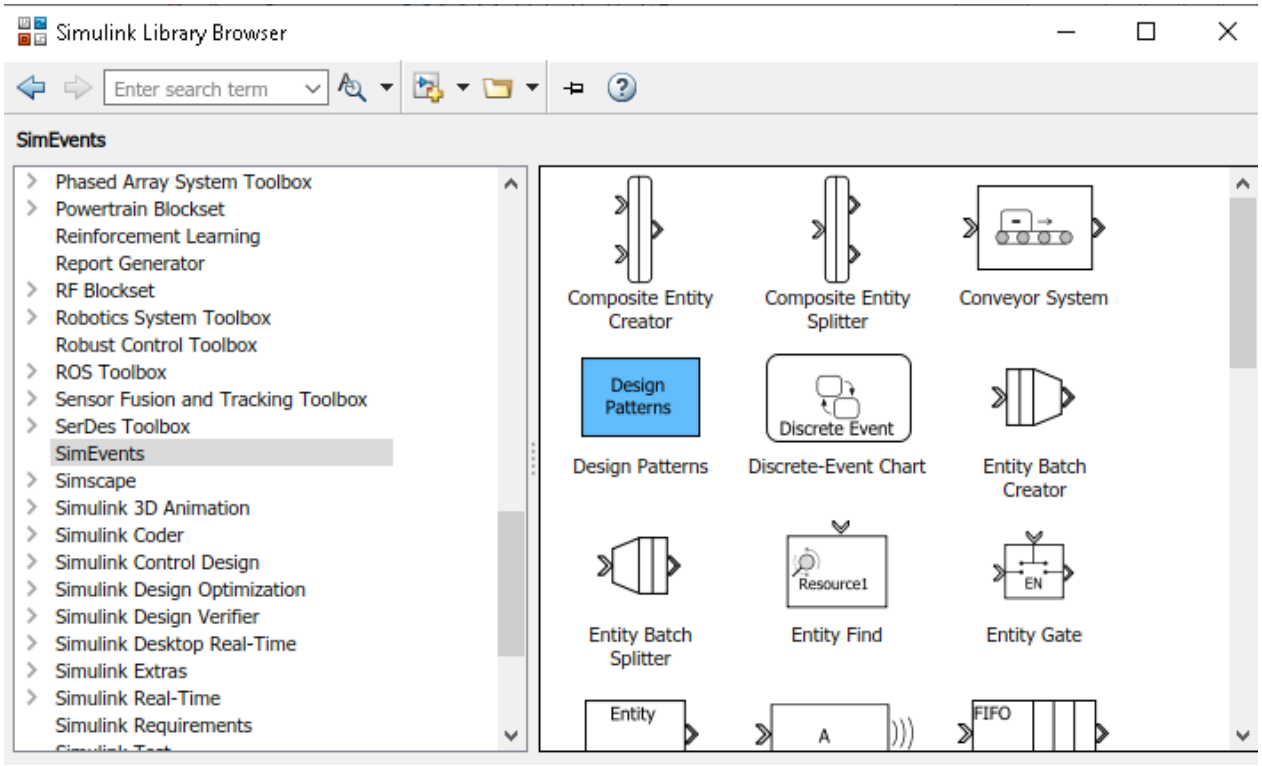
4.3 Simulink ортасында ЖҚКЖ-ін дискретті-оқиғалық модельдеу

Simulink модельдеу ортасында дискретті-оқиғалар жүйесін сипаттау қо-

сымшасы уақытқа негізделген құрылымға біріктіреді. Уақыттық интервалға негізделген жүйелерде дискретті-оқиғалық модельдеу сағатына сәйкес мәнді өзгертеді және күй жаңартулары уақытпен синхронды түрде жүзеге асады. Керісінше, дискретті оқиғаға немесе ЖҚКЖ-не негізделген жүйелерде күйдің өтуі оқиғалар деп аталатын асинхронды дискретті инциденттерге байланысты орындалады.

Simulink моделінде әдетте SimEvents блоктар кітапханасынан генераторлар, кезектер және серверлер сияқты әртүрлі блоктарды қосу арқылы дискретті-оқиғалар жүйесін құрамыз. Бұл блоктар өндірушілер мен өңдеушілер үшін жарамды, олар дискретті қызығушылық тудыратын заттардың 3 түрлі абстракциялау деңгейінде жұмыс істей алады.

SimEvents блоктары оқиғаларға негізделген жүйелік модельдерді талдауға және ЖҚКЖ-нің моделін тұрғызуға, өткізу қабілеті немесе пакеттің жоғалуы сияқты өнімділік сипаттамаларын оңтайландыруға арналған дискретті оқиғаларды модельдеу қозғалтқышы мен компоненттер кітапханасын ұсынады. Кезектер, өтінімдер, кідірістерді және басқа алдын-ала анықталған блоктар маршруттауды өңдеуді және жоспарлау мен байланыс үшін басымдықты модельдеуге мүмкіндік береді.



4.19 сурет – Оқиғалық жүйелерге негізделген SimEvents блогы

4.3.1 M/M/1 типті ЖҚКЖ-нің моделі

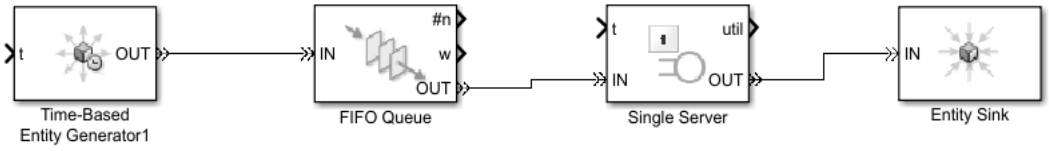
Жаппай қызмет көрсету жүйесіне арналған (Queuing System) M / M / 1 типті моделінің белгілеуі:

- M - жүйенің кіріс Пуассон ағыны бар;

- M - қызмет көрсету уақыты экспоненциалды үлестірілімге ие;
- 1 - жүйеде бір қызмет көрсететін құрылғы (сервер) болады.

Осы типтегі ЖҚКЖ-сі үшін шешімді аналитикалық түрде алуға болады, бұл SimEvents визуалды блоктар жиынтығының көмегімен жүзеге асырылатын дискретті-оқиғалық модельдің сәйкестігін тексеруге мүмкіндік береді.

M/M/1 типті жүйенің негізгі құраушы блоктары:



4.20 сурет - M/M/1 типті жүйенің негізгі құраушы блоктары

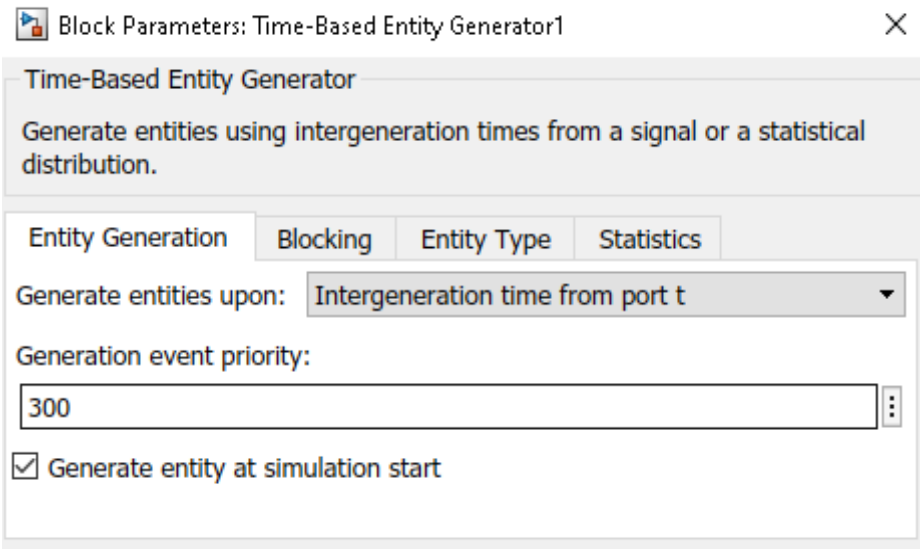
Уақытқа негізделген субъект генераторы (Time-Based Entity Generator) - жүйеге тапсырыстардың (транзакциялардың) түсуін дискретті-имитациялайды. Өтінімдердің келу уақытының таралу заңы тікелей блокта көрсетілуі арқылы жұмыс жасайды (тұрақты, экспоненциалды немесе бірыңғай) немесе сыртқы блоктарды пайдаланып құрылған (4.20 суретте көрсетілгендей) [16].

FIFO кезегі (FIFO Queue) - кейінгі қызмет көрсету жүйесіне келіп түскен өтінімдерді (операцияларды) сақтайтын (жинақтайтын) кезекті дискретті-имитациялайды. Бұл жағдайда кезектің ұзақтығы шектелмейді (сыйымдылығы = infinity).

Бірыңғай сервер (Single Server) - қызмет уақыты экспоненциалды бөлінген серверді модельдейді. Қызмет көрсету уақытын бөлу туралы абстракциялау мәні тікелей блокта немесе сыртқы блоктарды қолдану арқылы жүзеге асады. Яғни, қызмет уақыты осы диалог терезесіндегі параметрден, кіріс сигналынан немесе қызмет көрсетілетін нысанның атрибутынан есептелетінін байқауға болады.

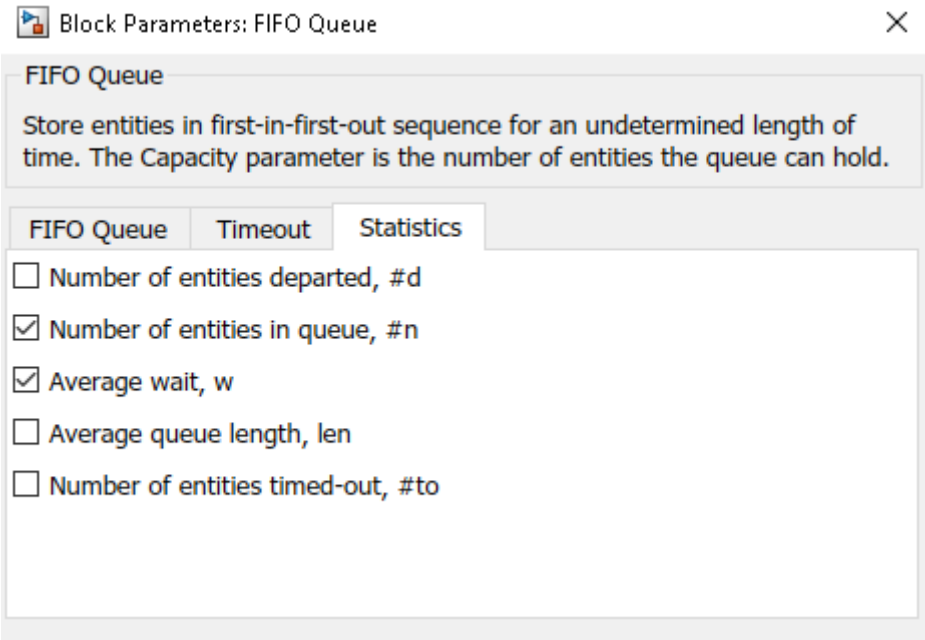
Субъектіні жою (Entity Sink) - бұл блок жүйеден шыққан өтінімдерді тоқтатады.

M/M/1 типті жүйенің негізгі құраушы блоктарының параметрлері:



4.21 сурет - Time-Based Entity Generator блогының параметрі

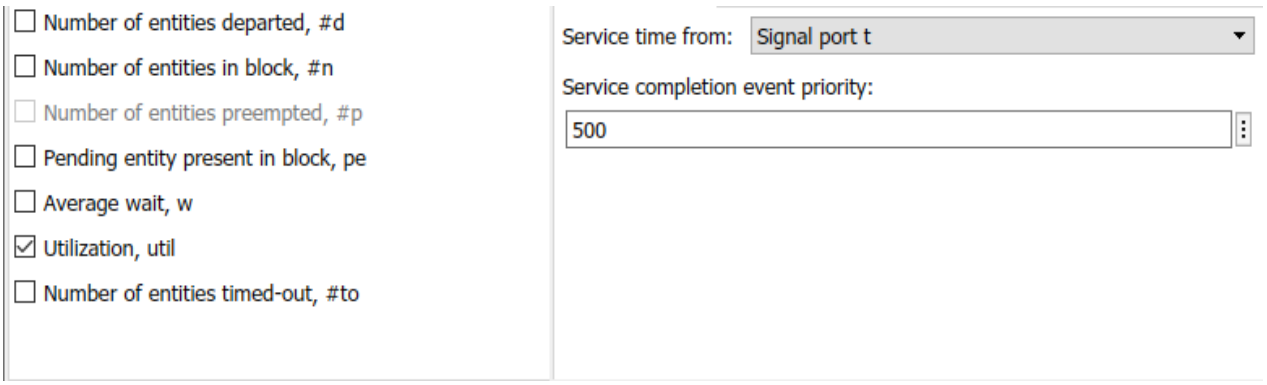
Generate entities upon параметрі блок өтінімдерін қашан құру керектігі туралы нұсқаулықты тағайындайтын генератор болып табылады. Негізгі приоритет – 300.



4.22 сурет – FIFO Queue блогының параметрі

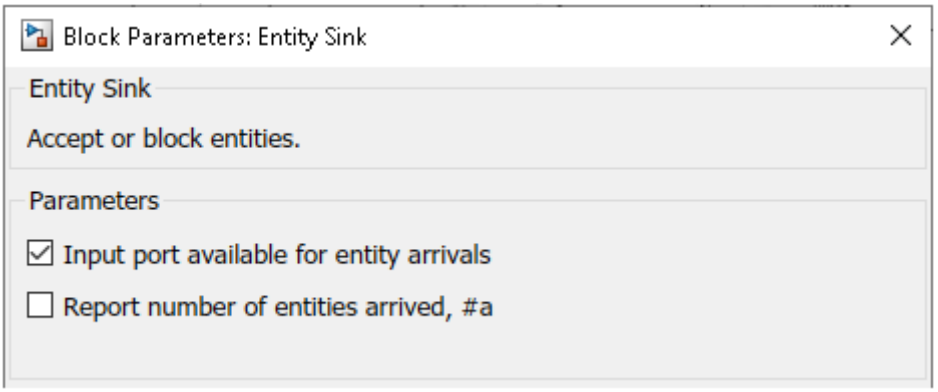
Number of entities departed – FIFO Queue блогының статистикалық мәнін кезектегі өтінімдер бойынша өзгерту қызметін атқарады (кезектегі өтінімдер саны - #n).

Average wait – кідірістің орташа күту шамасы (күту шамасы – w).



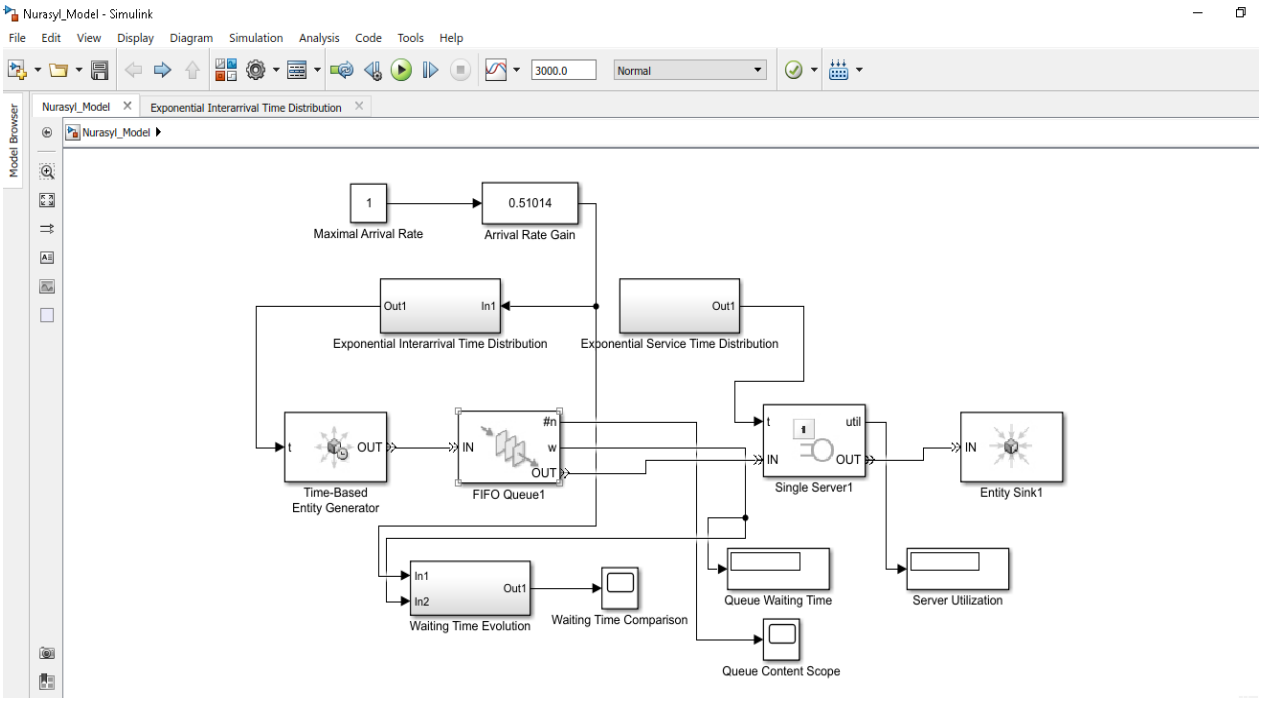
4.23 сурет - Single Server блогының параметрлері

Ағымдағы және келесі абстракциялау көрсеткіштері генерациялау оқиғалары арасындағы уақыт аралығынан туындайды. Бірыңғай сервер блогы (Single Server) ағымдық өтінімдердің шыққаннан кейін мәнді қабылдайды және блок өзінің шығыс сигналдарын жаңартады, егер бар болса. Егер біз модельдеуді бастағанда өтінімдердің мәнін t деп алсақ, онда блок сонымен қатар модельдің басында осы сигналдың мәнін қабылдайды. Бұл өтінімдер оқиғаға негізделген сигнал болуы керек. Біз бұл портты тек Субъектіні жою (Entity Sink) блогымен байланыстырсақ, кіріс өтінімдердің мәні орындалмай қалуы мүмкін.



4.24 сурет - Entity Sink блогының параметрі

Input port available for entity arrivals - блоктың кіріс өтінімдерін қабылдауға немесе босатуға арналған параметрлік көрсеткіші. Демек, Single Server және Entity Sink блоктарының байланысы белгіленген приоритет бойынша қалыптасады (оқиғаның босатылу приоритеті - 500).

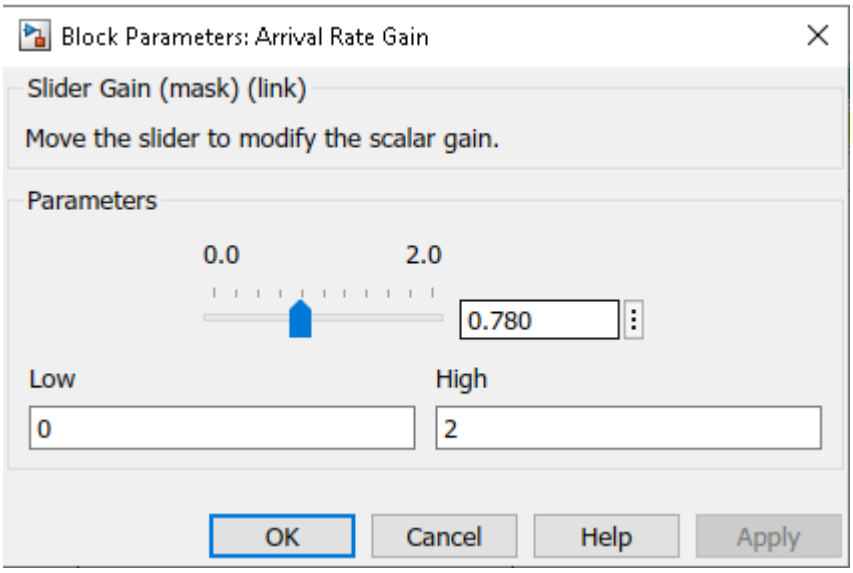


4.25 сурет - M/M/1 типті ЖҚКЖ-нің моделі

Модельге келесі компоненттер кіреді:

Constant Value: Maximal Arrival Rate - тұрақты блок нақты немесе айнымалы тұрақты мән концепцияларын шығарады. Бұл блокты өтінімдердің тұрақты кірісін қамтамасыз ету үшін пайдаланамыз. Блок скалярлық, векторлық немесе матрицалық шығуды құрайды.

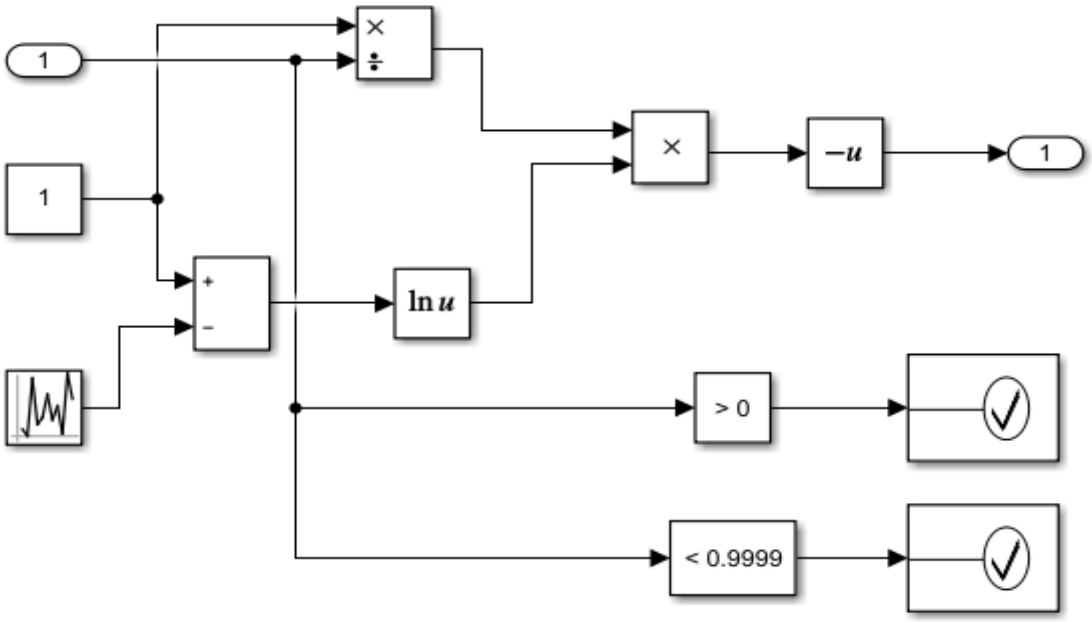
Slider Gain: Arrival Rate Gain - тапсырыс ағынының жылдамдығынның интенсивтілік λ мәнін орнатады. Slider Gain блогы біздің жағдайымызда белгіленген мәні – 0,78.



4.26 сурет - Arrival Rate Gain блогының белгіленген мәні

Exponential Interarrival Time Distribution - экспоненциалды заңға сәйкес

өтінімдердің (транзакциялардың) пайда болуы үшін кездейсоқ уақыт аралықтарын жасайтын ішкі жүйе. Тапсырыстардың Пуассон ағымын дискреттіоқиғалық параметріне тиісті көрсеткішті орнатамыз (4.27 сурет).



4.27 сурет - Экспоненциалды заңға сәйкес өтінімдердің Exponential Interarrival Time Distribution блогында құрылуы.

Өтінімдер негізінде жасалған кіші жүйе кері функция әдісін қолдана отырып экспоненциалды бөлінген уақыт аралықтарын құруды жүзеге асырады:

$$x_i = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(1 - R_i\right), \tag{4.11}$$

мұндағы, x_i – экспоненциалды өтінімдер мәні;

λ – ағынның [0, 1] диапазонындағы интенсивтілік көрсеткіші;

R_i - ағынның [0, 1] диапазонындағы стохастикалық шамасы.

Модельдің мәліметтері бойынша (4.27 сурет) тапсырыс ағынының жылдамдығынның интенсивтілік λ мәнін – 0,78 деп теңестіріп, экспоненциалды өтінімдер мәнін анықтаймыз. R_i - ағынның [0, 1] диапазонындағы стохастикалық шамасын дискретті түрде өзгертіп отырамыз:

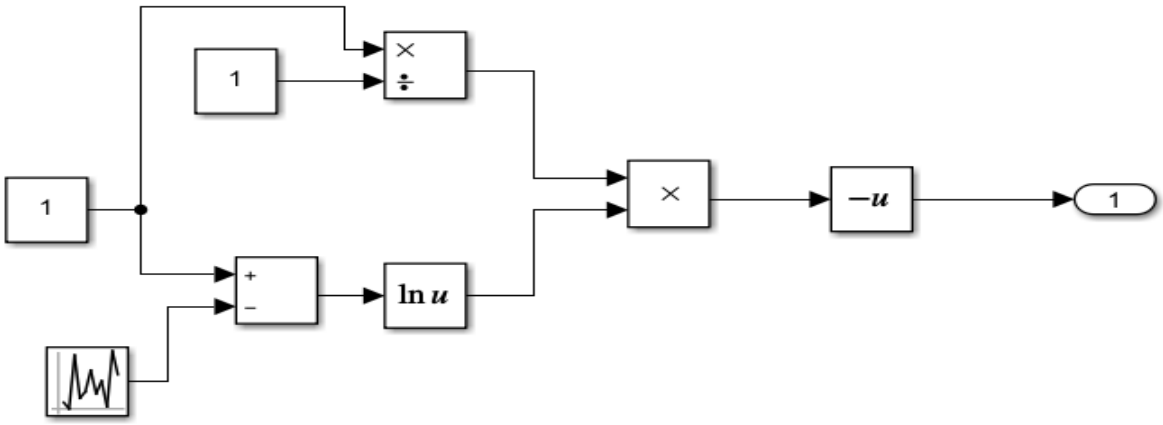
$$x_i = -\frac{1}{0{,}78}\ln(1 - 0{,}51014) = 0{,}913,$$

$$x_i = -\frac{1}{0{,}78}\ln(1 - 0{,}63024) = 1{,}273,$$

$$x_i = -\frac{1}{0{,}78}\ln(1 - 0{,}69174) = 1{,}499.$$

Көріп отырғанымыздай, ішкі жүйенің экспоненциалды өтінімдер мәні ағынның стохастикалық шамасына тәуелді болады. Кері функция әдісін қолдана отырып, M/M/1 типті ЖҚКЖ-нің экспоненциалды заңға сәйкес өтінімдердің (транзакциялардың) пайда болуы көрсеткіштерін ала аламыз.

Exponential Service Time Distribution - экспоненциалды заңға сәйкес сұранысқа қызмет көрсету үшін кездейсоқ уақыт аралықтарын жасайды. Көптеген кезек модельдерінде қызмет көрсету уақыты $\mu = \frac{1}{\lambda}$ параметрімен экспоненциалды үлестірімнен кейін жүреді деп есептеледі, мұндағы λ - қызмет көрсетудің орташа интенсивтілігі. Орта есеппен клиенттерге әр 10 минут сайын 1 қызмет көрсете алатын ЖҚКЖ-не мысал бола алады [17].



4.28 сурет - Экспоненциалды заңға сәйкес сұранысқа қызмет көрсету Exponential Service Time Distribution блогы

Exponential Service Time Distribution блогында экспоненциалды түрде бөлінген қызмет уақытының интервалын қалыптастыруды кері функция әдісі бойынша орташа қызмет көрсету уақыты μ= 1 үшін жүзеге асырады:

$$x_i = -\frac{1}{\mu}\ln\left(1 - R_i\right), \tag{4.12}$$

мұндағы x_i – экспоненциалды өтінімдер мәні;

μ – ағынның [0, 1] диапазонындағы орташа қызмет көрсету

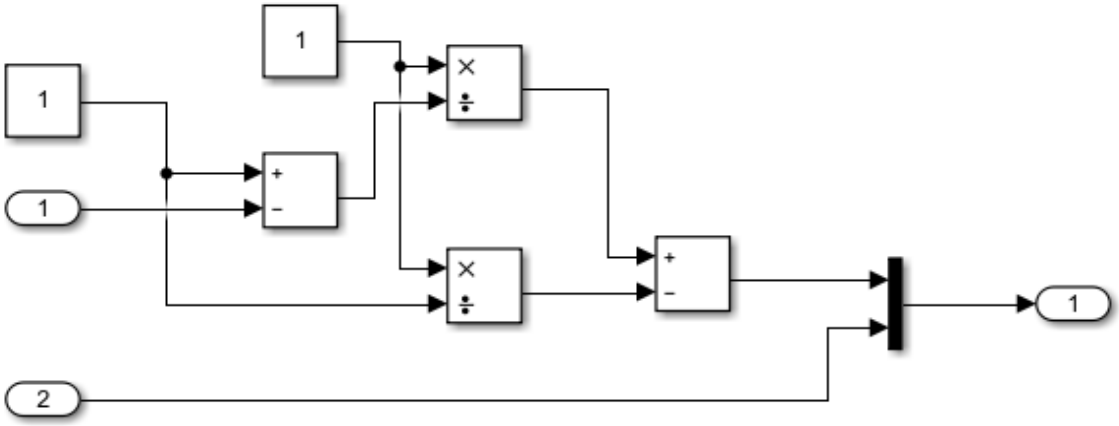
шамасы;

R_i - ағынның [0, 1] диапазонындағы стохастикалық шамасы.

4.12 формула бойынша экспоненциалды өтінімдердің көрсеткіштері:

$$x_i = -\ln(1 - 0{,}51014) = 0{,}713,$$
$$x_i = -\ln(1 - 0{,}63024) = 0{,}994,$$
$$x_i = -\ln(1 - 0{,}69174) = 1{,}174.$$

Waiting Time Evaluation - кезекте кідіріс көрсеткішінің уақыттық-теориялық мәнін есептейді.

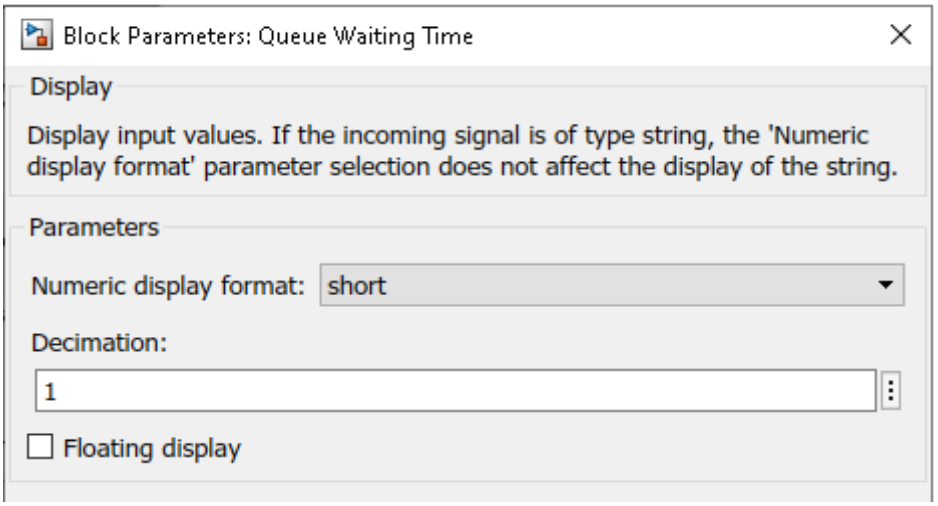


4.29 сурет - Waiting Time Evaluation блогының моделі

Кезекте кідіріс көрсеткішінің уақыттық-теориялық мәнін Waiting Time Evaluation моделінде өтінімдердің тұрақты кірісін қамтамасыз ету үшін пайдаланамыз. Модельде өтінімдердің орташа кідіріс уақыты:

$$\omega = \frac{1}{\mu - \lambda} - \frac{1}{\mu} = 0{,}971. \qquad (4.13)$$

Scope: Waiting Time Comparison – кезектің теориялық және дискреттіоқиғалық моделінің сұлбасын көрсетеді.



4.30 сурет – Модельдің берілу ұзақтығының параметрі

Scope: Queue Content - модельдеу кезінде кезектің тығыздығын (ұзындығын) көрсетеді.

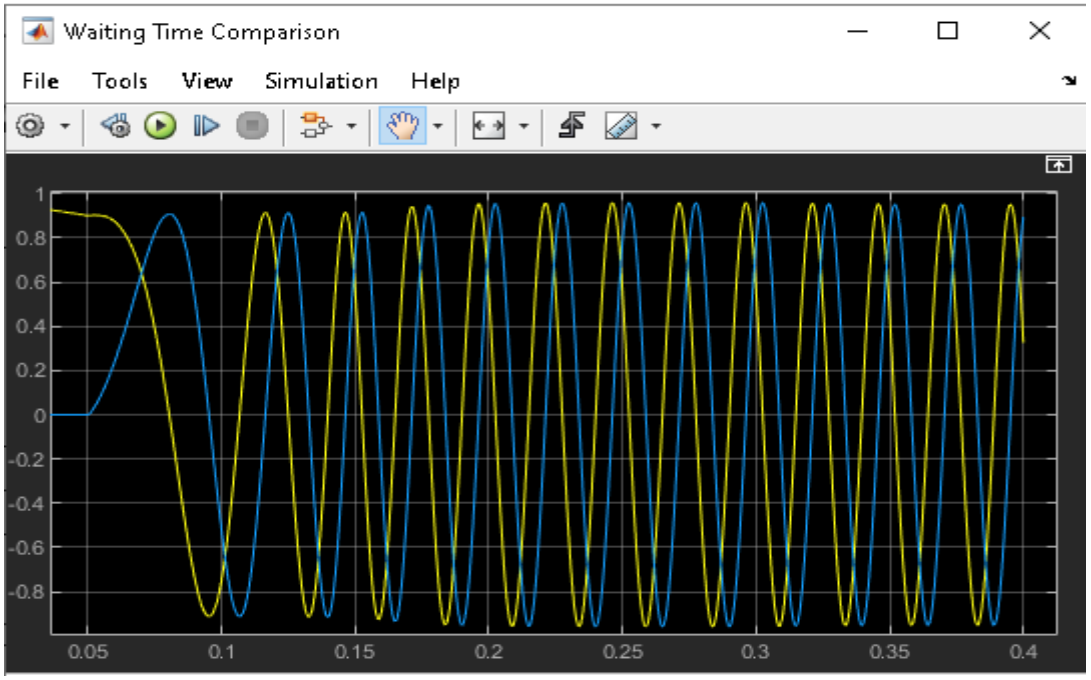
Display: Queue Waiting Time – өтінімідердің кезекте тұрған орташа уақытын көрсетеді.

Display: Server Utilization – өтінімдердің модель жүйесінде қолдану коэффициентін көрсетеді.

4.1 Кесте - M/M/1 типті жүйенің моделінің қабылдайтын параметрлері.

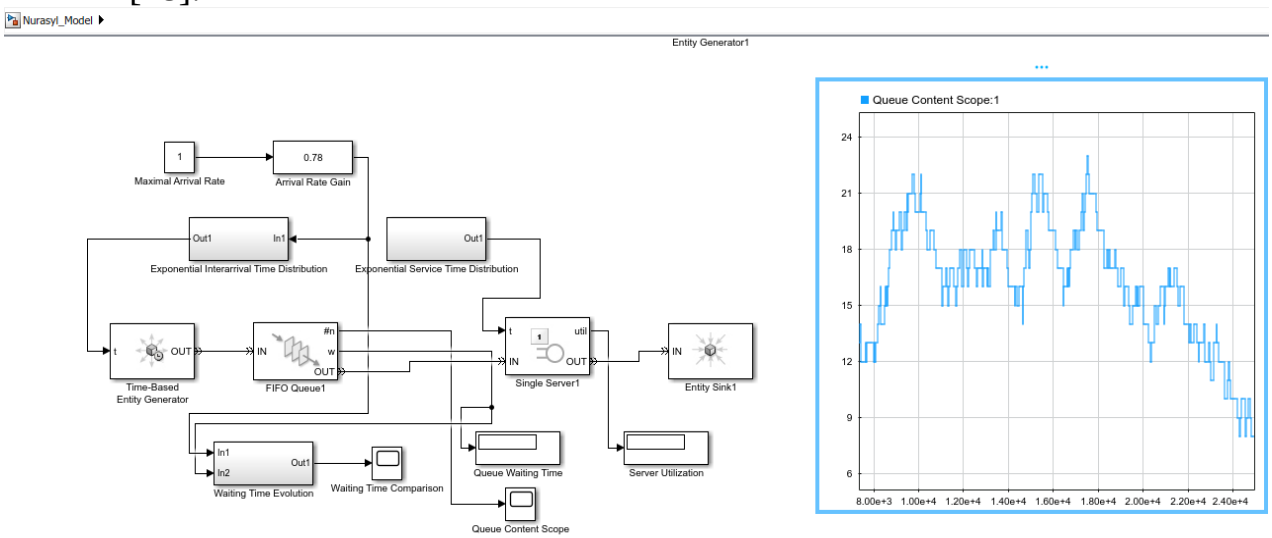
M/M/1 типті жүйенің моделінің параметрлері	
Модельдеу уақытысы	5000 модельдік уақыт;
Экспоненциалды өтінімдер мәні	[0, 1] интервалдық деңгей аралығында;
Есептік өтінімдердің орташа кідіріс уақыты	0,971;
Орташа қызмет көрсету уақыты μ= 1	μ= 1;
Arrival Rate Gain блогының белгіленген мәні	0,78;
Оқиғаның босатылу приоритеті	500;

4.31-суретте модельдік нәтижелерді кезектегі кідіріс көрсеткішінің уақыттық-теориялық мәнін (сары сызық) және есептелген нәтижелердің (көк сызық) салыстырмалы сұлбасы көрсетілген.

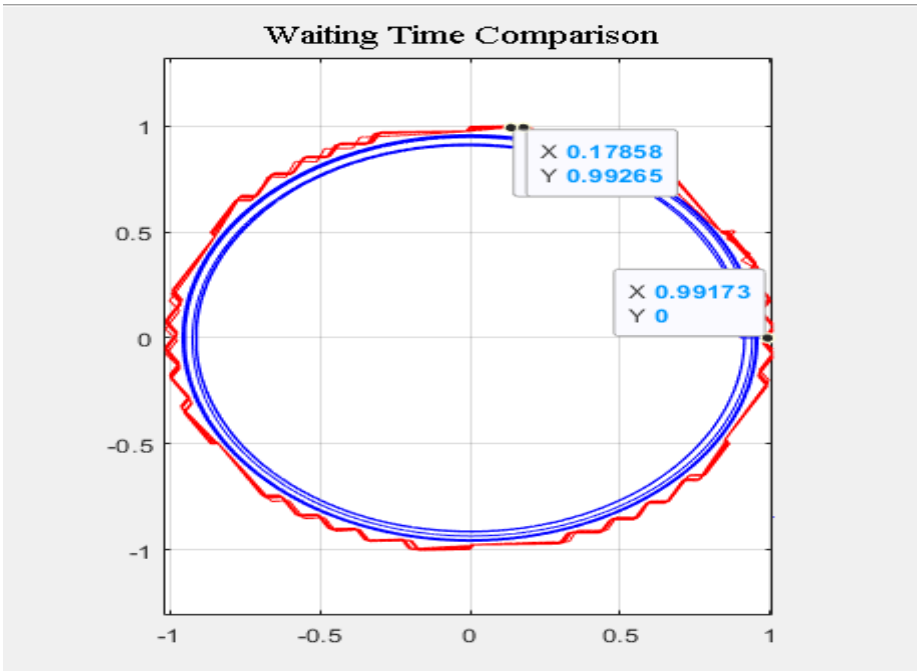


4.31 сурет - Кезекте кідіріс көрсеткішінің уақыттық-теориялық мәні

Кезекте кідіріс көрсеткішінің уақыттық-теориялық мәні модельдеу барысында ЖҚКЖ-нің лездік санын көрсетеді. Кезектің орташа уақыттағы мәні орташа мәнді бейнелейді және уақыт бойынша кезекте тұрған өтінімдер санымен байланысты болады. Бұл графиктен біз уақыттық орташа мәні рұқсат етілген 1 секундтан аспайды және кезектің монотонды түрде жоғарыламайтындығына байланысты ол шамамен 1 сағатта тұрақты күйге жетеді. Сондықтан, бұл модельдеу үлгісі толығымен тұрақты және дұрыс жасалды деп айта аламыз [18].



4.32 сурет – M/M/1 типті моделінің кезек тығыздығының (ұзындығының) диаграммасы.



4.33 сурет - Есептік өтінімдердің орташа кідіріс уақытының сфералық графигі

Есептік өлшемдер жалпы алғанда модельдің нәтижелермен сәйкес келетіндігін көреміз. Кезек тығыздығының (ұзындығының) мәндері үшін модельдің эксперимент кезегінің ұзындығы теориялық болжаммен салыстырғанда тұспа-тұс келеді. Тұрақты жүйе үшін қызмет көрсетудің орташа жылдамдығы әрдайым орташа келу жылдамдығынан жоғары болуы керек. Әйтпесе кезектер шексіздікке қарай жылдам қозғалар еді. Сонымен, есептік өтінімдердің орташа кідіріс уақыты әрқашан бірден кіші болуы керек. Бұл қағиданың орындалғаннына есептік өтінімдердің орташа кідіріс уақытының сфералық графигі арқылы көз жеткізуімізге болады (4.33 сурет).

5 Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі

5.1 Электромагниттік сәулелердің адам ағзасына әсері

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінің бірінші бөлімшесінде, дипломдық жобаның «Дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу және талдау» тақырыбына сай электромагниттік сәулелердің адам ағзасына әсері және одан қорғану шаралары қарастырылады.

Осы дипломдық жобаны әзірлеу кезінде, дискретті-оқиғалық жүйелердегі бір қызмет көрсететін құрылғы (сервер) қарастырдық, яғни, кез-келген электрқұрылғы секілді электромагниттік сәулеленуге ие болып табылады.

Электромагниттік сәулелену электрлік және магнит өрістерінің айнымалылары болып табылатын, кеңістікте таралып және өзара бірімен-бірі тығыз байланыста болатын электромагниттік өрістегі толқындардың жиынтығы. Электромагниттік өрістер дуалды табиғи ерекшеліктерге ие, сонымен қатар, толқындық және кванттық қасиеттері бар.Толқын ұзындығына байланысты гамма-сәулелену, рентген, ультракүлгін, көрінетін жарық, инфрақызыл сәуле, радиотолқындар және төмен жиілікті электромагнитті тербелістерді қарастыруға болады.

Әр елдің тұрақты дамуы адамның өмірі мен денсаулығының сапасын анықтайды, бұл қоршаған ортаның жай-күйіне, тамақ пен ауыз судың сапасына байланысты. 1995 жылы Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДСҰ) «қоршаған ортаның ғаламдық электромагниттік ластануы» деген ресми термин енгізді. ДДСҰ қоршаған ортаның ғаламдық электромагниттік ластану проблемасын адамзаттың басымдықтарының қатарына қосты. Электромагниттік өрістердің пайдаланушылардың денсаулығына зиянды әсері туралы алаңдаушылық тудырып, ДДСҰ 1996 жылы Халықаралық электромагниттік өрістер жобасын құрды. Жоба ДДСҰ-ға мүше елдерге азаматтардың денсаулығын электромагниттік өрістерден қалай қорғануға болатындығы туралы ұсыныстар білдірді.

Адам бес негізгі сезім мүшелеріне ие: көру, есту, иіс сезу, дәм сезу, сипап сезіну, бірақ бұл бес негізгі сезім мүшелері электромагниттік сәулеленуді сезіейді және бұл үлкен адам денсаулығына үлкен қауіп тудырады. Сондықтан адамдарды электромагниттік сәулеленуден қорғаудың барлық түрлері өте өзекті болып табылады.

Соңғы онжылдықта дискретті-оқиғалық жүйелердің негізіндегі технологиялардың қарқынды дамуы қоршаған ортадағы электромагниттік сәулелену фонының күрт өсуіне әкелді. Электромагниттік сәулеленудің айтарлықтай өсуі адам денсаулығына қауіп төндіретін табиғи қауіп болып табылады. Мұндай әсердің дәлелі ретінде эпидемиологиялық зерттеулер сериясын мысал келтіре аламыз, олар электромагиттік сәулеленуді тудыратын құрылғылардың белсенді қолданушыларында онкологиялық аурулардың жоғары қаупін көрсетеді. Кейбір басқа зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, ұзақ уақыт электромагниттік сәулелердің әсер етуі адам ағзасында туа біткен ауруларды тудырады. Мысалы бас ауруы, шаршағыштық, депрессия, неврологиялық ауру-

лар, жүрек-қан тамыр аурулары, құлақтың құрысуы, терінің тітіркенуі, гормоналды бұзылулар және т.б.

Дискретті-оқиғалар жүйесінің негізінде құрылған технологиялардың басым көпшілігі өте қуатты құрылғылар болып табылады. Олардың негізгі көзі - радио, теледидар және радиолокациялық станциялар, жоғары вольтты электр беру желілері, электр көлігі, трансформаторлық станциялар. Өрістің кернеуі соншалықты жоғары, оған радиолокациялық станциялардың сымдарындағы құстардың өлімі себеп бола алады.

Электромагниттік өрістің кернеуі вольттің метрге қатынасымен өлшенеді. Жоғары кернеулі электр сәулелері ең алдымен адамның жүйке жүйесіне кері әсер етеді. Осылайша, өрістің сәулесі 100 В/м шамасына жуық болса бас ауруы мен қатты шаршауды тудырады, ал жоғары кернеу ұйқысыздықты, невроздықды және ауыр ауруларға шалдықтыруы мүмкін. Радиостанциялар мен әскери радиолокациялық станциялар орналасқан аудандарда электромагниттік сәулелену деңгейі гигиеналық нормативтерден 10-12 есе, ал қуатты электр желілері маңында (5000 кВ жоғары) 25 есе асады.

5.1 сурет – Электромагниттік сәулелердің адам ағзасына әсері

Жоғарыда аталған зерттеулердің барлығында биологиялық әсерлер электромагниттік сәулелердің шығу тегі бойынша Ионизацияланбайтын Радиациядан Қорғау Жөніндегі Халықаралық Комиссия (ИРҚЖХК) бекіткен электромагниттік сәулеленудің екі түрін айта кеткен жөн:

Табиғи электромагниттік сәулелену – тірі организмдердің тіршілігіне әсер ететін негізгі фактордың бірі. Эволюция кезінде тірі организмдер табиғи электромагниттік сәулеленуге бейімделіп, технология саласындағы адамның әртүрлі іс-әрекеттерінің нәтижесінде қоршаған ортаның жалпы электромагниттік фоны өзгерді. Соңғы бірнеше жыл ішінде тірі организмге әсер ететін

электромагниттік сәулелену көзі ретінде ұялы байланыс, компьютер, спутниктік байланыс, радио және теледидарлық көрсетілімдер ерекше рөл атқарды.

Антропогенді электромагниттік сәулелену – дискретті-оқиғалық жүйелер негізінде құрылған технологиялардың әсерінен пайда болған толқындар жиынтығы. Жоғары деңгейдегі антропогенді электромагниттік сәулелену ортасында өмір сүру адам денсаулығына өте үлкен қауіп төндіреді Осыған байланысты қоршаған орта мен жоғары деңгейдегі антропогенді электромагниттік сәулеленуді шығаратын технологиялар арасында мәселелер туындайды.

Қазіргі зерттеулерге сәйкес, антропогендік электромагниттік сәулеленудің экологиялық жүйеге әсерін үш компонентке бөлуге болады: төменгі жиілікті электромагниттік сәулеленудің әсері, электромагниттік сәулелердің радиожиілік диапазонының экожүйенің компоненттеріне әсері және электромагниттік сәулеленудің экожүйедегі техногендік объектілерге әсері [19].

5.1 Кесте - ЭМС-дің әсерінен адам ағзасындағы өзгерістер [20]

Әр түрлі көрсеткіштердегі ЭМС-дің әсерінен адам ағзасындағы өзгерістер	
ЭМС көрсеткіші: 3-6 Вт/м^2	Бас аурулары
ЭМС көрсеткіші: 1-3 Вт/м^2	Терідегі қалыптасу процестерінің тоқтауы
ЭМС көрсеткіші: 0,5-1 Вт/м^2	Артериялық қысымның жоғарылап, төмен түсуі;
ЭМС көрсеткіші: 0,2-0,5 Вт/м^2	Артериялық қысымның 2-3 сағатқа төмендеуі
ЭМС көрсеткіші: 0,1-0,2 Вт/м^2	Мидың биэлектрлік белсенділігінің өзгеруі
ЭМС көрсеткіші: 0,05-0,1 Вт/м^2	Қан құрамының өзгеруі; қанның ұю қабілетінің бұзылуы
ЭМС көрсеткіші: 0,02-0,05 Вт/м^2	ЭМС-дің ұзақ әсері қанның құрамындағы лейкоциттер мен эритроциттердің мөлшерін азайтады
ЭМС көрсеткіші: 0,01-0,02 Вт/м^2	Артериялық қысымды төмендетудің айқын сипаты, жүрек соғу жылдамдығының артуы
ЭМС көрсеткіші: 0,001-0,01 Вт/м^2	Сезім мүшелерінің істен шығуы.

Электромагниттік сәулелену тек жағымсыз сипатқа ие деп айту мүмкін емес, өйткені адам Жердің электромагниттік өрісінде өмір сүреді, сонымен қатар адамды қоршаған ортасының негізі электромагниттік сәулелерден тұрады. Электромагниттік сәулеленудің белгілі бір дозасы адамға қолайлы және пайдасы бар деп айтуға болады.

Адамға және басқа тірі формаларға көптеген қауіпті әсерлері бар электромагниттік сәулелер ауруды емдеуге әсер етудің екінші жағына ие. Элек-

тромагниттік сәуленің жойғыш және қатерлі күші қоздырғыштар мен бактериялар, вирустар мен саңырауқұлақтар сияқты микроорганизмдер тудыратын ауруды жою арқылы жазылмайтын ауруларды емдеу үшін конструктивті түрде қолданыла алады. Мұнда микроағзаны жою үшін опера әншісінің резонанс принципі бойынша жоғары дауысты шарап әйнегін сындыру механизмі қолданылады.

Электромагниттік сәулеленудің ерекше жиіліктеріндегі әсерінен басқа, дыбыстық жиілік диапазонындағы кейбір жиіліктер әртүрлі дене тіндеріне әсер етеді (мысалы: тегіс бұлшықеттер, шырышты қабықтың эпителий жасушалары), әр түрлі мүшелер жүйесіне (мысалы: тыныс алу, қан айналым жүйесіне). Бұл дыбыстық диапазондағы жиіліктер тереңірек тіндерге және ағзалар жүйесіне енуді жеңілдету үшін радиожиіліктер арқылы модуляцияланады. Бірыңғай жиіліктегі қоздырғыштар бағытталған кезде қолданылғанымен, бірнеше жиіліктер ұлпалар жүйелеріне, мүшелер мен патологияларға әсер ететін ауруларға көбірек әсер ететіні анықталды. Мысалы, қатерлі ауруларды емдеу барысында ЭМС-ді 3500 Гц-ден 4000 Гц-қа дейін он беске жуық жиілігі қолданылады. Бұл жағдайда ЭМС-дің жиіліктерінің өте үлкен спектрімен ұсынылатынын ескеруіміз қажет. Тиісінше, бір жиіліктің электромагниттік сәулеленуінен пайда болатын әсерлерді басқа жиіліктің электромагниттік сәулеленуімен салыстыруға болмайды. Биологиялық әсері, оң да болуы мүмкін, теріс те немесе мүлдем өзгеше болуы мүмкін. Электромагниттік сәулеленудің пайда болуы мен таралуының физикалық механизмін анықтау бойынша соңғы зерттеулер ішінара растады.

Электромагниттік сәулелерден қорғану шараларына тоқтала кетсек, бұл дипломдық жобаның технологияларына сай бір құрылғы орналасқан қызмет көрсету аппараттарының, яғни антропогендік электромагниттік сәулеленудің әсер етуі соңғы жылдары айтарлықтай өсті. Сонымен қатар, әр түрлі денсаулық мәселелері туралы есеп беретін адамдардың саны күн санап артып келеді, ал көптеген жеке компаниялар әртүрлі «денсаулық сақтау» қызметтері мен дәлелсіз құндылықтарға негізделген өнімдерді жарнамалайды және сатады. Дискретті-оқиғалық жүйелердің негізіндегі технологиялар бойынша ЭМС, әсіресе радиожиілік немесе микротолқынды және өте төмен жиіліктегі (0-3000 Гц) құрылғылардың антенналарынан ЭМС және ЭМӨ 50-60 Гц шамасындағы электр және магниттік өрістер электр желілерінен бұрын-соңды болмаған деңгейге көтеріліп, қазіргі заманғы қоғам қолданып отырған технологиялық қосымшалардың өсіп келе жатқан сұраныстарын қанағаттандыруда.

ЭМС-ден қорғану үшін негізгі тәсілді қолдана аламыз. Яғни, ЭМС-дің төменгі және жоғары жиіліктегі көрсетулерін нормалайтын аппараттарды жатқызуға болады. Аппараттардың негізгі жұмыс істеу принципі – электромагниттік сәулелердің көрсеткішіне байланысты арттырып немесе төмендету арқылы, адам ағзасына максимальды түрде қауіпті шеттету болып табылады.

Дипломдық жобаның негізінде дискретті-оқиғалық жүйелер арқылы құрылған жаппай қызмет көрсету бөлімдерінде немесе ЭМС-дің жоғары көрсеткіші болып табылатын станцияларда уақыттық интервалды қысқарту арқылы,

біз олардың көрсеткішін анағұрлым аз мәнге жеткізе аламыз. Яғни, ЖҚКЖ-нің персоналында жұмыс жасайтын адамдар үшін өзекті мәселе деп айта аламыз.

Мысалы, жаппай қызмет көрсету орталықтарындағы M/M/1 немесе M/G/1 құрылғыларында ЭМС-дің көрсеткіші 150-200 кВ аралығында болады және бұл мәселені шешу үшін персоналдардың денсаулығына байланысты жұмыс істеу ұзақтығы қысқартылады.

ЖҚКЖ-нің персоналдары қызмет көрсету аппараттарынан қаншалықты алыс болса, соғырлым дұрыс деп есептеуге болады. Бірақ, ЭМС-ден қорғалған бөлменің өзі норма бойынша рұқсат етілген мәнінен 50-75 есе артық. Өйткені, қызмет көрсету аппаратынан бөлек, персоналдың бөлмесінде өзінің ұялы телефоны, дербес компьютері, ЭМӨ-тік дискретті-технологиялары, жоғары-төмен вольтты іске қосу аппараттары және т.б орналасады.

Бұндай жағдайда электромагниттік сәулелердің адам ағзасына минималды әсерін қамтамасыз ету үшін, әр 1 сағат сайын бөлмеден шығып, бой жаздырып, шынығу жаттығуларын жасау керек.

ЭМС-дің негізі әсер етуі оның таралу аймағындағы уақыттық интервалға тікелей байланысты болғанымен, тағы бір айта кететін жайыт ол – ЭМС-дің көзі болып табылатын құрылғылардан нормаланған дистанцияны минимализациялау және сақтау дұрыс шешім болып табылады.

Қызмет көрсету аппараттарымен жұмыс кезінде адамның арақашықтығы 50-70 см-ді құрау қажет. Бұл ұйғарым басқа да дискретті-оқиғалық жүйе негізіндегі технологияларға байланысты.

Дипломдық жобаның тақырыбына сай жұмыс орындарында кеңінен қолданылатын - катодты сәулелену түтіктерін қолданатын терминалдарда ауыспалы электр сәулелерінің көбеюіне ықпал ететін үш түрлі процесс бар:

- электр желісінің кернеуі мен электр желісіне қосылуға арналған элементтерден пайда болатын сәулелену. Мұндай шығарындылардың басым жиілігі желімен сәйкес келеді және Қазақстанда 50 Гц шамасын құрайды. Импульстік типтегі қуат көзі қолданылған жағдайда жиілігі 20-дан 100 кГц-қа дейінгі сәулелену пайда болуы мүмкін;

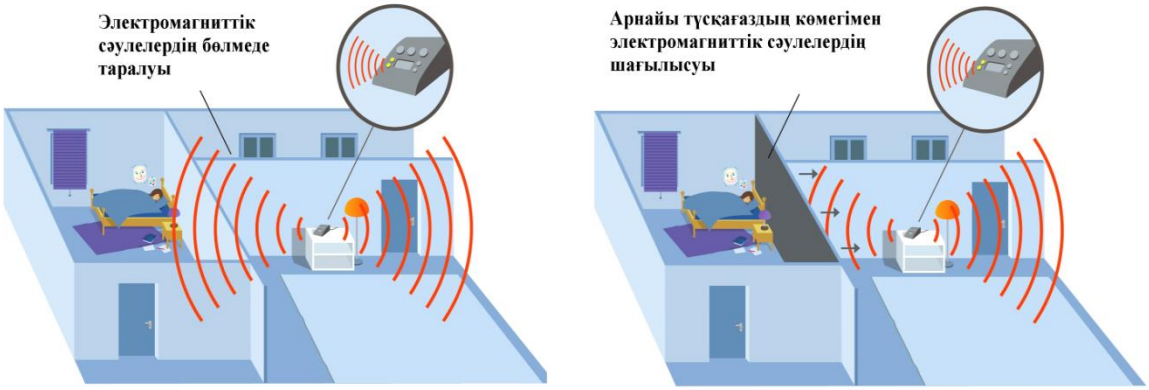
- катодты-сәулелік түтіктегі электронды сәуленің тік қозғалысын басқаруға арналған тізбектер, экранның жиілігін қалпына келтіру тізбегімен бірге 50 Гц-тен 2 кГц-ке дейінгі жиілік диапазонында айнымалы шығарындыларды арттыра алады. Электронды сәуленің көлденеңінен ауытқуына арналған кернеудің әсерінен және экрандағы жекелеген сызықтарды немесе таңбаларды сканерлеу нәтижесінде айнымалы сәулеленудің қарқындылығы 2-ден 400 кГц-ке дейін артуы мүмкін ;

- коммутациялық қуат көзі 10-дан 500 кГц-ке дейінгі жиіліктердегі электромагниттік сәулеленудің жалпы деңгейіне айтарлықтай ықпал етеді. Ондағы жоғары жиілікті электромагниттік сәулеленудің пайда болу себебі негізгі элементтердің - магистральдар мен шығыс түзеткіштердің диодтары мен импульстік түрлендіргіштің транзисторының жұмысынан туындаған коммутация процестері болып табылады. Электр желісінің түзеткішінен шығатын сәулеле-

ну деңгейі көбіне қолданылатын диодтардың инерциялық қасиеттерімен анықталады.

Өндірістік орындарда, офис және үй-жайларда электр желісіне қосылған, бірақ активті қолданылмайтын электр құрылғылары бар. Мұндай электр құрылғыларына ұялы телефонның зарядтағыштары, аудио және бейне жабдықтары, теледидарлар және басқалары жатады. Бұл электр құрылғыларын өшіру электромагниттік сәулелену деңгейін және сәйкесінше оның теріс әсер ету дәрежесін айтарлықтай төмендетеді. Сонымен қатар, электр құрылғыларын өшіру тұтынылатын электр энергиясының жалпы көлемін азайтуға мүмкіндік береді.

Үй жағдайында электрмагнитті сәулелерден қорғану үшін арнайы ЭМС-ге төтеп беретін түсқағаздар қолдануға болады. Арнайы материалдардан жасалған қорғаныш қасиеттері бар және олардың құрамындағы металл элементтерінің өткізгіштігіне негізделген (6.2 сурет). Түсқағаз электромагнитті сәулелерді жұтып алып, өз құрамында еркін тасымалдаушылардың (еркін қозғалатын зарядталған бөлшектердің) болуына байланысты электромагниттік сәулелерді шағылыстырады.



5.2 сурет – Арнайы түсқағаздың көмегімен ЭМС-ден қорғану

5.2 Найзағай түсуден қорғану үшін жүргізілетін есептеулер

Дипломдық жобаны іске асыру барысында дискретті-оқиғалық жүйелердің негізгі ЖҚКЖ-нің орналасу аймағы болып табылатын заманауи ғимараттар мен құрылыстар, сондай-ақ өндірістік нысандар мен офистер, банк орталықтары немесе халыққа қызмет көрсету центрлері найзағай түсуден зақымдану қауіпі жоғары аймақтар болып табылады. Өйткені, қызмет көрсету орталықтарының офистерінде немесе құрылыстарында электрлік құрылғылар, технологиялар және кабельдер өте көп мөлшерде болады. Яғни, найғазай түсу кезінде бұл орындар адам өміріне үлкен қауіп төндіретін фактор деп айта аламыз. Бұндай орындарды найзағайдан қорғау кезінде, тек найзағай соққысының салдарын қарастырып қана қоймай, сонымен қатар, бірнеше факторларға назар аударғанымыз жөн. Найзағайдың тікелей соғылуы нәтижесінде болатын

қауіптер:

- жүйе құрылысының және оның бөлшктерінің бүлінуі;
- электр құрылғыларының істен шығуы;
- құрылыс немесе ғимараттың сыртқы және ішкі бөлігіндегі адам өміріне қауіп төнуі;

Сондықтан, дипломдық жобаның өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінің екінші бөлімшесінде дискретті-оқиғалық жүйелердің құрылыстық сипаттамасына өте үлкен қауіп төндіретін найзағайдан қорғану үшін есептеулер жүргіземіз.

«Найзағайдан қорғауды орнату бойынша ғимараттар мен құрылыстар құрылымы» негізінде біздің объектік нысан III санатқа жатады. Өйткені, қызмет көрсету орталықтары жарылғыш ортамен салыстырғанда салдары аз материалдық зиян келтіру объектісіне жатады.

Найзағайдың орташа жылдық ұзақтығы Қазақстанның метеокартасы бойынша анықталды. Белгіленге қалаға қатысты найзағай үдемелігі жылына 20-40 сағатқа тең таңдалды. Яғни, найзағайдың тығыздық үлесі n жылдық сағатқа байланысты анықталады:

Найзағайдың орташа жылдық ұзақтығы сағ.	n жерге найзағай түсу тығыздығының үлесі, I/км2
10 - 20	1
20 - 40	2
40 - 60	4
60 - 80	5,5
80 - 100	7
100 және артық	8,5

5.3 сурет – Найзағай түсу тығыздығының мөлшері

Қорғаныспен жабдықталмаған ғимараттың жылына найзағай түсу санын N анықтаймыз:

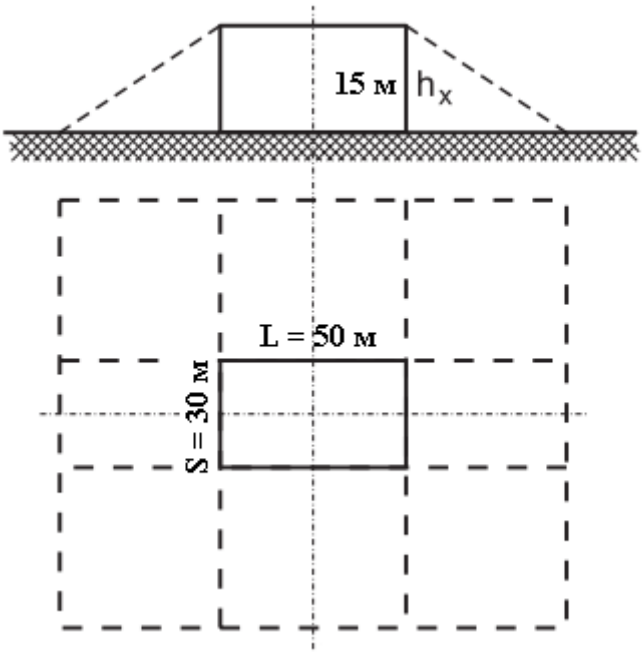
$$N = (S + 6 \times h) \times (L + 6 \times h) \times n \times 10^{-6}, \qquad (5.2)$$

мұндағы S – қорғау ғимаратының жалпы ені, м;

h – ғимараттың жалпы биіктігі, м;

L – қорғау ғимаратының жалпы ұзындығы, м.

Қорғау ғимаратының негізгі өлшем параметрлері:



5.4 сурет – Ғимараттың өлшем параметлері

$$N = (20 + 6 \cdot 15) \cdot (50 + 6 \cdot 15) \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0{,}3.$$

Алынған есептеу негізінде біз қорғаныс ғимаратының түрін анықтаймыз. Қорғаныс ғимаратының типі мен құрылыстардың найзағай түсуінің күтілетін жылдық шамасына байланысты таңдалады (N). Егер N > 1 болса, қорғаныс ғимаратының түрі А (бұл жағдайда қорғау сенімділік дәрежесі кемінде 99,5% құрайды). N ≤ 1 кезінде В типті қорғаныс ғимараты қабылданады (бұл қорғаудың сенімділік деңгейі 95% және одан жоғары). Есептеу нәтижесі бойынша N ≤ 0,3 болғандықтан, ғимарат В типі қорғаныс аймағын құраайды. Яғни, бұл типке жататын ғимараттар мен құрылыстар жер асты-үсті көп дәрежелі потенциалдардан қорғалу қажет [21].

Найзағайдың тікелей соққысы - бұл найзағай түрлерінің ішіндегі ғимараттар мен құрылыстарға зақым келтіру жағынан ең қауіптісі болып табылады. Ұзақ мерзімді бақылаулар мен мәліметтер найзағай түсіру кезінде өрттің және қиратудың басым көпшілігінің тікелей найзағай түсуінен болатындығын көрсетеді.

Найзағай ғимаратқа немесе құрылыстарға тікелей түсуі үлкен қауіп болғандықтан, найзағайдан сенімді қорғанысты қамтамасыз ететін жай тартқыштар қолданылады. Өз кезегінде, бұл құрылғылардың жұмысы өте қарапайым: тұйықталған металл арқылы найзағай соққысын өзіне тартып алу.

Дипломдық жобаға байланысты дискретті-оқиғалық жүйелердегі ЖҚКЖ-нің ғимараттары экспуатациялық жоғарғы сенімділікті қажет еткендіктен, біз бірлік тросты жай тартқышты қолданамыз. Сонымен қатар, тросты жай тартқышты таңдауымыздың себебі ЖҚКЖ-нің ғимаратарын тікелей найзағай түсуден қорғау үшін жай тартқыштардың басқа түрлері аз аумақты қамтиты-

ны негіз болды.

Бірлік тросты жай тартқыштың қорғау аймағымен, оның негізгі өлшемдері келесі формула бойынша есептеледі:

В типті қорғаныс аймағы үшін қорғау құрылысының биіктігі:

$$h_0 = 0,92 \times h, \tag{5.3}$$

мұндағы h – мачталық құрылыстың жай тартқышпен бірге жерден биіктігі, h=max{h_1,h_2}=25 м (бірлік тросты жай тартқыштың биіктігі құрылыс биіктігінен артық болуы шарт);

h_1 – құрылыстың биіктігі, 15 м;

h_2 – жай тартқыштың биіктігі, 25 м.

Жер деңгейіндегі қорғау аймағының радиусы, м:

$$r_0 = 1,7 \times h. \tag{5.4}$$

Жер үсті деңгейіндегі қорғау аймағының радиусы, м:

$$r_x = 1,7\left(\frac{H - h_x}{0,92}\right). \tag{5.5}$$

мұндағы, h_x = жер үсті қорғау құрылысының биіктігі 15м-ге тең.

5.3 формула бойынша h_0 мәні:

$$h_0 = 0,92 \times 25 = 23 м.$$

5.4 формула бойынша жер деңгейіндегі қорғау аймағының радиусын есептейміз:

$$r_0 = 1,7 \times 25 = 42,5 м.$$

5.5 формула бойынша жер үсті деңгейіндегі қорғау аймағының радиусы:

$$r_x = 1,7\left(\frac{25 - 15}{0,92}\right) = 18,5 м.$$

Есептеу жүргізу кезінде, ескере кететін жағдай – жер деңгейіндегі қорғау аймағының радиусы арқылы тіректердің қорғау аймағының енін анықтауға болады. Шарт бойынша, тіректердің қорғау аймағының ені жер үсті деңгейіндегі қорғу аймағының радиусының екі есе үлкен. Демек, S_1=30 м өлшемге ие.

ЖҚКЖ-нің ғимараты толығымен найзағайдан қорғалғанына көз жеткізу үшін, келесі шарттар орындалуы қажет:

$$h_0 > h_x\,, \tag{5.6}$$

$$r_x > \frac{S}{2}\,, \tag{5.7}$$

$$\sqrt{\frac{\left(L-h_2\right)^2+S^2}{2}} < r_x\,. \tag{5.8}$$

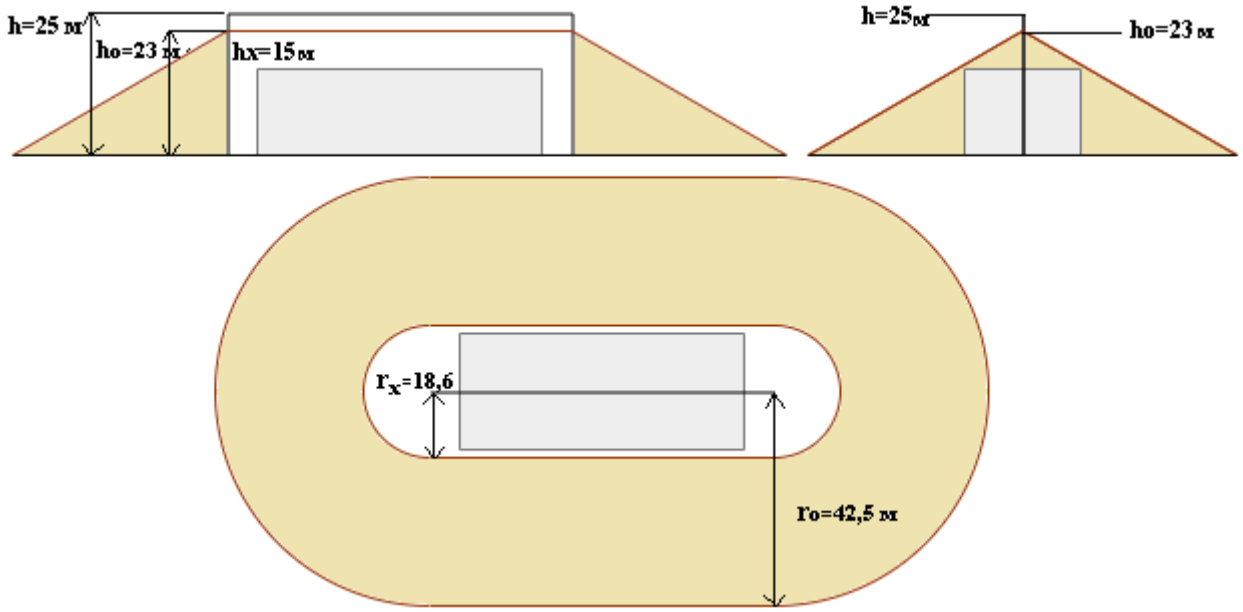
(5.5) шарт бойынша есептеу нәтижелерін тексеріп көреміз:

$$23\ \text{м} > 15\ \text{м},$$

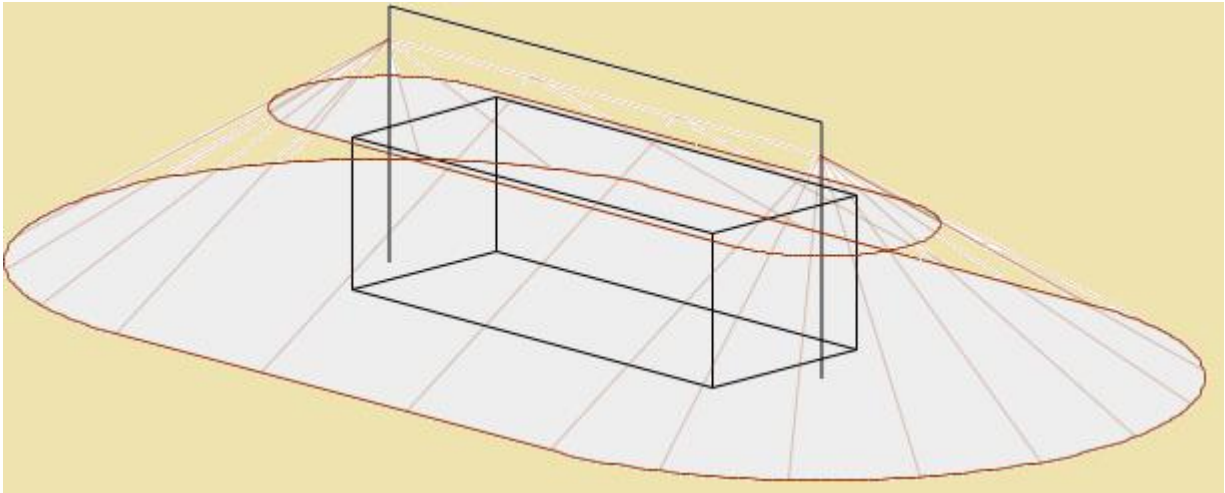
$$18{,}5\ \text{м} > 10\ \text{м},$$

$$16\ \text{м} < 18{,}5\ \text{м}.$$

ЖҚКЖ-нің ғимараты жер деңгейіндегі қорғау аймағының радуисы – 42,5 м, жер үсті деңгейіндегі қорғау аймағының радуисы – 18,5 м, В типті қорғаныс аймағы үшін қорғау құрылысының биіктігі – 23 м және жалпы жай тартқыштың биіктігі бойынша барлық талаптарға сай есептеулер орындалды, құрылыс толығымен найзағай түсуінен қорғалды деп айта аламыз (6.5 шарт бойынша)



5.5 сурет – Жай тартқыш қорғау аймағының сұлбасы мен есептелген өлшем парамерлері.



5.6 сурет - Жай тартқыш қорғау аймағының 3D сұлбасы

«Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі» бөлімі бойынша қорытынды. Бұл бөлімнің бірінші бөлімшесінде, дискретті-оқиғалық жүйелердегі бір қызмет көрсететін құрылғы (сервер) қарастырып, яғни, кез-келген электрқұрылғы секілді электромагниттік сәулеленуге ие. болып табылғандықтан, электромагниттік сәулелердің адам ағзасына әсері жайында негізгі концепциялар мен теориялық мәліметтер келтірілді. Электромагниттік сәулелердің әсері, соның ішінде, зиянды және пайдалы тұстары қарастырылып қана қоймай, олардан қорғану тәсілдері айшықталды.

Бөлімнің екінші бөлімшесінде найзағай түсуден қорғану үшін жүргізілетін есептеулер жүргізілді. Яғни, дипломдық жобаны іске асыру барысында дискретті-оқиғалық жүйелердің негізгі ЖҚКЖ-нің орналасу аймағы найзағай түсуден зақымдану қауіпі жоғары орындар болып табылады. Жұмыс барысында қорғаныс аймағы В типті екені анықталып және бірлік тросты жай тартқыш көмегімен ЖҚКЖ-нің қорғау аймағының параметрлері есептелді. Жай тартқыш қорғау аймағының қарапайым және 3D сұлбасы тұрғызылып, құрылыс толығымен найзағай түсуінен қорғалатынына көз жеткіздік.

6 Экономикалық бөлім

6.1 Жобаның өзектілігі

Дипломдық жұмысты жобалау кезінде дискретті-оқиғалық жүйелерді модельдеу және талдау жүзеге асырылады. Дискретті-оқиғалық жүйелердің негізгі түсініктерін және ЖҚКЖ-нің архитектуралық принциптерін қарастыра отырып, талдау жасалды. Талдау дискреттік-оқиғалық жүйелердегі жаппай қызмет көрсету құралдарының мәнін ашты.

Дискретті оқиғалық жүйелерін модельдеу Anylogic және Matlab Simulink бағдарламалық қамтамасыздандыру негізінде жүзеге асырылды. M / M / 1 модельдері осы бағдарламалық жасақтамада жасалған. Біз сондай-ақ кездейсоқ дискретті оқиғаларға ұшыраған кезде ЖҚКЖ-нің стандартты ауытқуын есептедік. Телекоммуникациялық жүйелерде болашақта байланыс жабдығы арқылы өтетін трафикті бұрмалайтын түрлі сипаттамалардың әсері болуы мүмкін. Сондықтан мұндай әсерлер ескерілді.

6.2 Маркетинг жоспарлау

Желілік мәлелерді диагностикалау үшін дискретті оқиғаларды модельдеу және жүзеге асыру, сондай-ақ осы оқиғалар мен дискретті мәндер арасындағы тәуелділік бағдарламалық және аппараттық коммуникациялардың басқару процестерін едәуір оңтайландыруы мүмкін. Дискретті-оқиғалық жүйелерін дұрыс модельдеу барлық процестерді, соның ішінде телекоммуникациялық жабдықта және барлық байланыс компоненттерінде туындайтын, жұмыс істеудегі мәселелерді басқаруға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер болмаған жағдайда, проблемалардың толық диагностикасы, қызмет көрсету сапасының жоғары деңгейін қамтамасыз ету өте қиын. Бұл трафик ағынының нақты көрінісін және сапа сипаттамаларын тек осындай жүйелер арқылы анықтауға болатындығына байланысты.

Бүгінгі күні барлық анықтамалық, байланыс арналары үшін қызмет сапасының модельдері дискретті оқиғаларды модельдеуге негізделген. Мұндай пайдалану желі сипатындағы барлық өзгерістерді, бағдарламалық жасақтаманы және аппараттық құралдарды нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді.

Мұндай жүйелер ақпараттарды желілік және аппараттық-бағдарламалық құралдардан жинайды және талдайды. Жиналған ақпараттың дискретті мәндеріне сүйене отырып, мәселелер пайда болу уақытымен және желідегі негізгі оқиғалармен параллельдер жүргізуге болады. Болған оқиғалармен дискретті мәндердің осы параллельдерінің негізінде жоғары беріліс өнімділігіне қол жеткізуге болады.

Сонымен қатар, мұндай жүйені қолдау үшін тәулік бойғы техникалық қолдау да тартылады.

Егер дискретті оқиға процестерін модельдеу дұрыс орындалса, сіз кез-келген желі үшін жоғары деңгейдегі сенімділікті қамтамасыз ете аласыз. Осындай жүйелердің көмегімен әр түрлі сипаттамаларды бағалауға және па-

кеттердің өтуінің кешігуіне, пакеттердің жоғалуына, 95% -дан жоғары трафикті телекоммуникация арналарын толтыру мәселелерін шешуге болады. Сондықтан мұндай жүйелерді модельдеу және талдау өте маңызды.

6.3 Дискретті-оқиғалар жүйелерінің өнімдерін нарықтық талдау

Дискретті-оқиғалар жүйесін талдау және модельдеу телекоммуникациялық компанияларда байланыс арналары мен бағдарламалық-техникалық құралдар сипаттамаларының талаптарына сәйкес жүзеге асырылады. Кідірістердің мөлшері, байланыс арналарының сыйымдылығы, жабдық түрлері, байланыс арналарының хаттамалары, компанияның қызмет ету аясы сияқты сипаттамаларға әр түрлі компаниялар әртүрлі талаптар қояды. Сондықтан әр компания бақылау жүргізу жүйесінде жүзеге асырылатын дискретті-оқиғалық процестердің өзіндік жүйесін жасайды.

Компаниялар тәулік, апта, ай, жыл, бірнеше жыл ішінде болатын барлық процестер мен оқиғаларды мониторингі қабілетті өніммен қамтамасыз етілген. Барлық осы процестер мен оқиғалар бірыңғай бақылау жүйесінде құрылымдалған. Бұл өнім көп дәрежеде ірі байланыс және IT компанияларына ұсынылатын интеллектуалды қызмет болып табылады.

6.4 Ұйымдастыру жоспары

Бұл жоба бізге дискретті оқиғалар жүйесін модельдеуге және талдауға арналған серверлер, бағдарламалық жасақтама қажет екенін дәлелдейді. Осы салада мамандандырылған техниктер мен инженерлер телекоммуникациялық компанияларда барлық модельдеу және енгізу процестерін орындауға міндетті.

Инженер әзірлеушілер бастапқыда Anylogic және Matlab орталарында тестілеумен айналысады. Тестілеуден кейін бақылау жүйесіне дискретті-оқиғалық процестер енгізіледі. Бақылау инженерлері жүйенің денсаулығын, мәліметтерді жинауды, талдауды және дискретті мәндердің тәулік бойғы оқиғаларға сәйкестігін бақылауы керек. Техниктер күнделікті процестерді орындайды, сонымен қатар инженерлерге көмектеседі.

Бұл тарауда Алматы қаласындағы телекоммуникациялық компания AlmaTV-де осындай жүйелерді енгізудің экономикалық есептеулері көрсетіледі.

6.5 Өндіріс жоспары

Бұл өнімді ұсыну Zabbix бағдарламалық жасақтамасын, серверлік жабдықты, компьютерлерді және тестілеу үшін Anylogic және Matlab өндірістік бағдарламалық жасақтамаларын сатып алуды қажет етеді.

Сатып алынған жабдықтар туралы мәлімет 6.1 кестеде көрсетілген.

6.1 Кесте – Сатып алынған жабдық

Аты	Саны	Бағасы, тг
Сервері	1	900000

6.1 *Кестенің жалғасы*

Аты	Саны	Бағасы, тг
Компьютерлер	12	180000
Үстел мен орындықтар	12	30000
Ғимарат жалдау	1	350000
Принтері	1	200000
Қосымша гарнитура	12	20000
БЖ Zabbix	1	250000
БЖ Matlab	1	120000
БЖ AnyLogic	1	120000
Сомасы		3850000

6.6 Инвестициялық жоба

6.6.1 Мониторинг жүйесін құру мерзімін есептеу

Мониторинг жүйесін дамыту мерзімін анықтау үшін еңбек сыйымдылығын табу керек:

$$T_0 = T_n \cdot K_c \cdot K_T \cdot K_H, \qquad (6.1)$$

мұндағы T_n - жүйені модельдеудің нормативтік күрделілігінің мәні (мәні 550, яғни командалар мен кодтардың саны шамамен 15000 құрайды);

K_c - модельдеу процесінің деректерінің күрделілік коэффициенті 6.2 кестеде келтірілген;

K_T - әр түрлі кітапханаларды пайдалану кезінде түзету коэффициенті (мәліметтер 6.3 кестеде келтірілген);

K_H - жобаны модельдеу жүйесінің жаңалық дәрежесінің коэффициенті (дискретті-оқиғалар жүйелерін имитациялау жүйесі үшін мәні 0,7 құрайды).

6.2 Кесте – Әзірлеу және модельдеу күрделілігінің коэффициенттерінің сандық мәндері

БЖ параметрлері	Коэффициенттердің сандық мәндері
Жетілдірілген бағдарламалық жасақтамада жұмыс істеу	0,08
Интерактивті қол жетімділік	0,06
Күрделі құрылымдарда сақталған мәліметтер	0,07
Бағдарламалық жасақтаманың 2-3 параметрі бар	0,12 және 0,18
Бағдарламалық жасақтаманың 3-тен астам параметрлері бар	0, 26
60-100%	0, 6

Жүйені модельдеу және оны бақылау жүйесіне енгізу үшін бағдарлама-

лық жасақтаманың 55% үш сипаттамамен қолданылады.
Модельдеу және жоба құру жетілдірілген бағдарламалық жасақтамада жүзеге асырылады. Осыған байланысты Кс мәні = 0,18, ал Kt = 0,7 мәні.

Таңдалған мәндерді формулаға қоямыз және жүйенің даму уақытын табамыз:

$$T_0 = 550 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}7 = 48{,}51 \text{адам / с}.$$

Жобаға үш әзірлеуші қатысады. Осы жобаның күрделілігінің мәнін анықтау үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$T_р = \frac{T_0}{(Ч_Р \cdot Ф_{эф})}, \qquad (6.2)$$

мұндағы $Ф_{эф}$ - бір жұмысшының жылдағы тиімді жұмыс уақыты;

$Ч_Р$ – жобаны жасауға қатысқан қызметкерлер саны (3 адам);

Әрбір әзірлеушінің тиімді жұмыс уақытын табу үшін қызметкердің жұмыста болмаған күндерін (бұл мерекелер, каникулдар, демалыс күндері) 2021 жылға шегеру керек:

$$Ф_{эф} = 365 - 120 - 15 - 28 = 202 \text{ күн}.$$

6.2 формуласындағы мәндерді қойып және жұмыстың еңбек сыйымдылығының мәнін табамыз:

$$T_р = \frac{48{,}51}{(3 \cdot 202)} = 0{,}082 \text{жыл} = 30 \text{к}.$$

Осылайша, 3 әзірлеушінің қатысуымен өнімді жасау мерзімі - 1 ай.

6.6.2 Пайдалану шығындарын есептеу

Жоғарыда келтірілген есептеулерге сүйене отырып, өнімді жасауға 30 күн уақыт кететіндігін байқауға болады. Сондықтан есептеулер 1 айға жасалады.

Өнімнің өзіндік құнын анықтау үшін пайдалану шығындарын анықтау қажет. Мұндай парамтерды 6.3 формуласы негізінде табуға болады:

$$Э_р = ФОТ + С_н + М + Э + А, \qquad (6.3)$$

мұндағы ФОТ – инженерлер мен техниктердің жалақысы;

$С_н$ – әлеуметтік аударымдар (ФОТ мәнінен 11%);

М – материалдық шығындар ($К_о$ мәнінен 0,5%);

А – амортизациялық аударымдар ($К_о$ мәнінен 15%);

Э – электр энергиясы шығындары;

Н – есептік шығындар.

6.4 формуласын қолдана отырып, біз техникалық персонал үшін жалақы қорының мәнін табамыз:

$$ФОТ = Знег + Зкос, \quad (6.4)$$

мұндағы Знег - негізгі жалақы, теңге;
Зкос - қосымша жалақы, теңге.

Қызметкерлердің негізгі жалақысы 6.3 кестеге сәйкес табылады.

6.3 Кесте – Техникалық қызметкерлердің еңбек ақысы

Қызметкер	Саны	Негізгі жалақысы, тг
Даму инженері	3	350000
Бақылау жүйелерінің инженері	4	250000
Техникалық маман	4	180000
Жоба менеджері	1	450000
Сомасы		3220000

Қосымша жалақыны анықтау үшін біз келесі өрнекті қолданамыз:

$$З_{кос} = 0{,}1 * З_{нег} = 0{,}1 * 3220000 = 322000, тг.$$

Енді біз барлық табылған мәндерді 6.4 формуласына қоямыз да, жалақы қорының мәнін таба аламыз:

$$ФОТ = 3220000 + 322000 = 3542000, тг.$$

Әлеуметтік қажеттіліктердің мәнін табу үшін біз 6.5 формуласын қолданамыз. Сондай-ақ, еңбекақы төлемінің 10% мөлшеріндегі зейнетақы жарналарын шегеру қажет:

$$С_Н = 0{,}11(ФОТ - 0{,}1ФОТ). \quad (6.5)$$

Формулаға мәнді қойып, әлеуметтік салықтардың мәнін табыңыз:

$$С_н = 0{,}11(3542000 - 0{,}1 * 3542000) = 350658, тг.$$

Материалдық шығындарды табу үшін біз 6.6 формуласы мен мәндерін қолданамыз:

$$М = 0,005 * К_0. \quad (6.6)$$

Табылған мәндерді 6.6 формуласына қойып, материалдық шығындарды табамыз:

$$М = 0,005 * 3850000 = 19250, тг.$$

Амортизациялық аударымдардың мәнін табу үшін 6.7 формуласын қолданыңыз:

$$А = Н_{аморт} + \sum К, \quad (6.7)$$

мұндағы $Н_{АМОРТ}$ – амортизация нормасы (серверлер мен компьютерлер үшін 40%).

$$А = 4719500 * 0,4 = 1887800, тг.$$

ЭЭ құнын есептеу үшін біз 6.8 формуласын қолданамыз:

$$Э = n \cdot W \cdot T \cdot S, \quad (6.8)$$

мұндағы n – серверлердің саны;

W – сервер тұтынатын қуат;

T – жұмыс уақыты сағат/жылмен көрсетілген;

S – бағасы кВатт/сағ ЭЭ.

Енді тарифтеуді шешейік, оның құны тәулік уақытына байланысты:

- күндіз (7:00-17:00) – 16,63 тг/кВтсағ;
- кешкі уақытта (17:00-23:00) – 30,46 тг/кВтсағ;
- күндіз (23:00-07:00) – 5,43 тг/кВтсағ.

Тарифтер туралы шешім қабылдағаннан кейін біз 6.9 формуласындағы мәндерді қоямыз және электроэнергияның құнын табамыз құнын табамыз:

$$Э = 1 \cdot 0,5 \cdot 8760 \cdot \frac{16,63 \cdot 10 + 30,46 \cdot 6 + 5,43 \cdot 8}{24} = 71632, тг.$$

Енді біз 6.4 формуласындағы мәндерді қоямыз және пайдалану шығындарын табамыз:

$$Э_р = 3542000 + 350658 + 19250 + 71632 + 1887800 = 5871340.$$

Үстеме шығындарды табу үшін келесі формуланы қолданайық:

$$Н = Э_р * 0,1, \quad (6.9)$$

6.9 формуласына мәндерді қойып, үстеме шығындардың мәнін табыңыз:

$$Н = 5871340 * 0,1 = 587134 .$$

Енді біз осы өнімнің жалпы құнын қосымша және пайдалану шығындарының қосындысы ретінде табамыз:

$$С = ФОТ + С_Н + М + Э + А + Н , \qquad (6.10)$$

6.10 формуласына мәндерді қойып, өнімнің жалпы құнын табамыз:

$$С = 5871340 + 587134 = 6458474, тг .$$

Енді біз дөңгелек диаграмма құру үшін 6.4 кестесін құрамыз және оған осы деректердің барлығын енгіземіз.

6.4 Кесте – Өндіріс өзіндік құны

Параметрі	Шығындар, тг	Үлес салмағы, %
ФОТ	3542000	54,8
Материалдық шығындар	19250	0,298
Әлеуметтік аударымдар	350658	5,43
Амортизациялық аударымдар	1887800	29,23
ЭЭ шығындары	71632	1,109
Есептік шығындар	587134	9,091
Жалпы өзіндік бағасы	6458474	100

Енді осы 6.4 кесте негізінде дөңгелек диаграмма құрып, әр түрлі параметрлердің үлестерін нақты көрсетейік.

6.1 сурет - Есептелген мәліметтердің дөңгелек диаграммасы

6.6.2 Дискретті-оқиғалық жүйелері негізінде бақылау үшін әзірленген өнімнің бағасын есептеу

Бағдарламалық өнімнің құнын есептеу үшін 6.11 формуласын қолдануым керек:

$$Ц_{ПП} = З_{РПП} + П_{П} + НДС, \quad (6.11)$$

мұндағы $З_{РПП}$ – бағдарламалық өнімді жасау құны (құны өзіндік құнға тең, ол 6458474 теңгені құрайды);

ҚҚС - бұл қосымша құн салығы.

Жоспар бойынша пайданыны есептеу үшін 6.12 формуласын қолдану қажет:

$$П_{П} = З_{РПП} \cdot R_{НПП}, \quad (6.12)$$

мұндағы $R_{НПП}$ - жасалған бағдарламалық жасақтаманың нормативті кірістілігі (АлмаТВ компаниясында 22%).

6.13 формула бойынша қосылған құн салығын табамыз:

$$НДС = (З_{РПП} + П_{П}) \cdot k_{НДС},, \quad (6.13)$$

мұндағы $k_{НДС}$ - қосылған құн коэффициенті (12%).

6.13 және 6.14 формулаларын қолдана отырып, біз ҚҚС және болжамды пайда мәндерін табамыз:

$$П_{П} = 6458474 \cdot 0,22 = 1420864 тг,$$

$$НДС = (6458474 + 1420864) \cdot 0,12 = 945520 тг.$$

Осыдан кейін сіз құрылатын өнімнің сату бағасының мәнін таба аласыз:

$$Ц_{ПП} = 6458474 + 1420864 + 945520 = 8824858 тг.$$

6.1 кестеден біз 3 850 000 теңгеге жабдықтар мен бағдарламалық жасақтаманы сатып алу қажет екенін көреміз. Бірақ бұл барлық сома емес, инвестиция көлемін анықтау үшін күрделі салымдардың көлемін табу керек.

Дискретті-оқиғалық жүйелерді бақылау алгоритімін ұйымдастыруға арналған жалпы шығындар аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы сатып алу, бақылау жүйелерін орнату және енгізу сияқты шығындардан, сондай-ақ көлік шығындарынан тұрады. 6.14 формуласы бойынша осы белгісіз мәнді табайық:

$$\sum K = K_0 + K_м + K_{тр}, \qquad (6.14)$$

мұндағы K_0 - жабдықты және бағдарламалық қамтамасыздандыруды сатып алу шығындары;

$K_м$ - орнату және енгізу шығындары (K_0-дан 20%);

$K_{тр}$ - көлік шығындары (K_0-дан 5%).

Аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы сатып алу шығындарының мәндерін және орнату шығындарын төмендегі өрнектер негізінде табайық:

$$K_м = K_0 * 20\% = 3850000 * 0,2 = 677000,$$
$$K_{тр} = K_0 * 5\% = 3850000 * 5\% = 192500.$$

Табылған мәндерді 6.14 формуласына қойып және күрделі салымдарды табамыз:

$$\sum K = 3850000 + 677000 + 192500 = 4719500.$$

Күрделі салымдарды есептегеннен кейін, біз әртүрлі шығындардың қосындысы түрінде көрсетілетін пайдалану шығындарының мәнін табамыз.

6.6.4 Телекоммуникациялық компанияда дискретті-оқиғалық жүйені енгізу тиімділігі

Инвестициялардан алынатын тиімділіктің стандартты коэффициентін 6.15 формуласы арқылы табуға болады:

$$Е_Н = \frac{1}{Т_Н}, \qquad (6.15)$$

мұндағы $Т_н$ – инвестицияланған қаржының өтелуінің нормативті кезеңі (2 жыл).

$$Е_Н = \frac{1}{1} = 1.$$

Инвестициялардың экономикалық тиімділігінің болжамды коэффициенті:

$$Е_р = \frac{1}{Т_р}, \qquad (6.16)$$

мұндағы $Т_р$ – өтелудің есептелген мерзімі (1 жыл).

Өтелудің есептелген мерзімін табу үшін біз 6.17 формуласын қолданамыз:

$$Т_р = \frac{К}{Ц_{пп}}, \qquad (6.17)$$

$$Т_р = \frac{4719500}{8824858} = 0,534,$$

$$Е_р = \frac{1}{0,534} = 1,87.$$

Осы жобадан түсетін табыс пен жобаның кірістірілігін есептейік:

AlmaTV компаниясы дискретті-оқиғалық процестердің моделі жүйесін құру, бақылау және техникалық қолдау үшін айына шамамен 1500000 теңге төлейді.

Осыған сүйене отырып, жалпы кірісті есептеуге болады:

$$Д = 1500000 \cdot 12 = 18000000 тг.$$

Енді дисконттау коэффициентінің есептеуге көшуге болады:

$$at = \frac{1}{(1+E)^t},$$

мұндағы E – дисконттау нормасы;

t – қадам нөмірі.

Ақша ағынының мәнін табу үшін келесі формуланы қолдану қажет:

$$PV = \sum \frac{P_t}{(1+E)^t}, \tag{6.18}$$

мұндағы P_t – барлық кезеңдегі төлемдер.

6.18 формула бойынша ақша ағынының мәні:

$$PV_1 = \frac{1800000}{(1+0,2)^1} = 15000000 \text{тг}.$$

Енді формуланың көмегімен кірістілік индексін табуға болады:

$$PL = \sum \frac{P_t}{(1+E)^t} / K, \tag{6.19}$$

6.19 формула бойынша кірістілік индексінің мәні:

$$PL = \frac{15000000}{4719500} = 3,17.$$

Есептелген өтеу мерзіміне сүйене отырып, оның мәні 1 жылдан аз, яғни 6 айға жуық екенін көре алуға болады ($T_p \succ T_н$). PL> 1 жобаның пайдалы екенін білдіреді. Бұл жобаның экономикалық жағынан тиімді екеніне көз жеткізе аламыз. Өнімді сатудың жалпы құны 8 824 858 теңгені құрайды, ал күрделі салымдар 4 719 500 теңгені құрайды.

Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыстың теориялық бөлімінде дискретті-оқиғалық жүйелердің негізгі концепцияларын, тұжырымдамаларын және үш деңгейлі абстракция жүйесін құруды, сондай-ақ жүйенің негізгі архитектуралық принциптерін қарастырдық. Сонымен қатар, дискретті-оқиғалық жүйелердің маңызды аспектісі болатын ЖҚКЖ-нің мәні ашылды. ЖҚКЖ-і арқылы оқиғаларды модельдеу кезінде жүйелерді икемді пайдалану және парадигманы құрайтын кезектер өте сәтті орындалды деп айта аламыз.

Модельдік жүйенің кең ауқымдылығына байланысты, ЖҚКЖ-ін жүзеге асыру үшін, негізгі екі универсалды модельдеу орталары таңдалды – Matlab SIMULINK және AnyLogic. Есептеу бөлімінде жобаның негізгі параметрлі келесі жұмыстар іске асырылды:

1. Дискретті-оқиғалық процестер арқылы ЖҚКЖ-дегі стандартты ауытқу параметрлерін есептеу және азайту әдістерін қолдану.

2. AnyLogic ортасында ЖҚКЖ-ін дискретті-оқиғалық модельдеу. Соның ішінде, модельдеу кезінде стохастикалық процестердің күту уақытысына әсері есептелді.

3. AnyLogic ортасында ЖҚКЖ-ін дискретті-оқиғалық модельдеу. Яғни, жаппай қызмет көрсету жүйесіне арналған (Queuing System) M / M / 1 типті құрылымның моделі құрылды. Есептік өлшемдер жалпы алғанда модельдің нәтижелермен сәйкес келетіндігін анықтадық. Кезек тығыздығының (ұзындығының) мәндері үшін модельдің эксперимент кезегінің ұзындығы теориялық болжаммен салыстырғанда тұспа-тұс келеді деп айта аламыз.

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде электромагниттік сәулелердің әсері, соның ішінде, зиянды және пайдалы тұстары қарастырылып қана қоймай, олардан қорғану тәсілдері айшықталды. Сонымен қатар, найзағай түсуден қорғану үшін жүргізілетін есептеулер жүргізілді.

Экономика бөлімінде экономикалық тиімділік көрсеткіштері, шығындар түрлері, төленетін салық түрлері қарастырылды.

Қысқартулар тізбесі

GPSS – General Purpose Simulation System
DES – Discrete-Event Simulation
ДОЖ – Дискретті-оқиғалық жүйе
ЖҚКЖ – Жаппай қызмет көрсету жүйесі
FIFO – First In First Out
LIFO – Last In First Out
ҚКА – Қызмет көрсету аппараты
БУ – Бөлу уақыты
ОҰ – Орташа ұзындық
ҚКБ – Қызмет көрсету бөлімі
ДДСҰ – Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы
ИРҚЖХК – Ионизацияланбайтын Радиациядан Қорғау Жөніндегі Халықаралық Комиссия
ЭМС – Электромагниттік сәулелену
ЭМӨ – Электромагниттік өріс
ҚҚС – Қосымша құн салығы
ЭЭ – Электр энергиясы

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Manuel S., Seatzu C. Annual Reviews in Control // On The History of Discrete Event Systems. 2018. v. 45. pp. 213-222.

2. Khethal A., Rostami J., Frough O., Nelson P. Comparison between discrete event simulation approach and various existing empirically-based models for estimation of TBM utilization. 2021. v. 112. pp. 265-267.

3. Christos C., Stephane L. Discrete Event Systems: The State of the Art and New Directions. 2016. pp. 55-57.

4. Stephane L. Discrete Event Systems: Modeling, Observation, and Control. 2019. v. 2. pp. 141-159.

5. Christos C., Stephane L. Introdution to Discrete Event Systems: Second Edition. 2010. v. 1. pp. 33-35.

6. Byoung K., DongHun K. Modeling and Simulation of Discrete Event Systems. 2013. v. 4. pp. 95-98.

7. Kofman A., Ernesto S., Zeigler G. Theory of modeling and simulation: discrete event and iterative system computational foundations. 2019. v. 6. pp. 154-168.

8. Gabriel A., Pieter J. Discrete-Event Modeling and Simulation: Theory and Applications. 2011. v. 3 . pp. 65-69.

9. Абрамов П. Б., Чурсин М. А. Анализ существования и устойчивости решения для марковских моделей разомкнутых систем массового обслуживания. // Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – № 1. – С. 56–61.

10. Дискретно-событийное моделирование [Электронный ресурс] : курс лекций / А. В. Дигрис. – Минск : БГУ, 2011.

11. https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html.

12. https://www.mathworks.com/solutions/discrete-event-simulation.html

13. Dingyu X. System Simulation Techniques with MATLAB and Simulink. 2013. Document A01.

14. Kondratyev M., Garifullin M. Parallel Discrete Event Simulation with AnyLogic.pp. 226-227

15. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде ANYLOGIC // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №13. С. 352-357.

16. Mohamed B., Zeina A., Neutrosophic M/M/1, M/M/c, M/M/1/b Queueing Systems. 2020. v.3. pp. 42-49.

17. Boris I. On disadvantages of the classification of Queuing system. 2020. pp. 16-18.

18. Акопов А. С. Имитационное моделирование. Учебник и практикум для вузов.

19. Т.С. Санатова, Т.Е. Хакимжанов. Охрана труда и основы безопасности жизнедеятельности. Защита от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методические указания и задания к расчетно-графической работе для студентов специалистов 5В071900 - Алматы: АИЭС,

2010 - 33 с.

20. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.8/2.24.1383-03. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Госкомсанэпиднадзор России. – М., 2003.

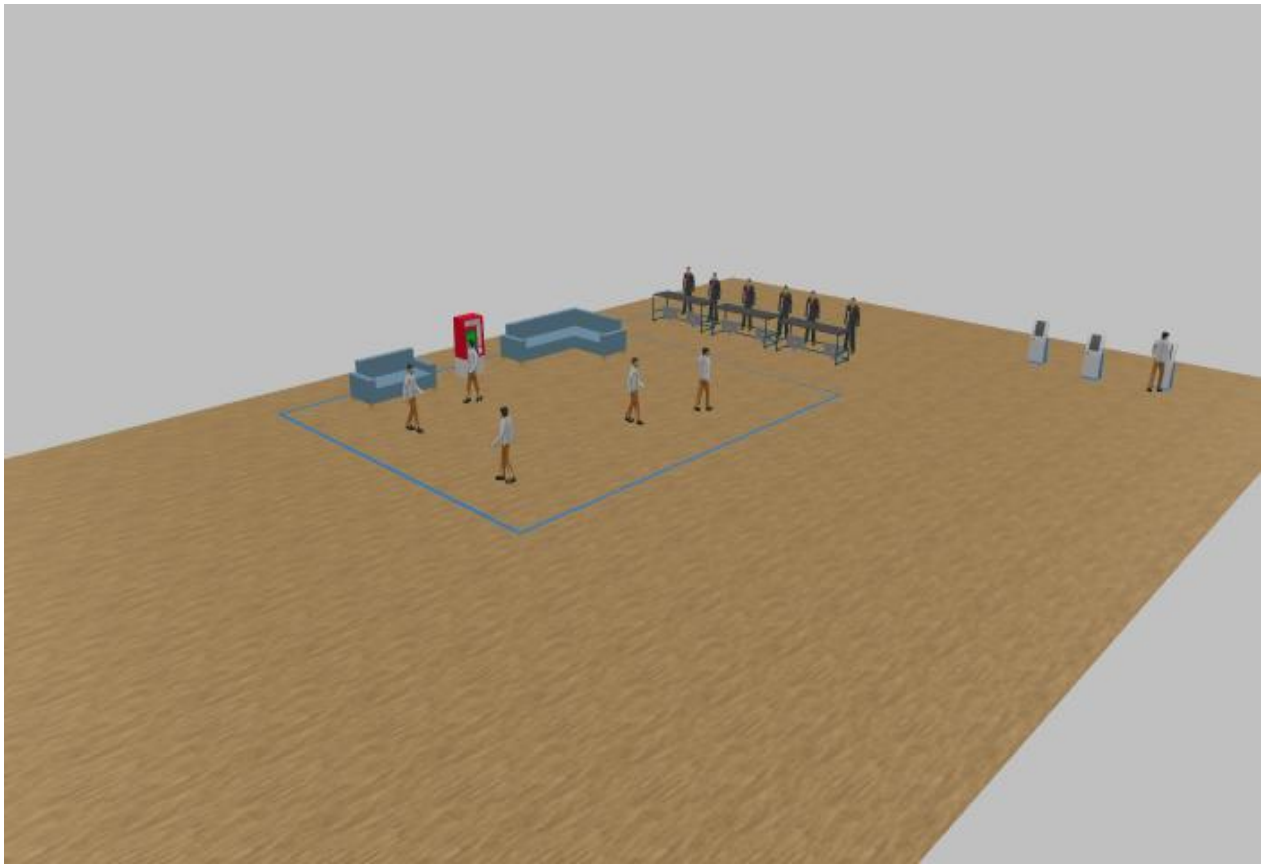
21. СН РК 2.04-29-2005 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений». – Астана, 2005.

22. Базылов Қ.Б., АлибаеваС.А., НурмагамбетоваС.С. Дипломдық жобаға экономикалық бөлімі үшін әдістемелік нұсқаулар. 050719–Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығының барлық оқу түрінің студенттеріне арналған. – Алматы: АЭЖБУ, 2017 – 19 б.

23. З.Д. Еркешова, Г. Ш. Боканова. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров для студентов всех форм обучения специальности 5В070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение. – Алматы: АУЭС, 2013 – 40 с.

А қосымшасы

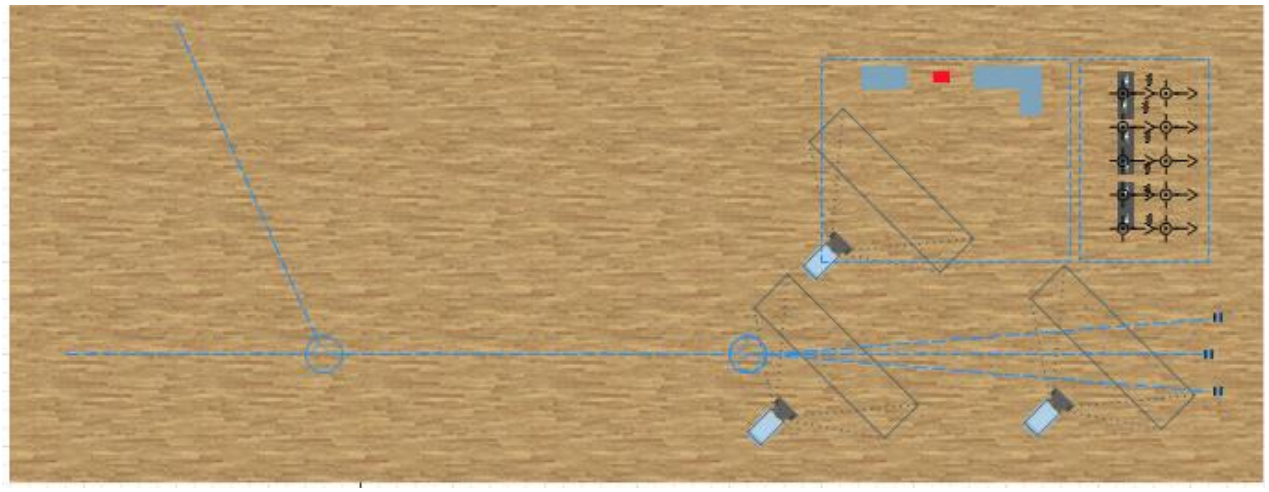
ЖҚКЖ-нің AnyLogic ортасындағы 3D моделі



Сурет А - ҚКБ-нің тағайындау және босату блоктары арқылы жасалған ЖҚ-КЖ-нің 3D моделі

Б қосымшасы

ЖҚКЖ-нің AnyLogic ортасындағы 3D моделінің сұлбасы



Сурет Б - ҚКБ-нің тағайындау және босату блоктары арқылы жасалған ЖҚ-КЖ-нің 3D моделінің сұлбасы