

ӘӨЖ 681:336.467

Қолжазба құқығында



**ТОГЖАНОВА КУЛЬЖАН ОНДРИСОВНА**

**«Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау жүйесін әзірлеудің  
модельдері мен әдістері»**

6D070400- Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған  
диссертациясы

**Отандық ғылыми кеңесшілер:**

т.ғ.д., профессор Ускенбаева Р.К.

PhD, қауым. профессор Картбаев Т.С.

**Шетелдік ғылыми кеңесші:**

т.ғ.д., профессор

Дитмар Байер (Германия)

Қазақстан Республикасы

Алматы, 2022

## МАЗМҰНЫ

<b>НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР.....</b>	<b>4</b>
<b>АНЫҚТАМАЛАР.....</b>	<b>5</b>
<b>БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.....</b>	<b>6</b>
<b>КІРІСПЕ.....</b>	<b>7</b>
<b>1 SMART CITY ДАМУЫН ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУҒА АРНАЛҒАН ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА ШОЛУ ЖҮРГІЗУ.....</b>	<b>14</b>
1.1 Динамикалық жоспарлау әдістерінің зерттеулеріне талдау жасау.....	15
1.2 Қалалық инфрақұрылымды дамыту бойынша шешім қабылдауды қолдаудың ақпараттық жүйелерін талдау жасау.....	21
1.3 Күрделі жүйелердің дамуына әсер ететін тәуекелдерді модельдеу саласындағы зерттеулерге талдау жасау.....	28
1.4 Күрделі жүйелердің дамуын динамикалық жоспарлау үдерісінде шешім қабылдау және көп өлшемді мен көп мақсатты талдау әдістері.....	33
1.5 Бірінші тарау бойынша қорытынды.....	35
<b>2 SMART CITY ДАМУЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ ЕСЕПТЕРІНДЕ АҚПАРАТТЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ӨНДЕУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ.....</b>	<b>37</b>
2.1 Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттеріндегі ақпаратты талдау және өңдеу әдістері.....	38
2.2 Smart city-ді дамыту бойынша шешім қабылдау және динамикалық жоспарлау міндеттерін шешуге мультимодельді және көп өлшемді тәсілдері.....	48
2.3 Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау үшін иерархияларды талдау әдісінің модификациясы мен моделін әзірлеудің мысалы.....	52
2.4 Екінші тарау бойынша қорытынды.....	64
<b>3 SMART CITY ДАМУЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ МІНДЕТТЕРІНДЕ ИНВЕСТИЦИЯЛАРДЫ ЖОҒАЛТУ ТӘУЕКЕЛДЕРІН БАҒАЛАУ МОДЕЛІ.....</b>	<b>66</b>
3.1 Көп жобалы ортада Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тәуекелдерін басқару үдерісін модельдеу.....	66
3.2 Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалауда шешім қабылдауды қолдау жүйесінің есептеу ядросына арналған модель....	70
3.3 Үшінші тарау бойынша қорытынды.....	81
<b>4 SMART CITY ДАМУЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ МІНДЕТТЕРІНДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ӘЗІРЛЕУ.....</b>	<b>83</b>

4.1	Шешім қабылдаудың топтық әдістері негізінде динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу.....	83
4.2	Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау тапсырмаларына арналған шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесінің модульдерінің сипаттамасы.....	88
4.3	Төртінші тарау бойынша қорытынды.....	104
	<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b> .....	106
	<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b> .....	109
	<b>ҚОСЫМША А</b> – Ендіру актісі.....	118
	<b>ҚОСЫМША Ә</b> – Куәлік.....	120
	<b>ҚОСЫМША Б</b> – Программа листингі.....	121

## НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Ұсынылып отырған ғылыми жұмыста келесі нормативтік құжаттарға сілтеме жасалған:

«Ғылыми жұмыс пен аңдатпаны растау жөніндегі нұсқаулық», ҚР Білім және ғылым министрлігі ЖАК 2004 жылғы 28 қыркүйектегі №377-3ж.

МЕМСТ 7.32.2001. – Ғылыми-зерттеу жұмыстары туралы есеп. Ресімдеудің ережесі мен құрылымы. – Астана, 2001.

МЕМСТ 7.1-2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастырудың жалпы талаптары мен ережелері.

ҚР СТ 34.006-2002 – Ақпараттық технология. Деректер қорлары. Негізгі терминдер мен анықтамалар.

ҚР СТ 34.007-2002 – Ақпараттық технология. Телекоммуникациялық тораптар. Негізгі терминдер мен анықтамалар.

ҚР СТ 1.48-2005 – Қазақстан Республикасының мемлекеттік техникалық реттеу жүйесі. Стандарттарға өзгертулер енгізу тәртібі .

"Диссертацияларды және авторефераттарды рәсімдеу бойынша нұсқаулық", ҚР БҒМ, Жоғары аттестаттау комитеті, 28 қыркүйек 2004 ж. №377- 3ж.

ҚР СТ 34.003-2002 Ақпараттық технологиялар. Ақпараттық жүйелердің мәліметтер базасының сапа көрсеткіштерінің номенклатурасы.

ҚР СТ 34.005-2002 Ақпараттық технология. Негізгі терминдер мен анықтаулар – Алғашқы рет енгізілген.

## АНЫҚТАМАЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар құрылған:

**Динамика** – сыртқы ортада өзгерістер болатын жылдамдық.

**Динамикалық жоспарлау** – бұл қазіргі заманғы қалалық менеджмент пен стратегиялық басқарудың, күрделі қалалық жүйелерді - энергия және сумен жабдықтауды, көлік және логистиканы, қауіпсіздікті, басқаруды, білім беруді және т.б. дамытуды талдау мен жоспарлаудың неғұрлым тиімді жүйелі құралдарының бірі.

**Күрделілік** - Smart City – ді дамуындағы жоспарлау үдерісіне әсер ететін факторлардың саны мен әртүрлілігі.

**Стратегиялық жоспарлау** – жоспар құрудың негізгі мақсаттары мен өлшемдерін анықтау.

**Сценарийлік жоспарлау** – сценарийді құрудың негізгі мақсаттарын, факторлары мен параметрлерін анықтау.

**Интеллектуалды жоспарлау** – келіп түскен ақпаратты талдау, жоспарлы критерийлер жүйесін құру.

**Мақсат кеңістігі** – координаттары барлық мақсаттардың мәні болып табылатын кеңістік.

**Шешім қабылдау** – динамикалық жоспардың құрылымын жасауға, жоспарды оңтайландыруға және қалаған шешімді табуға негіз болатын модельдер мен әдістер жүйесі

**Шешімдер қабылдауды қолдау жүйесі** – жобалау кезінде Smart City дамуындағы динамикалық жоспарлау және басқарушылық шешімдер қабылдау тапсырмаларын шешу үшін жоспарлау және шешімдер қабылдау үдерісін қамтамасыз ететін барлық функционалдық модульдерді бірыңғай жүйеге біріктіру.

## БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

- ДЖ – динамикалық жоспарлау;
- АТ – ақпараттық технология;
- ШҚТ – шешім қабылдаушы тұлға;
- ИТМӘ – иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі;
- ИЖСМ – индикаторларды жұптық салыстырудағы матрицалар;
- МС – мақсат саласы;
- ПҚ – программалық қамтама;
- ПӨ – программалық өнім;
- ШҚҚЖ – шешім қабылдауды қолдау жүйесі;
- ДҚБЖ – деректер қорын басқару жүйесі;
- ҚР – қаржы ресурстары;
- ІРЖ – ішінара реттелген жоспарлау;
- ЖГ – жоспарланған граф;
- СП- сызықтық программалау;
- АТАТБ - ақпараттық технологияда ақпаратты талдау және бағалау
- АТЖ – ақпараттық технологияны жобалау
- АТШҚ – ақпараттық технологияда шешім қабылдау;
- АТӘ – ақпаратты талдау әдісі;
- СЖ – сарапшы жүйе;
- MODM - көп мақсатты шешім қабылдау (Multiple objective decision-making)
- МК – мақсаттар кеңістігі;
- БК – басқару кеңістігі.
- АН – ақпараттандыру нысаны

## КІРІСПЕ

Күрделі жүйелердің дамуын динамикалық жоспарлау (бұдан әрі-ДЖ) әртүрлі әдістерді қамтиды. Мұндай әдістерге, атап айтқанда сандық пен сапалық ақпаратты өңдеу, модельдеу, жоспарларды құрудың әртүрлі кезеңдерінде оңтайландыру мен шешімдер қабылдау, тәуекелдер мен белгісіздіктерді бағалау әдістері жатқызылуы мүмкін. Бірақ қалаларды дамыту департаментінің негізгі мақсаты, қалалық инфрақұрылымның құрылымдық және логикалық құрылған динамикалық жоспарларын немесе оның элементтерін құру болып табылады. Сонымен қатар, бұл жоспарларда күрделі жүйені, атап айтқанда, Smart city дамуындағы болашақ жоспарының әртүрлі бірдей орынды және альтернативті нұсқалары болуы керек. Сонымен қатар, күрделі жүйенің жоспары зерттелетін қалалық жүйелердің болашақ дамуының әртүрлі нұсқаларында қоршаған ортадағы барлық өзгерістерді ескеру үшін икемді және тиімді болуы керек.

Динамикалық жоспарлау – бұл қазіргі заманғы қалалық менеджмент пен стратегиялық басқарудың, күрделі қалалық жүйелерді энергия және сумен жабдықтауды, көлік және логистиканы, қауіпсіздікті, басқаруды, білім беруді және т.б. дамытуды талдау мен жоспарлаудың неғұрлым тиімді жүйелі құралдарының бірі. Динамикалық жоспарлау ұтымды әлеуметтік-экономикалық саясатты құру мен дамытудың тиімді әдісі болып табылады, сонымен қатар инновациялық технологияларды немесе ауқымды инженерлік жобаларды терең талдау мен тиімді дамытуға қолданылады. Алайда, Smart city-ді де жатқызуға болатын күрделі жүйелерді дамытудың қолданыстағы әдістері мен ДЖ технологияларының, белгілі бір кемшіліктері бар. Бұл жағдай олардың жұмысын жақсартуға, жаңа әдістер мен алгоритмдер құруға мүмкіндік берді. Жалпылай алғанда, ДЖ технологияларын талдау және Smart city-ді дамыту бойынша шешімдер қабылдау мынадай шешілмеген мәселелер бар екенін: әртүрлі типтегі белгісіздіктер мен тәуекелдерді ескере отырып, ДЖ міндеттерін шешудің және Smart city-ді дамыту жөнінде шешімдер қабылдаудың бірыңғай әдіснамасының жоқтығын; сыртқы ортаның белгісіздіктері мен тәуекелдерін ескере отырып, Smart city дамыту бойынша ДЖ құрылымдық элементтерін құрудың (синтездеудің) теориялық сипаттамасының болмауын; Smart city дамыту барысындағы ДЖ әртүрлі кезеңдерінде қажетті әртүрлі, күрделі білім түрлері мен үдерістерді модельдеудің адекватты әдістері мен ақпараттық технологияларын (АТ) әзірлеу қажеттілігін; тиімді ДЖ құру және Smart city-ді дамыту жөнінде шешімдер қабылдау үшін қажетті бейімделгіш әдістер мен АТ болжауды әзірлеу қажеттілігін көрсетті.

Осылайша, Smart city-ді дамыту бойынша қазіргі заманғы АТ жоспарлау мен болжаудың жаңа құралы ретінде ДЖ тапсырмаларын тиімді шешу және шешімдер қабылдау мәселесі, сондай-ақ осы мәселелерді ғылыми және әдіснамалық зерттеудің жеткіліксіз деңгейі осы салада жаңа зерттеулер жүргізуді өзекті етеді.

Тақырыпты әзірлеуге қажетті бастапқы деректер.

Диссертациялық жұмыс тақырыбын әзірлеу үшін Smart city дамуындағы ДЖ барысында шешімдер қабылдау үдерісінің тиімділігін арттыру мүмкіндігі туралы гипотеза негіз болып табылады, бұл көп жобалы ортадағы жобалау тәуекелін модельдеу параметрлерін ескере отырып, Smart city дамуындағы ДЖ барысында жобалау тәуекелдерін бағалауға ықпал етеді.

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігінің негізі.

Күрделі жүйелерді дамыту үшін ДЖ тапсырмаларында шешім қабылдау негізгі үдерістердің бірі болып табылады. Әлемнің көптеген елдеріндегі көптеген ғылыми жұмыстарда, атап айтқанда, Гермейер Ю. Б., Евланов Л.Г., Краснощеков П. С., Штоер Р., Кини Р.Л., Райф Х., Борисов А. Н., Айзерман М. А., Емельянов С. В., Березовский Б. А. және т.б. еңбектері шешім қабылдаудың көп өлшемді және көп мақсатты мәселелерін шешудің ерекшеліктері мен әдістерін зерттеуге арналған.

Бұл сұрақтар ойын теориясы, математикалық экономика, статистикалық шешімдер теориясы, операцияларды зерттеу, оңтайлы басқару теориясы және шешім қабылдаудың көп өлшемді модельдерін зерттейтін басқа пәндер бойынша көптеген еңбектерде қарастырылады.

Шешім қабылдау тапсырмаларын шешудегі көптеген жұмыстардан көріп отырғанымыздай, Smart city даму барысындағы ДЖ тапсырмалары үшін оңтайландырудың дәстүрлі әдістерін қолдану белгіленген уақыт ішінде қалаған нәтижеге қол жеткізуге әрдайым мүмкіндік бермейді. Бұл айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет етеді. Сондықтан, соңғы уақытта классикалық әдістердің негізгі кемшіліктерін болдырмауға мүмкіндік беретін күрделі мәселелерді шешу саласындағы жаңа бағыттарға көбірек көңіл бөлінуде. Мұндай шешімді табу күрделі жүйелерді, соның ішінде Smart city-ді дамыту кезінде оңтайландырудың және шешімдер қабылдаудың көп мақсатты тапсырмаларын әзірлеу және шешу барысында мақсат болып табылады.

Шешім қабылдаудың бірқатар аналитикалық модельдері белгілі. Ең көп қолданылатыны – пайдалы екенін арттыру моделі. Жоспарлаудың кейбір тапсырмаларын шешуде В.М. Глушков, С. Поспелов жасаған программалық-мақсатты тәсіл де қолданылады. Бұл тәсілдің негізі жоспарланған шешімдер қабылдаудың нақты үдерістері болып табылады.

Шешім қабылдаудың көп өлшемді тапсырмаларын шешу Smart city дамуындағы ДЖ ажырамас бөлігі болып табылады. Smart city ДЖ мәселелерін шешу үшін белгісіздік, тәуекелдер мен уақыт шектеулері жағдайында жоспарлау міндеттерін барынша тиімді шешетін шешімдер қабылдау әдістерін пайдаланудың жаңа модельдерін, әдістерін, алгоритмдерін және ақпараттық технологияларын әзірлеу қажет.

Диссертацияда пайдаланылды:

- иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі (ИТМӘ);
- жекелеген критерийлерде (немесе факторларда) индикаторларды жұптық салыстырудағы матрицалардың (ИЖСМ) келісілген түрін қалыптастыру;



– факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде жаһандық критерийді анықтау үшін Smart city дамуының ДЖ тәуекелдерін бағалауға арналған ойын теориясының ережелері мен математикалық аппараты, сонымен қатар белгілі тәсілге қарағанда, ұсынылған тәсіл тараптардың ДЖ іске асыру кезінде қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізуі үшін инвестициялау үдерісінің параметрлерін икемді түрде түзетуге мүмкіндік береді.

Диссертация тақырыбындағы есептеу эксперименттері объектіге - бағытталған программалаудың заманауи әдістері мен құралдарын қолдана отырып жасалды. С# тілінде иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісін жүзеге асыратын программалық шешім және шешім қабылдауды қолдау жүйесінің модуліне арналған негізгі формалар ұсынылды. Осы модульді тестілеу барысында Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау тапсырмасының мысалында ұсынылып отырған әдісті және жалпы әдістемені пайдалану әртүрлі аталған факторларды сараптамалық бағалау рәсімін реттеуге, алгоритмдеуге және түзетуге және Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдау үдерісін қалыптастыруға, алынатын нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді. Сондай-ақ, Smart city дамуындағы ДЖ барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау үшін ШҚҚЖ модуліне (С# тілі) арналған программалық шешім ұсынылды.

Диссертацияда алынған нәтижелер белгілі және дәлелденген инженерлік есептеу әдістеріне негізделген. Сондай-ақ ЭЕМ және объектіге бағытталған программалау парадигмасын пайдалана отырып, есептік және эксперименттік деректерді өңдеу әдістері қолданылды. Диссертациялық зерттеудің есептеу эксперименттері барысында алынған деректердің жинақталуы және теориялық есептеулерінің деректері тиісті ендіру актілерімен расталды. Актілер диссертация қосымшасында келтірілген.

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі.** Инвестициялар нарығындағы түрлі ойыншылар, сондай-ақ қоғамдық институттар Smart city-ді урбанистік перспективалар және қала шаруашылығының қажеттіліктері үшін жоғары технологиялық өнім өндірушілерді кооперациялау үшін жаңа аймақтар құру тұрғысынан қарастыра бастады. Көптеген ірі қалалардың қалалық билігі, ең алдымен муниципалитеттер деңгейінде, Smart city жобаларына инвестициялау стратегиясын жариялады. Бұл қаланың мәртебесін көтеруге деген ұмтылыспен, сондай-ақ ұзақ мерзімді инвестицияларды тарту мүмкіндігімен туындады. Сондай-ақ, қалалық инфрақұрылым аясында жоғары технологиялық бизнесті оқшаулау идеясы өте перспективалы болды. Бұл ретте, компаниялар алдында жергілікті қалалық мәселелерді шешуге бағытталған міндеттер туындады, олардың арасында сумен және энергиямен жабдықтау, көлік және логистика, экологиялық, сондай-ақ тұрғындардың ақпараттық қауіпсіздігін және т. б. атап өтуге болады. Мұндай жобалар Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау ұғымымен тығыз байланысты. Өз кезегінде, мұндай жобалар белгісіздік пен тәуекелдің жоғары деңгейімен сипатталады. Сонымен қатар, әртүрлі типтегі

(әлеуметтік-экономикалық, техникалық және т.б.) Smart city күрделі динамикалық жүйелерінің тиімді дамуына қол жеткізуге қажетті мақсаттарды анықтаумен байланысты. Урбанистика саласындағы ірі жобалар үшін табыс көбінесе жүйеге әсер ететін барлық факторларды ескере отырып, қалалық инфрақұрылымды дамыту стратегияларын жоспарлау мен оңтайлы таңдауға, сондай-ақ әр түрлі белгісіздіктер мен тәуекелдерді есепке алу мен алдын алумен байланысты болады. Аталған міндеттерді тиімді шешудің негізгі бағыты Smart city-ді даму барысындағы динамикалық жоспарлау (ДЖ) болып табылады. ДЖ негізі әртүрлі математикалық модельдерді, жағдайларды талдау және шешім қабылдау әдістерін, сондай-ақ тәуекел пен белгісіздік жағдайында пайдалануға бағытталған АТ жүйелі пайдалану болып табылады. Сондай-ақ сыртқы ортадағы және Smart city түрлі элементтеріндегі, даму жоспарлары мен болжамдарын құру үшін, сондай-ақ стратегиялық жоспарлау және басқару тапсырмаларын шешу үшін, жылдам құрылымдық өзгерістер ескерілді. Smart city жүйесінің және әр түрлі типтегі үдерістердің дамуын жоспарлау және болжау Smart city жұмыс істейтін жүйенің өзі және сыртқы орта тудыратын әр түрлі белгісіздіктерді, сызықты емес және тәуекелдерді жеңумен байланысты. Ситуациялық белгісіздік, жүйенің және сыртқы ортаның әртүрлі параметрлерінің дәл еместігі және белгісіздігі, жүйе туралы ақпараттың жеткіліксіздігі, Smart city-де де, сыртқы ортада да жүретін үдерістердің сызықтық еместігі және стохастикалығы, сондай-ақ көптеген тәуекелдер сияқты әртүрлі типтегі белгісіздіктердің болуы - осы аталған белгілердің барлығы, Smart city инфрақұрылымының ДЖ міндеттерін шешуде әлсіз құрылымдалғаны және қиын ресімделгені мәселе тудырады. Қазіргі уақытта Smart city динамикалық жоспарлаудың ғылыми-қолданбалы саласы көптеген ғылыми, эконометрикалық және ақпараттық салалардың ең жаңа жетістіктерін жинақтайды және инновациялық технологияларға жатады. Сонымен қатар, бұл әртүрлі иерархиялық деңгейлерде күрделі динамикалық жүйелердің дамуын жоспарлау мен болжаудың тиімді құралы. Smart city үшін тиімді жоспарлау қажеттілігі жыл сайын өсіп келеді және оның көмегімен Smart city зерттеу және талдау міндеттерін олардың құрылымын оңтайландыру, негізгі тәуекелдерді сәйкестендіру және айқындау және олардың жұмыс істеуінің, дамуы мен басқарудың неғұрлым ықтимал және орынды жолдарын таңдау үшін тиімді динамикалық жоспарлар құру арқылы тиімді шешуге болатын ақпараттық-аналитикалық жүйелерді құру түріндегі ақпараттық қолдауды талап етеді.

Демек, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында шешімдерді қабылдауды қолдау үшін технологияларды дамытуда инвесторлардың қызығушылығы және Smart city дамуына негізделген жоспарды синтездеу.

**Жұмыстың ғылыми бағдарламалармен байланысы.** Докторантура кезінде орындалған зерттеулер және диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы үкіметінің № 827 Қаулысымен 2017 жылы 12 желтоқсанда бекітілген «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасына сәйкес келеді.

**Зерттеудің мақсаты** – Smart City дамуынағы динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдауды қолдау үшін модельдерді, әдістерді және ақпараттық технологияларды дамыту.

Осы мақсатқа жету үшін келесі тапсырмаларды шешу қажет:

1) Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдау үдерісінің тиімділігін арттыру жолдарын талдау;

2) Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлаудың жекелеген факторларында келісілген индикаторларды жұптық салыстырудағы матрицаларды (ИЖСМ) қалыптастыруға мүмкіндік беретін иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісін (ИТМӘ) әзірлеу;

3) Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында көп жобалы ортадағы жобалық тәуекелді модельдеу параметрлерін ескере отырып, жобалық тәуекелді тиімді басқару әдісін толықтыру;

4) Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тапсырмаларын қарастыру барысында шешімдерді қабылдаудың топтық әдістері негізінде программалық өнімді әзірлеу және тестілеу.

**Зерттеу саласы** – Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау бойынша шешімдер қабылдау үдерістері.

**Зерттеу пәні** – Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында шешім қабылдауды қолдау жүйесі үшін әдістер мен модельдер.

**Зерттеу әдістері.** Зерттеу барысында пәндік саланың ерекшеліктерін және диссертацияның тұжырымдалған тапсырмаларын ескере отырып: иерархияны талдау әдісі (жеке факторларда Smart city-дің дамуын динамикалық жоспарлаудың келісілген ИЖСМ қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және Smart city-дің дамуындағы динамикалық жоспарлаудың факторлық-индикаторлық бағалары негізінде глобальды өлшемшартты айқындау үшін); ойын теориясының әдістері (Smart city дамуындағы ДЖ барысында жобалық тәуекелді басқару жөніндегі тапсырмалар үшін); компьютерлік модельдеу әдістері (есептеу эксперименттері үшін); шешім қабылдауды қолдау жүйесін жобалауға арналған әдістер мен модельдер (Smart city дамуындағы ДЖ нұсқаларын бағалау барысында шешімдер жиынын автоматтандырылған генерациялау үшін (қарастырылатын тапсырмалар үшін); жалпы ШҚҚЖ және оның жеке модульдерін әзірлеу үшін объектілі-бағытталған программалаудың парадигмасы, принциптері мен әдістері қолданылды.

**Ғылыми жаңалығы:**

– жекелеген факторларда индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын (ИЖСМ) қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде глобальды критерийді анықтау жолымен иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі (ИТМӘ) ұсынылды;

– Smart city дамуының динамикалық жоспарларын құрудың негізгі кадамдарын формалдау әдістемесі, ол қолданыстағыларға қарағанда, факторларды иерархияға саралау тапсырмасын шешу және Smart city даму

параметрлерін бағалаудың көп қабатты моделін құру декомпозициясының кезеңімен толықтырылды;

– Smart city дамуын динамикалық жоспарлау барысында жобалық тәуекелді тиімді басқару әдісі дамытылды, сондай-ақ көп жобалы ортадағы жобалық тәуекелді модельдеу параметрлері ескерілді және қолданыстағы шешімдерден айырмашылығы, көп сатылы дәрежелі ойындардың математикалық аппаратын, сондай-ақ бірнеше терминалды беті бар сапалы ойындарды пайдалану негізінде жобалық тәуекелді басқару, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелі ретінде сипатталды.

**Практикалық құндылық.** Программалық шешім және ШҚҚЖ модуліне арналған негізгі формалар, иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі C# тілінде жүзеге асырылғаны сипатталды. ИТМӨ программалық іске асыру жекелеген өлшемшарттарда (немесе факторларда) келісілген ИЖСМ қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде глобалды критерийлерді айқындау жолымен орындалды. Осы модульді тестілеу барысында Smart city дамыту жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау тапсырмасының мысалында, ұсынылып отырған әдісті және жалпы ДЖ әдістемесін пайдалану әртүрлі атаулы факторларды сараптамалық бағалау процедурасын реттеуге, алгоритмдеуге және түзетуге және Smart city дамуындағы ДЖ барысында шешімдер қабылдау үдерісін қалыптастыруға алынатын нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді.

Smart city дамуындағы ДЖ барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде C# тілінде модельді іске асыратын ШҚҚЖ модуліне арналған программалық шешім мен негізгі формалар ұсынылды. Қолданыстағы шешімдерден айырмашылығы, ұсынылған модель және оны программалық іске асыру Smart city дамуындағы ДЖ барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде нақты ұсынымдар береді. Модуль көп сатылы дәрежедегі ойындардың математикалық аппаратын және бірнеше терминалды беттері бар сапалы ойындарды қолдану негізінде жүзеге асырылды. Тәуекелдердің қанағаттанарлықсыз болжамы кезінде тараптардың қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізуі мақсатында инвестициялау үдерісінің параметрлерін икемді түзетуге болатындығы көрсетілді (Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігіне байланысты жобаны бағалау мысалында).

**Ізденушінің жеке үлесі.** Қорғауға шығарылатын диссертациялық жұмыстың барлық нәтижелерін докторант өзі орындады. Негізгі нәтижелер арасында: иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі (ИТМӨ), бұған жекелеген факторларда келісілген ИЖСМ қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде глобалды өлшемшартты айқындау жолымен қол жеткізілді; Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында жобалық тәуекелді тиімді басқару әдісі, сондай-ақ көп жобалы ортада жобалық тәуекелді

модельдеу толықтырылды; Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде ШҚҚЖ-не арналған модель.

**Диссертация нәтижелерін апробациялау.** Диссертацияның негізгі ережелері мен зерттеу нәтижелері конференцияларда және кафедраның ғылыми семинарларында баяндалды және талқыланды.

1. Студенттер мен жас ғалымдар XV Халықаралық ғылыми конференциясы «Gulum jane bilim – 2020» (Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, 2020 ж).

2. «Ғылым және инновациялар: жаңалықтар, мәселелер мен жетістіктер» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Қазақстан, Алматы, 2020 ж).

3. «Энергетика, инфокоммуникациялық технологиялар және жоғары білім» атты XI Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Қазақстан, Алматы, АЭЖБУ, 2020 ж).

4. "Логистика, көлік және білім берудегі инновациялық технологиялар" атты Халықаралық конгресі. (Қазақстан, Алматы, АЛТ, 2021 ж).

5. **Жарияланымдар.** Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері баспа жұмыстарында, оның ішінде 2 Scopus базасына кіретін журналдарда, 4 ҚР БҒМ БҒССҚК ұсынған журналдарда, 6 халықаралық конференциялар және ғылыми журнал материалдарында жарияланған.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан 127 беттен, 38 суреттен, 8 кестеден, 124 пайдаланылған дереккөздер және 3 қосымшадан тұрады.

# 1 SMART CITY ДАМУЫН ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУҒА АРНАЛҒАН ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА ШОЛУ ЖҮРГІЗУ

Ақылды қалаларды (бұдан әрі Smart city) құру және дамытудың концептуалды идеясы осыдан 15 жыл бұрын белсенді түрде талқылана бастады. Урбанистік тақырыпқа және жаңа ақпараттық технологияларды (АТ) пайдалана отырып, оның даму перспективаларына арналған сирек форумдар Smart city-дегі озық технологиялар туралы пікір талассыз өткізілген [1, 2]. Инвестиция нарығындағы көптеген қатысушылар, сондай-ақ қоғамдық институттар, қала шаруашылығының мұқтаждықтары үшін жоғары технологиялық өнімдерді өндірушілердің кооперациясы үшін жаңа аймақтар құруда және урбанистік перспективалар бөлігінде Smart city-ді қарастыра бастады [3, 4]. Көптеген ірі қалалардың биліктері, ең алдымен өзін-өзі басқару деңгейінде Smart city жобаларына инвестициялау стратегиясы туралы мәлімдеді. Бұл қала мәртебесін арттыруға, сондай-ақ ұзақ мерзімді инвестицияларды тарту мүмкіндігіне байланысты болды. Сондай-ақ, қалалық инфрақұрылым шеңберінде жоғары технологиялық бизнесті оқшаулау, болашағы зор бастамаға айналды. Бұл ретте, компаниялар алдында жергілікті қалалардағы мәселелерді шешуге бағытталған міндеттер пайда болды, олардың арасында су және энергиямен жабдықтауды, көлік және логистика, экологияға байланысты, сондай-ақ тұрғындардың қауіпсіздігін және т. б. бөліп көрсетуге болады [5–7].

Ескере кетсек, мұндай жобалар белгісіздік пен тәуекелге барудың жоғары дәрежесімен сипатталады. Сонымен қатар, әртүрлі типтегі (әлеуметтік-экономикалық, саяси, әскери және техникалық) күрделі динамикалық жүйелерді тиімді дамуы, қол жеткізе алатын қажетті мақсаттарды анықтаумен байланысты [8, 9]. Бұл Smart city дамуына да толық қатысты. Атап айтқанда, урбанистика саласындағы ірі жобалар үшін табыс көбінесе, жүйеге әсер ететін барлық факторларды ескере отырып, қалалық инфрақұрылымды дамыту стратегияларын жоспарлау мен оңтайлы таңдауға, сондай-ақ әртүрлі белгісіздіктер мен тәуекелге баруды ескере отырып және еңсеруге байланысты. Аталған міндеттерді тиімді шешудің негізгі бағыты Smart city дамуын динамикалық жоспарлау болып табылады. Динамикалық жоспарлау негізі әртүрлі типті математикалық модельдерді, күйлерді талдау мен шешім қабылдау әдістерін, сондай-ақ тәуекелге бару және белгісіздік жағдайында қолдануға бағытталған ақпараттық технологияны жүйелі пайдалану болып табылады. Жоспарлау мен даму болжамдарын құру үшін, сондай-ақ стратегиялық жоспарлау мен басқару міндеттерін шешу үшін, сыртқы ортадағы және Smart city-дегі түрлі элементтеріндегі жылдам құрылымдық өзгерістері ескеріледі.

Smart city дамуын жоспарлау мен болжау және әртүрлі үлгідегі үдерістердің дамуы, сонымен қатар Smart city жұмыс істейтін жүйенің өзі мен сыртқы ортасынан туындайтын әртүрлі белгісіздіктерді, бейсыздықтарды және тәуекелге баруды игерумен байланысты.

Әртүрлі типтегі белгісіздіктің болуы, мысалы, Smart city-де ахуалдық белгісіздік, жүйенің және сыртқы ортаның әртүрлі параметрлерінің дәлме – дәлдігі және белгісіздігі, жүйе туралы ақпараттың жеткіліксіздігі, сондай-ақ сыртқы ортада өтетін үдерістердің сызықтығы мен стохастикалығы, сонымен қатар, тәуекелге барудың көптігі, осы аталған белгілердің барлығы Smart city инфрақұрылымының динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу барысындағы мәселелер әлсіз құрылымданған және қиын ресімделген болып келеді [1. 3б].

Қазіргі уақытта Smart city динамикалық жоспарлаудың ғылыми-қолданбалы саласы көптеген ғылыми, эконометриялық және ақпараттық салалардың жана жетістіктерін жинақтайды. Smart city динамикалық жоспарлауы инновациялық технологияларға жатады. Бұл ретте ол әртүрлі иерархиялық деңгейлерде күрделі динамикалық жүйелердің дамуын жоспарлау мен болжаудың тиімді құралы болып табылады. Smart city үшін тиімді жоспарлау қажеттілігі жыл сайын өсіп келеді және ақпараттық-аналитикалық жүйелерін құру түрінде ақпараттық қолдауды талап етеді. Олардың көмегімен Smart city құрылымын оңтайландыруға, негізгі тәуекелге баруды сәйкестендіру мен айқындауға, сонымен қатар және олардың жұмыс істеу барысын, дамуы мен басқару жолдарының неғұрлым ықтимал және орынды жолдарын таңдау үшін, тиімді динамикалық жоспарларды құру жолымен зерттеу және талдау міндеттерін тиімді шешуге болады.

Осының барлығы Smart city-дің даму барысында зерттеу, талдау, шешім қабылдау және болжау үшін тиімді құралдар құру қажеттілігіне әкеледі. Оларды қолдану нәтижелері күрделі қалалық жүйелерді дамытудың негізгі бағыттары бойынша барынша ықтимал және оңтайлы шешімдер негізінде Smart city даму барысында құрылатын басқару стратегиялары динамикалық жоспарлар жасауға мүмкіндік беруге тиіс.

Smart city динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу – бұл әртүрлі тәсілдер мен әдіснамаларды жүйелі қолдануды талап ететін және математикалық модельдеудің қазіргі заманғы әдістерін, адекватты модельдерді әзірлеу үшін, әдістер мен алгоритмдер және олардың негізінде шешімдер қабылдау үшін программалық құралдарды қолданбай мүмкін болмайтын ғылымды қажет ететін үдеріс болғандықтан, зерттеу тақырыбы бізге өте өзекті болып табылады.

### **1.1. Динамикалық жоспарлау әдістерінің зерттеулерін талдау жасау**

Динамикалық жоспарлау (ДЖ) ХХ ғасырдың 50-ші жылдарында жекелеген компаниялардың болашақ даму жоспарларын және жеке жағдайларды дамыту жөніндегі болжамдарды құру кезінде, бір нұсқалы болжамдарға балама ретінде пайда болды [10, 11].

Әдетте бір нұсқалы болжамдар, жүйенің болашақ дамуының жалғыз жолы немесе іс жүзінде, әсіресе тез өзгертін сыртқы орта жағдайында, олар өте жиі жалған болып шықты. Сыртқы белгісіздік және сыртқы ортаның жылдам өзгеру барысында тәуекелділік болған жағдайда, жалғыз ықтимал

болжамға сүйене отырып стратегиялық жоспарлар әзірлеу тиімсіз болып табылады[12–14].

Қазіргі әлемдегі жағдайлар тез және кенеттен өзгеріс үстінде, осы ретте жағдайлардың күрт өзгеруінен күтпеген оқиғалар пайда болады. Көбінесе болашақ оқиғаларды алдын ала болжауға және болжау жасауға болатын белгілі бір ықтимал даму нұсқалары бар. Сондықтан динамикалық тәсілді енгізу кезінде шамамен бірдей шындыққа ұқсас, бірақ күрделі динамикалық жүйелер мен жағдайлар үшін оқиғалар мен сыртқы ортаның болашақ дамуының елеулі ерекшеленетін нұсқаларын әзірлеу басталды. Бұл ретте мұндай динамикалық жоспарлардың елеулі ерекшелігі болжамдарды әзірлеу үшін ғана емес, күрделі динамикалық жүйелер мен үдерістерді дамыту стратегияларын әзірлеу үшін, оның ішінде қалалық инфрақұрылымды дамыту мәселелеріндегі құралдар болды[15–16].

Динамикалық жоспарлау сандық және сапалы ақпаратты өңдеудің түрлі әдістерін, модельдеудің әдістерін, жоспарларды құрудың әр түрлі кезеңдерінде оңтайландыру және шешімдер қабылдау әдістерін, тәуекелдер мен белгісіздіктерді бағалауды қамтиды [17–19]. Бірақ ДЖ негізгі мазмұны, жақсы құрылымдалған және қисынды тексерілген динамикалық жоспарларды немесе олардың элементтерін, жүйені дамытудың болашақ жоспарының (атап айтқанда, Smart city) шындыққа ұқсас және барабар нұсқаларын құрастыру және осы жоспарлардың тиімділігін бағалау болып табылады[20].

Бұл ретте, құрылып жатқан жоспар зерттелетін жүйелердің болашақтағы дамуының әртүрлі нұсқалары кезінде, сыртқы ортаның барлық өзгерістерін есепке алатын мүмкіндігі болу үшін икемді және тиімді болуы тиіс.

Бүгінгі таңда динамикалық жоспарлау - қазіргі заманғы менеджмент пен стратегиялық басқарудың, күрделі жүйелердің, атап айтқанда, жылдам дамып келе жатқан Smart city дамуын талдау мен жоспарлаудың тиімді жүйелік құралдарының бірі. Динамикалық жоспарлау рационалды әлеуметтік-экономикалық саясатты құру мен дамытудың тиімді әдісі болып табылады, сондай-ақ инновациялық технологияларды немесе ауқымды инженерлік жобаларды терең талдау мен тиімді дамыту мақсатында қолданылады [21].

Динамикалық жоспарлауда басқа жоспарлау түрлерінен ерекшеленетін үш ерекшелігі бар. Біріншіден, жүйе жоспарды құру кезінде тәуекелдер мен әртүрлі белгісіздіктердің болуын және олардың уақыт ағымымен өзгеруін ескере отырып, уақытпен қарастырылады. Бұдан басқа, болашақ жоспардың тиімділігіне және ортаның кез келген өзгерістерін есепке алуға байланысты міндетті түрде болжамдар жасау. Демек, ыңғайлы жоспар құру және жүйенің даму нәтижелеріне әсер ететін оқиғаларға сәйкес оны түзету қажет. Екіншіден, жоспарлау ұзақ мерзімді сипатқа ие, өйткені тек қысқа мерзімді мақсаттар ғана емес, сонымен қатар ұзақ мерзімді мақсаттар да қарастырылады. Үшіншіден ағымдағы бастапқы деректер үшін ең жақсы нәтижелерге қол жеткізу мақсатында жоспарды құру үдерісі эволюциялық сипатқа ие [22–26].

Динамикалық жоспарды құру мынадай элементтерді қамтиды: динамикалық жоспардың мақсаттарын анықтау, жоспарлауға уақытша



шектеулерді анықтау, жоспардың құрылымын таңдау (кезеңдерді анықтау), жоспардың әрбір кезеңінің құрылымын таңдау, жоспарлаудың әрбір кезеңінде белгісіздік пен тәуекелдерді бағалау, жоспарлаудың негізгі тапсырмаларын шешу әдістерін белгілеу, жоспарлардың модельдерін құру, болжамдарды бағалау және шешімдер қабылдау, сондай-ақ құрылған жоспардың тиімділігін бағалау.

ДЖ тапсырмасының қойылымы мынадай белгілер бойынша ажыратылуы мүмкін: тапсырмалар арасындағы байланыстардың болуы, Smart city (жедел немесе мерзімінен бұрын) салынып жатқан даму жоспарының типі, әртүрлі типтегі белгісіздіктердің және тәуекелдердің болуы, нысаналы функциялар мен шектеулердің типі [61].

Smart city динамикалық даму жоспарын құру кезінде әртүрлі кезеңдерде келесі негізгі міндеттерді шешу қажеттілігі туындайды:

1. Ақпаратты талдау міндеттері. Бұл кезеңде ақпарат талданады және жоспарды құру мақсаттары анықталады (басты және көмекші) және оларды саралау орындалады.

2. Динамикалық жоспардың құрылымын құру міндеттері (кезеңдердің құрамы мен саны). Бұдан басқа, жоспардың ықтимал нұсқалары, олардың құрылымы және жоспар үшін уақытша шектеулер егжей-тегжейлі анықталынады.

3. Smart city дамуының белгісіздіктері мен тәуекелдерін анықтау және есепке алу міндеттері.

4. Динамикалық жоспарды модельдеу тапсырмалары. Smart City даму жоспарының құрылымы мен параметрлері модельденіледі.

5. Жоспарлаудың басты көрсеткіштерін болжау.

6. Барлық өлшемдерді және жоспардың тиімділігін бағалауды ескере отырып, Smart city даму жоспарының оңтайлы нұсқасын таңдау және шешімдер қабылдау.

1.1. - суретте ДЖ үдерісінің тапсырмалары мен кезеңдерінің жалпы көрінісі көрсетілген. Динамикалық жоспарды құрудың бастапқы кезеңдерінде, жоспарды құрудың мақсаттары және барлық жоспарға уақытша шектеулер анықталады.

Келесі кезеңде теориялық-графикалық модельдердің көмегімен жоспар құрылымын құру тапсырмалары шешіледі, жоспардың жеке нұсқаларына арналған уақытша шектеулер анықталады. Модельдегі шыңдар - бұл жоспар кезеңдері, қабырға - бұл уақытша логикалық және ақпараттық түрдегі байланыс. Сондай-ақ, Smart city даму жоспарының баламалық нұсқаларын құру және өлшемдер бойынша жекелеген бағыттар мен технологияларды таңдау мүмкін.

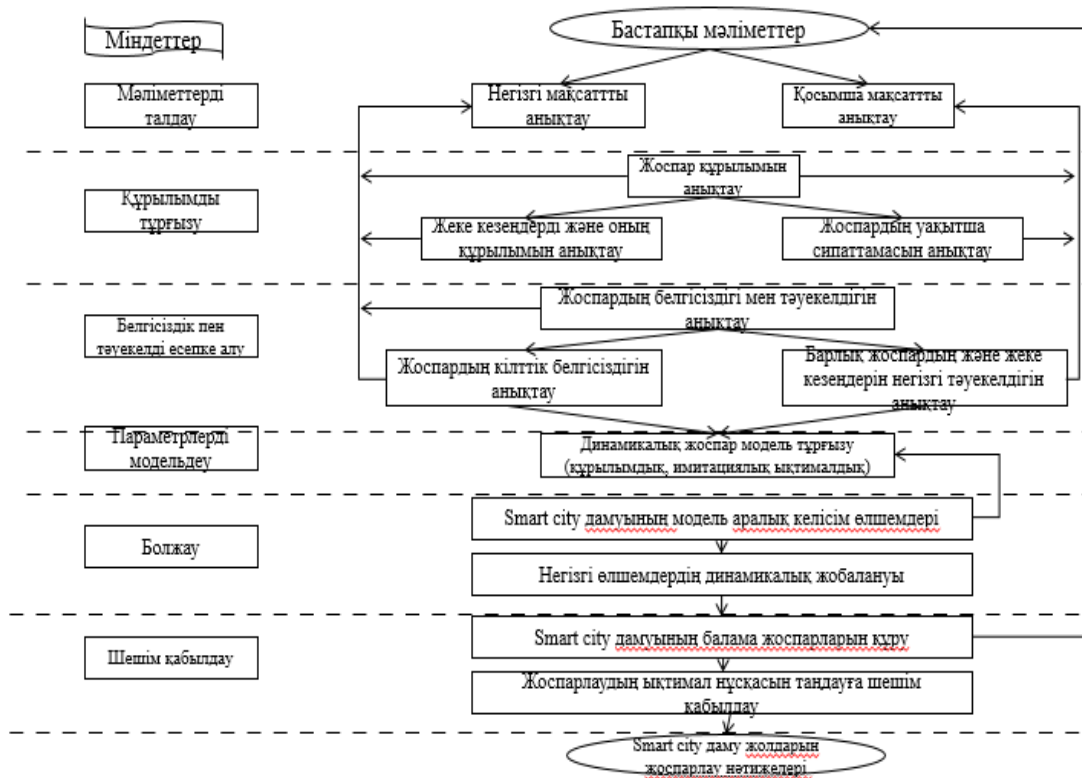
Динамикалық жоспардың құрылымын синтездеу үдерісінде жоспардың құрылымы бөлінеді және оңтайландырылады. Динамикалық жоспардың құрылымдарын құруды анықтау мен оңтайландырудың әртүрлі тәсілдері болуы мүмкін:

1) ДЖ кезеңдерінде орындалатын немесе жоспарланатын тапсырмаларды талдау негізінде жүргізіледі, осыған байланысты Smart city даму жоспарының нақты кезеңдері айқындалады;

2) жоспар алдын ала әзірленеді, жоспардың құрылымы нақты тапсырмаларды шешуге қатысты түзетіледі;

3) аралық мақсаттар анықталады және жоспардың құрылымы осы мақсаттарға қол жеткізуге сәйкес құрылады.

Smart city динамикалық даму жоспарының құрылымын синтездеу тәсілдері мен әдістері жоғарыда қарастырылған нұсқалар үшін, жоспар құрылымының оңтайлы нұсқасын таңдауды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Негізгі назар жоспар кезеңдері бойынша тапсырмаларды бөлуге және Smart City даму жоспарының кезеңдері бойынша берілген міндеттерді бөлу кезіндегі, жеке кезең үшін динамикалық жоспарды құруға аударылған[62].



Сурет 1.1 – Smart city даму мысалында динамикалық жоспарлау үдерісінің кезеңдері мен тапсырмаларының жалпы тізбегі

Үшінші кезеңде тұтастай алғанда жоспарды іске асыру және оның жекелеген кезеңдері үшін, негізгі белгісіздіктер мен тәуекелдер айқындалады. Оларды жеңу әдістерін таңдау жүзеге асырылады.

Жоспардың төртінші кезеңінде жоспарлардың басты өлшемдері мен параметрлері, олардың себеп-салдарлық қасиеттері анықталады, сондай-ақ жоспардың динамикалық қасиеттерін зерттеу мақсатында болжау жүзеге асырылады.

Келесі кезеңде Smart city даму жоспарының жеке параметрлері мен көрсеткіштерін нақтылау мақсатында жоспардың балама нұсқаларын және оның элементтерін модельдеу жүзеге асырылады[116-117].

Алтыншы кезеңде шешім қабылдау әдістерінің көмегімен жоспардың оңтайлы нұсқасын таңдау жүргізіледі. Сондай-ақ соңғы кезеңде жоспардың тиімділігін бағалау және жоспардың түпкілікті нұсқасын таңдау жүргізіледі.

Осылайша, Smart city динамикалық даму жоспарын құру дегеніміз динамикалық жоспарлауды өзара байланысты міндеттерін дәйекті шешу және берілген өлшемдер бойынша жоспардың ең жақсы нұсқасын таңдау үдерісін түсінуге болады.

1.1-кестеде ДЖ әдістері мен әдіснамаларының артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау нәтижелері келтірілген (талдау негізінде [1-5, 7-10, 12-17, 20-24]):

- стратегиялық (ST);
- сценарий (SC);
- зияткерлік (IN).

Бұл әдістер Smart city дамуындағы ДЖ сапасын арттыру міндеттерін шешу үшін де қолданылуы мүмкін.

Кесте 1.1 – Күрделі жүйелерді дамытудың ДЖ әдістері

	Әдіснамасы		Артықшылығы		Кемшілігі	
	1	2	3	4	1	2
Күрделі жүйелерді динамикалық жоспарлау	S T	SWOT-Талдау	1. Экономика мен басқарудың әртүрлі салаларында қолдануға болады. 2. Кез келген зерттеу нысанына бейімдеуге болады. 3. Талданатын элементтерді таңдаудағы еркіндік. 4. Smart City дамуын стратегиялық жоспарлау үшін пайдалануға болады.	1. Мүмкін тәуекелдерді ескермейді. 2. Егер ақпарат аз болса, талдау нәтижелері үлкен құндылыққа ие емес. 3. Мақсаттарға қол жеткізу үшін нақты іс-шаралар жеке әзірленеді. 4. Субъективтілігі. 5. Жекелеген бағыттар бойынша көптеген мамандарды тарту талап етіледі.		
		Бәсекелестік талдау	Стратегиялық жоспарларды әзірлеу кезінде ішкі факторларға қосымша бәсекелестік орта сияқты сыртқы факторлар қарастырылады.	1. Мақсатқа жету үшін нақты іс-шараларды жеке әзірлеу қажет. 2. Субъективтілігі.		
		Ми шабуылы	1. Көрнекілік. 2. Қатысушылардың кең ауқымы. 3. Жаңа идеяларды және шешудің балама тәсілдерін талдау. 4. Жарыс атмосферасы.	1. Бір идеяда "цикл" болуы мүмкін. 2. Топтың бір бөлігі шешімге қатыспайтын тәуекел. 3. Уақыт бойынша шектеу.		

Кесте 1.1 жалғасы:

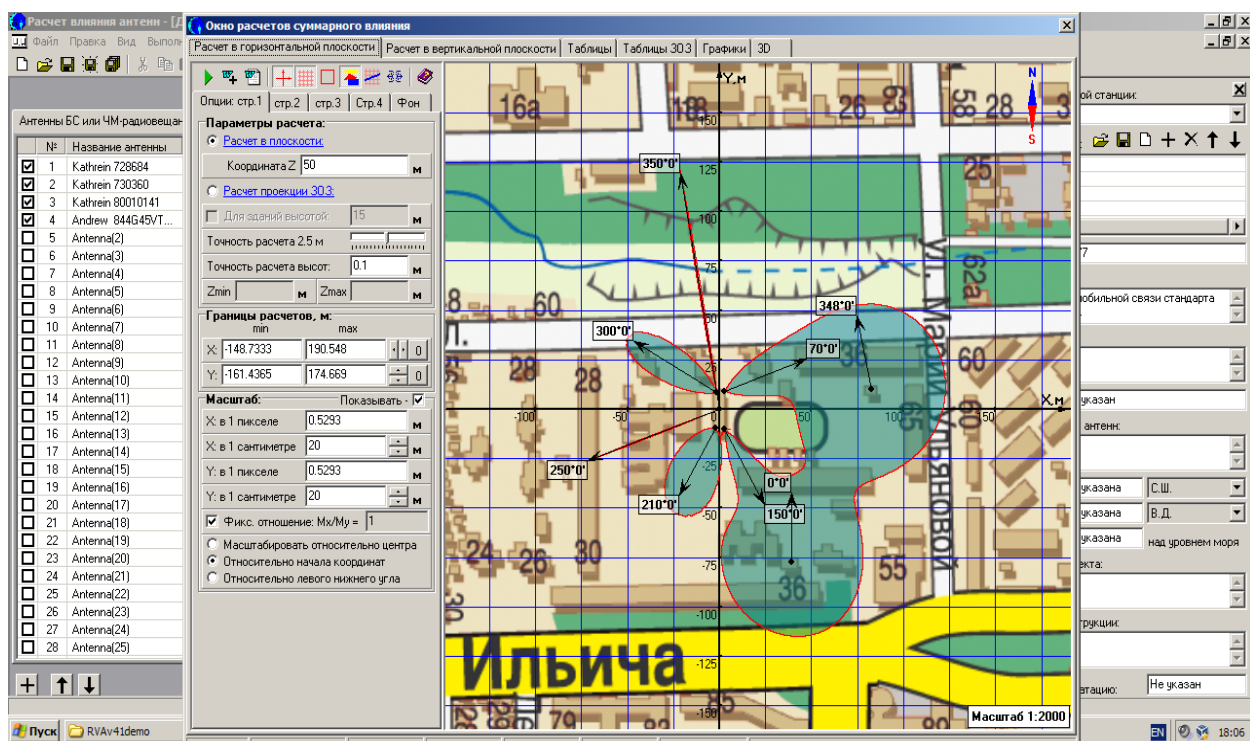
ди на ми	1	2	3	4
----------------	---	---	---	---

		Мақсат ағашы	1. Мақсат иерархиясын әзірлеудегі көрнекілік. 2. Нәтижелердің объективті критерийлері. 3. Кері байланыс.	Уақытша ресурстардың үлкен шығындары.
		Ансоффа моделі	Көрнекілік және қарапайымдылық.	Қолданысқа шектеу.
		Д. Стейнер әдісі	Көрнекілік және қарапайымдылық.	Қолданысқа шектеу.
		Д. Абель әдісі	Көрнекілік және қарапайымдылық.	Қолданысқа шектеу.
S C		ShapingFactors– ShapingActors	Дельфи әдісінің кемшіліктері жойылды. Практикамен расталған нәтижелілік	Сараптамалық топтардың күрделі ұйымдастырылуы.
		GENERON CONSUL- TING әдіснамасы	Практикамен расталған қарапайымдылық және нәтижелілік.	Сараптамалық топтардың күрделі ұйымдастырылуы.
		GLOBAL BUSINESS NETWORK Әдіснамасы	Практикамен расталған нәтижелілік	Сараптамалық топтардың күрделі ұйымдастырылуы.
		TERRA	Практикамен расталған нәтижелілік	Сараптамалық топтардың күрделі ұйымдастырылуы.
		TAIDA	Қарапайымдылық.	Практикадағы апробациясы аз.
		ICL әдіснамасы.	Көрнекілік	Шектеулі тапсымалар шеңбері.
IN		Классикалық жоспарлау	Дамыған математикалық аппарат және қорытындылардың дәлелденуі.	Қабылдау күрделілігі.
		Иерархиялық желілік жоспарлау	Көрнекілік	Қолданудағы мен иілгіш еместігі мен қиындығы
		Шешім теориясы негізінде жоспарлау	Практикамен расталған нәтижелілік.	Жоспарлаудың әдіснамалық әлсіздігі, резервтерді, бастаманы, микродеңгейдің әртүрлілігін ескермейді.
		Аналитикалық жоспарлау	Дамыған математикалық аппарат және қорытындылардың дәлелденуі.	Резервтерді, бастамаларды, микродеңгейдің алуан түрлілігін ескермейді.
		Прецеденттер негізінде жоспарлау	Практикамен расталған нәтижелілік.	Прецеденттер базасы міндетті
		Жағдайларды дамытуды жоспарлау	Субъективтілік.	Стохастикалық факторлар есепке алынбайды.

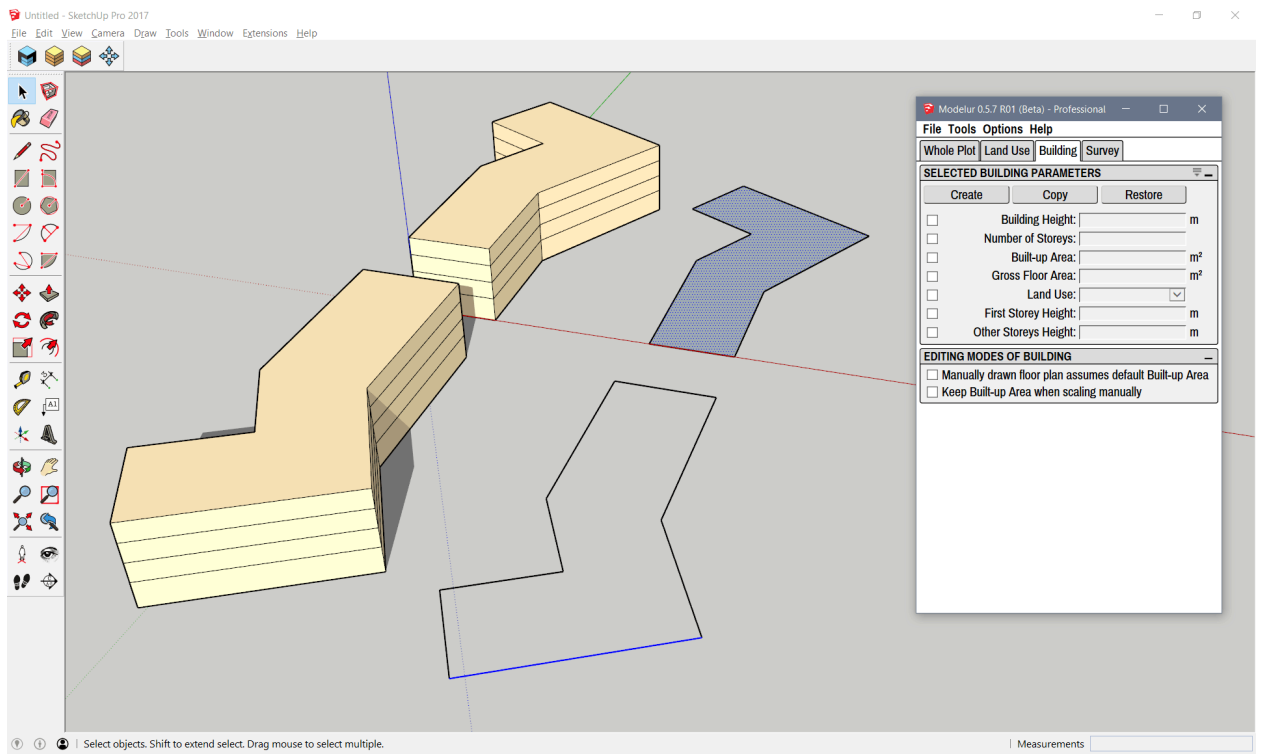
## 1.2 Қалалық инфрақұрылымды дамыту бойынша шешім қабылдауды қолдаудың ақпараттық жүйелерін талдау

Жоспарлаудың әрбір түрі жоспарлаудың белгілі бір технологиясының әдістері мен алгоритмдерін іске асыру үшін, оның ішінде Smart city дамуымен байланысты міндеттер үшін әзірленген ақпараттық жүйелермен қаралады. 1.2 - 1.5 - суреттерде кейбір программалық өнімдердің интерфейстері ұсынылған, олар ең алдымен қалалық инфрақұрылымды болжауға және модельдеуге бағытталған.

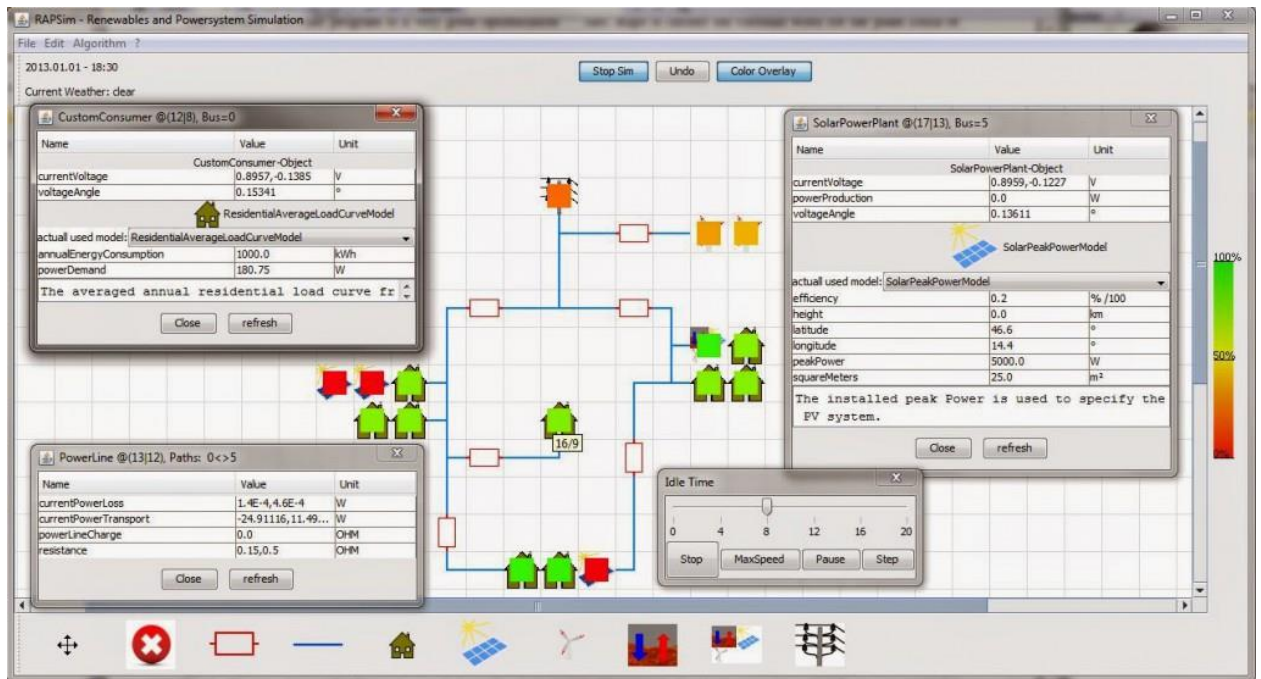
Сонымен қатар, 1.2 - суретте қазіргі заманғы қалаларда қолданылатын сымсыз желілерді модельдеу мен жоспарлауға арналған WireLess программалық пакетінің (ПП) негізгі терезелері көрсетілген. WireLess ПП, көптеген ұқсас ПП сияқты тар мамандандырылған және жоспарлаудың ерекше міндеттерін шешуге бағытталған.



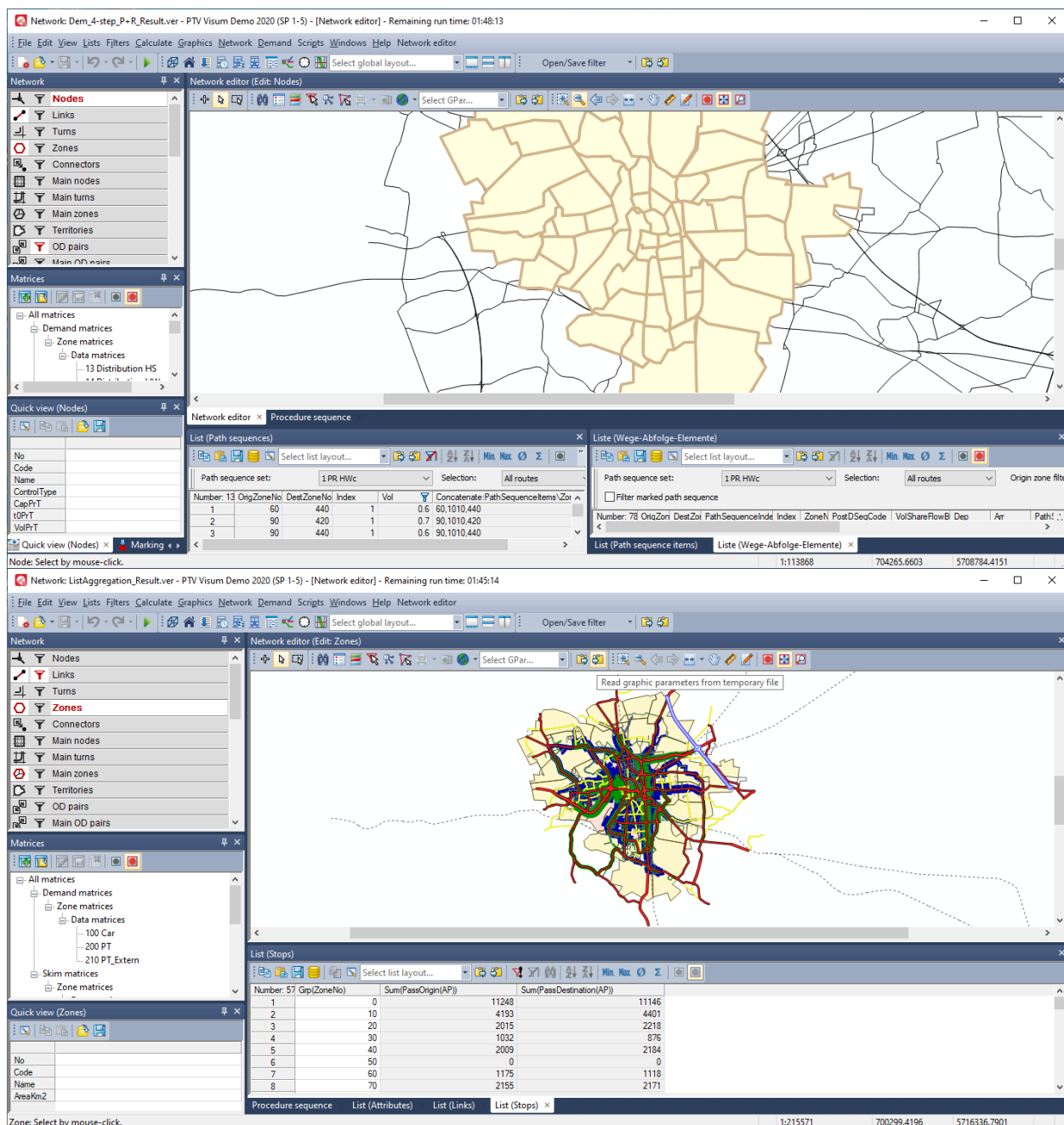
Сурет 1.2 – WireLess программалық пакетінің негізгі терезелері



Сурет 1.3 – MODELUR (Urban Design Extension) программалық пакетінің негізгі терезелері



Сурет 1.4 – SmartGrid модельдеу және жоспарлау үшін RAPSIm программалық пакетінің негізгі терезелері.

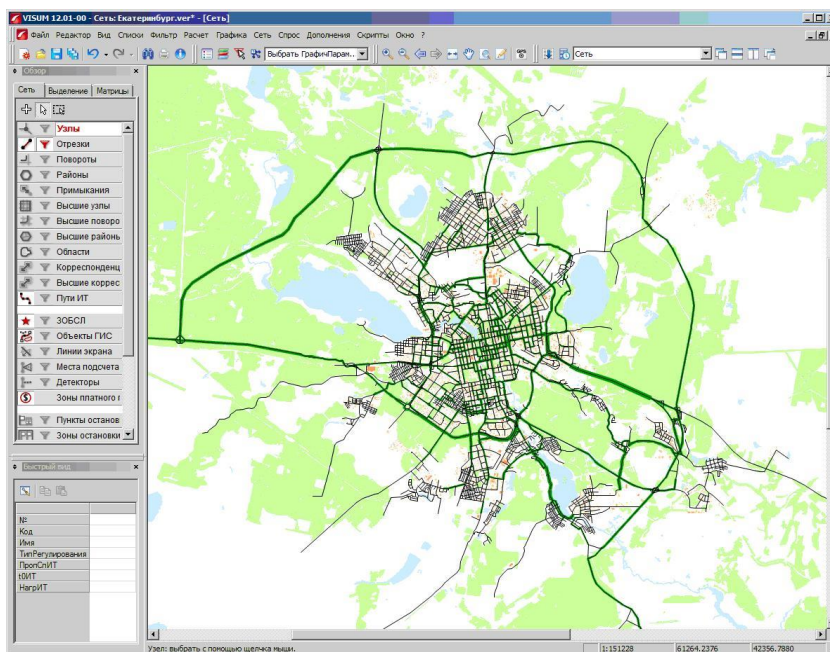


Сурет 1.5 – Қалалық инфрақұрылымды модельдеу және жоспарлау үшін PTV Visum программалық пакетінің негізгі терезелері.

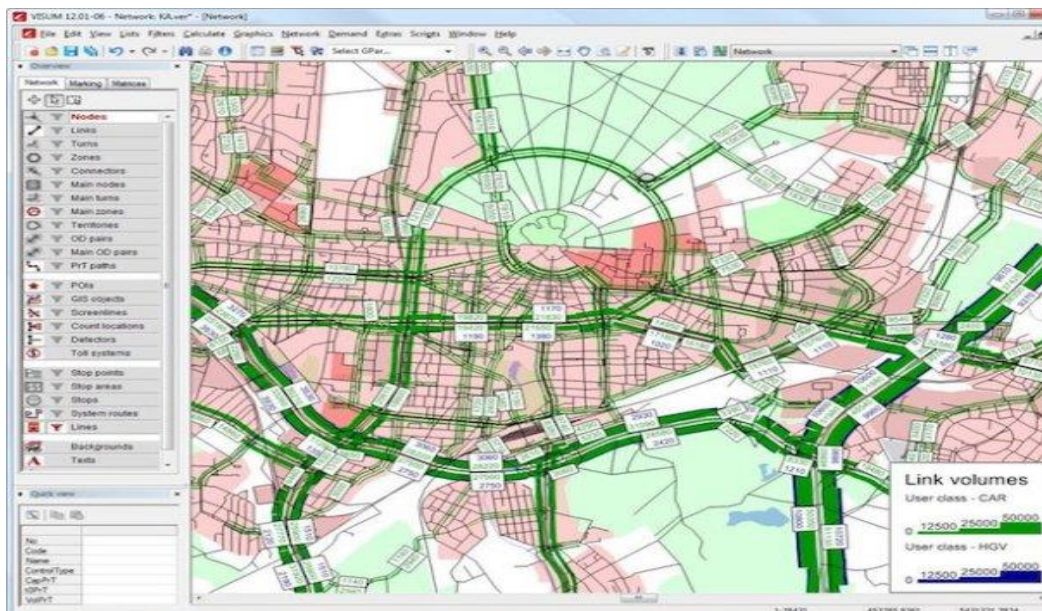
Ірі қалалар мен мегаполистердің көлік инфрақұрылымын модельдеу және болжау үшін АЖ мен қолданбалы ПҚ ерекше санатта болады. Логистика және зияткерлік көлік жүйелері Smart city дамуының басты бағыттарының бірі болып табылады.

Даму перспективаларын ескере отырып, 1 млн. адамнан кем емес халқы бар қаланың кез келген қалалық әкімшілігі қалалық көлік желісін және қозғалысты басқарудың интеллектуальды жүйелерін және жол жағдайының мониторингін дамытудың динамикалық жоспарларына қызығушылық

танытады. Қалалық көлік ағындарын модельдеу және жол жағдайын болжау үшін ұқсас жүйелердің интерфейстері 1.6 және 1.7 суреттерде көрсетілген.



Сурет 1.6 – Ірі қаланың көлік желісін дамытуды динамикалық жоспарлауға арналған TransNet ПҚ фрагменті



Сурет 1.7 – Ірі қаланың көлік желісін дамытуды динамикалық жоспарлау үшін көлік ағындарын модельдеу және жоспарлау үшін PTV Visum ПҚ фрагменті

1.2 – кестеде жоспарлаудың белгілі бір түрін қолдайтын АЖ тиісті және жоспарлаудың негізгі түрлері ұсынылған.



Кесте 1.2 – Жоспарлаудың белгілі бір түрін қолдайтын АЖ тиісті және жоспарлаудың негізгі түрлері

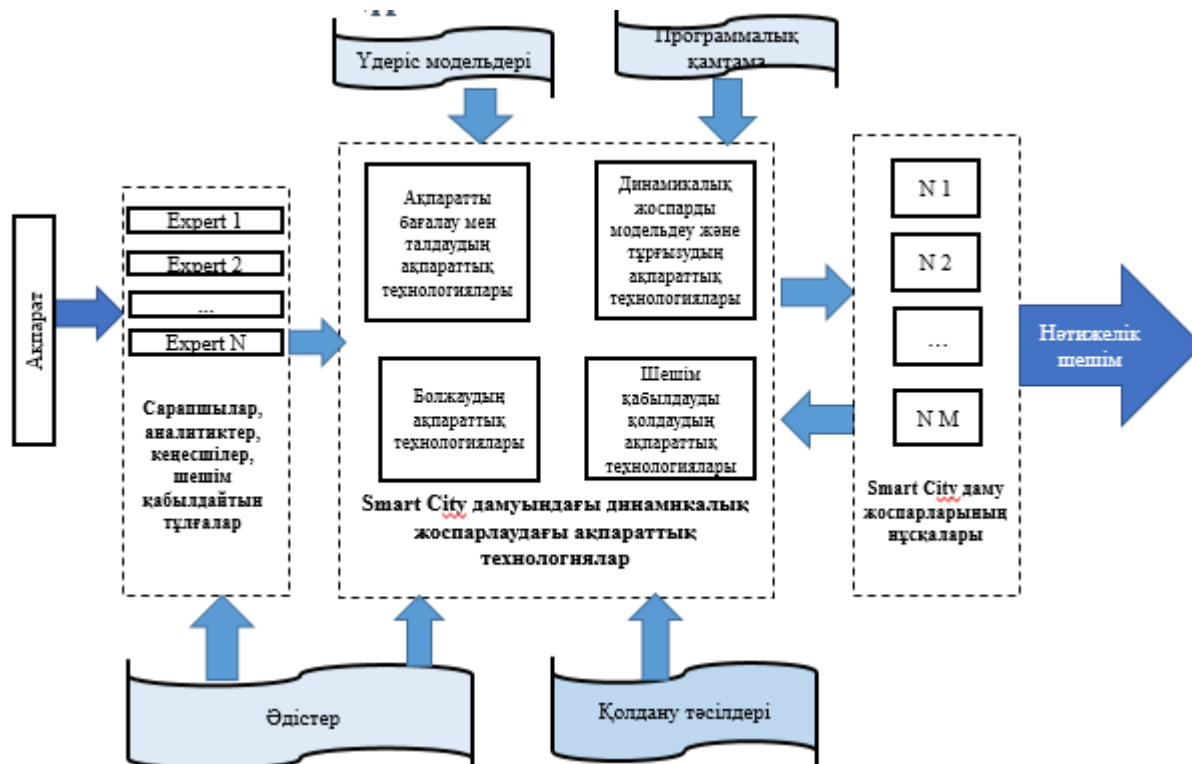
№	Жоспарлау түрі	Әдіснамасы	Әдіснаманы іске асыратын АЖ
1.	Мақсатты жоспарлау (МЖ)	STRIPS	Strips [15], Warplan [23], Interplan, WireLess, RAPSIm, PTV Visum, WireLess, MODELUR (Urban Design Extension), TransNet
2.	Ішінара реттелген жоспарлау (ІРЖ). МЖ.	NOAH	Noah [21], Nonlin [20], Tweak[17], Успор [19], ПП PTV Visum
3.	Жоспарланған граф (ЖГ). ІРЖ. МЖ.	GRAPHPLAN	Graphplan, Ipp [15]
4.	Иерархиялық жоспарлау.	O – PLAN	O–Plan, Planers-1 [18], Optimum.Aiv [22]
5.	Уақытша шектеулер негізінде жоспарлау. ІРЖ.	DEVISER	Deviser [23], Ixtet [20], Deskarte[20]
6.	Уақытша шектеулер негізінде жоспарлау. ІРЖ. Сызықтық программалау (СП).	ZENO	Zeno [24]
7.	СП	LPSAT	Lpsat[25], Satplan [26], Maxplan [27]
8.	Марков үдерістері. Динамикалық программалау. Жоспарлау бағандары	PGRAPHPLAN	Pgraphplan [28], Tgraphplan[28], Spi [29]
9.	Жағдайлық модельдеу. Жағдай дамуын жоспарлау	ROBOCUP	Robocup [30], Copycat [30]

1.3 – кестеде Күрделі жүйелердің ДЖ белгілі бір түрін қолдайтын АЖ артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылды. Талдау зерттеудің жалпы тапсырма қойылымы бойынша жүргізілді.

Кесте 1.3 – Күрделі жүйелердің ДЖ белгілі бір түрін қолдайтын АЖ артықшылықтары мен кемшіліктері

Салыстыру критерийлері	Белгілі бір әдіснаманы іске асыратын АЖ								
	Әдіснамалар								
	STRIPS	NOAH	GRAPHPLAN	O – PLAN	DEVISER	ZENO	LPSAT	PGRAPHPLAN	ROBOCUP
	АЖ және қолданбалы ПҚ пакеттері								
	Strips [15], Warplan [23], Interplan, WireLess, RAPSim, PTV Visum, WireLess, MODELUR (Urban Design Extension), TransNet	Noah [21], Nonlin [20], Tweak [17], Ucpop [19], ПП PTV Visum	Graphplan, Ipp [15]	O–Plan, Planers-1 [18], Optimum. Aiv [22]	Deviser [23], Ixtet [20], Deskarte[20]	Zeno [24]	Lpsat[25], Satplan [26], Maxplan [27]	Pgraphplan [28], Tgraphplan [28], Spi [29]	Robocup [30], Copycat [30]
Динамикалық режимде оңтайлы шешімді есептеу	-	-	+	+	-	+	+	-	-
Smart City спецификаны есепке алу	-	+	+	+	-	-	+	-	-
Ресурстарды бөлуді оңтайландыру	+	+	-	-	-	+	-	-	+
Smart City дамыту үшін оң және теріс әсерлердің айырмашылығы	-	+	-	-	-	-	-	-	-

1.8 – суретте Smart city ДЖ даму мәселелерін шешу кезінде ақпаратты өңдеу құрылымы ұсынылған. Суретте көрсетілгендей, ақпарат сарапшылар, талдаушылар және ШҚТ топтарымен өңделеді.



Сурет 1.8 – Smart city ДЖ дамуындағы есептерді шешу кезінде ақпаратты өңдеу құрылымы

"Ақпарат" блогынан деректерді өңдеу үшін деректерді талдаудың ықтимал статистикалық әдістері және сараптамалық бағалау қолданылады. Бұл кезең деректерді талдау және бағалау ақпараттық технологиялардың (АТ) көмегімен жүзеге асырылады. Ал келесі кезеңде динамикалық жоспардың модельдері, АТ тұрғызу және динамикалық жоспарларды модельдеу арқылы құрылады. Келесіде жоспарлаудың негізгі көрсеткіштері болжанады және оңтайлы көрсеткіштер мен жалпы оңтайлы жоспарды таңдау бойынша шешім қабылданады, әртүрлі әдістерді пайдалану тәсілдері анықталады және қажетті программалық қамтама (ПҚ) әзірленеді. Бұл АТ болжау және шешім қабылдау арқылы жүзеге асырылады.

Осылайша, біздің зерттеулеріміз шеңберінде ДЖ тапсырмаларын шешу үшін келесі АТ түрлерін әзірлеу қажет:

- ақпаратты талдау және бағалау ақпараттық технологиясы;
- Smart city динамикалық даму жоспарларын құру және модельдеудің ақпараттық технологиясы;
- Smart city дамуын болжаудың ақпараттық технологиясы;

– шешім қабылдауды қолдайтын АТ, мысалы, инвестициялық жобаларды бағалайтын немесе Smart city дамуының нақты бағыттарын таңдау сатысында тұрған.

Іс жүзінде, Smart city дамыту ДЖ-ның міндеті көп мақсатты міндет болып табылады. Оңтайландырудың және шешім қабылдаудың көп мақсатты міндеттері әртүрлі салаларда кездеседі: өндірісте, жобалау, қаржыландыру, жылжымалы объектілерді басқару, мұнай және газ өнеркәсібі, автомобиль дизайны және т.б. үдерістерінде немесе оңтайлы шешімдер екі немесе одан да көп қарама-қайшы мақсаттар арасында ымыралардың қатысуымен қабылдануы тиіс жерлерде. Пайданы барынша көбейту және отын шығынын барынша азайту, көлік құралдары отынының ең жоғары өнімділігі мен шығынын барынша азайтуды оңтайландырудың көптеген объективті мәселелерінің мысалдары болып табылады.

Егер көп мақсатты шешім жақсы қалыптасса, бірыңғай шешім болмауы керек. Бір мезгілде әрбір мақсаттардың толықтығы азайтылады. Әрбір мақсат оңтайландырылып, оны одан әрі оңтайландыруға тырысатын болсақ, нәтижесінде басқа мақсаттар зардап шегеді.

Мұндай шешім Smart city дамыту барысында оңтайландырудың көп мақсаттық міндеттерін жасау және шешім қабылдау кезінде негізгі мақсат болып табылады.

Белгісіздік, Smart city дамуын жоспарлаудың кез келген түрлерінде орын алады. Smart city-де белгісіздікті дамыту ДЖ міндеттерінде тәуекелмен байланысты. Күрделі жүйелердің дамуына әсер ететін тәуекелдерді модельдеу саласындағы зерттеулерді талдауға диссертациялық жұмыстың келесі параграфы арналған.

### **1.3 Күрделі жүйелердің дамуына әсер ететін тәуекелдерді модельдеу саласындағы зерттеулерге талдау жасау**

Тәуекелдер кез келген қызметке тән, ал ғылыми және технологиялық салалардың дамуына байланысты бар және потенциалды тәуекелдердің саны айтарлықтай баршылық.

Бүгінгі күні тәуекелдерді басқару үдерісі қолданбалы менеджменттің негізгі бағыты ретінде қарастырылады, тәуекел салалары мен тәуекелдердің негізгі түрлерін зерттеуге, оларды бағалаудың, бақылаудың және мониторингтің тиімді әдістерін іздестіруге, сондай-ақ тәуекел - менеджменттің тиісті жүйелерін құруға баса назар аударылады.

Түрлі қолданбалы міндеттердегі тәуекелдерді талдау - зерттеулердің өте кең және тез дамып келе жатқан салаларының бірі. Кез келген мәселені шешудің тиімділігі ең алдымен міндеттерді шешудің барлық кезеңдерінде шешім қабылдаудың дұрыстығы мен негізділігіне байланысты, және шешілетін міндеттердің күрделілігіне қарамастан өз кезегінде тәуекелдерді ескермей кету мүмкін емес. Кез келген үдерісті басқару үшін немесе жоспарлау тапсырмаларын шешу үшін тәуекелді талдай білу керек. Оның дәрежесін бағалау, қабылданған шешімнің салдарын болжай білу және тәуекелдің рұқсат

етілген шегінен шықпау қажет. Яғни, ДЖ тапсырмаларын тиімді шешу үшін тәуекелді көрсету, оны барынша төмен деңгейге дейін азайтуға ұмтыла отырып, алдын ала болжау қажет.

Тәуекелдің классикалық анықтамасы Ф. Найт жұмысында келтірілген [32]. Осы анықтамаға сәйкес, тәуекелге байланысты жағдайлар белгілі ықтималдықтармен сипатталады. Бұл ретте тәуекел жүйенің жай-күйінің кез келген болжанбаған өзгерістері ретінде анықталады. Кез келген үдерістің немесе жүйенің математикалық модельдерін құру кезінде әрдайым модельденетін үдерісте немесе жүйеде күйлердің өзгеру мүмкіндіктері мен салдарын бағалау қажеттілігі туындайды. Сондықтан тәуекел мерзімдері интеграцияланған сипатқа ие. Жүйелерде тәуекелдің болуы белгісіздікпен тікелей байланысты. Белгісіздік нысаны мен құрамы бойынша бірдей емес. Ф. Найт тәуекел және белгісіздік бірлестігінде шешім қабылдау үдерісін тұрғызады [33, 34] жұмыстарында авторлар тәуекелді белгілі бір шешімді таңдау арқылы шығындарды математикалық күту ретінде анықтайды. У. Наймес жұмысында тәуекелдің келесі анықтамасы беріледі: «Тәуекел – болжанатын нұсқамен салыстырғанда шығындардың немесе толық алынбаған кірістердің пайда болу ықтималдығы». Көптеген жұмыстарда тәуекелді «бірнеше балама жағдайында қандай да бір таңдау қателігінің немесе табысының ықтималдығы» ретінде бағалау ұсынылады. [35, 36] жұмыстарда тәуекелдердің жалпы теориясын құру қарастырылды. [37, 38] жұмыстарында көп факторлы тәуекелдер ұғымы қарастырылды.

Көптеген тәуекел анықтамаларын талдау жоғары сілтеме келтірілген әдебиеттерде тәуекел жағдайына тән негізгі ерекшеліктерді анықтауға мүмкіндік береді:

- ықтимал нәтижелердің қайсысы іске асырылатынын анықтайтын оқиғаның кездейсоқ сипаты (белгісіздіктің болуы);
- балама шешімдердің болуы;
- нәтижелердің ықтималдығы белгілі немесе оларды есептеуге болады;
- шығындардың пайда болу ықтималдығы;
- қызметтің салдарын бағалау ықтималдығы.

Тәуекел дәрежесін сандық бағалау, сондай-ақ белгілі ықтималдық бойынша сенімді интервалдарды құру мүмкіндігі тәуекелді төмендету мақсатында зерттелетін үдеріске үлкен сенімділікпен ықпал етуге мүмкіндік береді [35, 3 б].

Тәуекелдердің пайда болуының негізгі себебі ортаның белгісіздігі болып табылады, бұл өз кезегінде:

- сыртқы орта туралы толық және дұрыс ақпараттың болмауы;
- үдеріс немесе жүйе туралы ақпаратты қабылдау және өңдеу бойынша мүмкіндіктердің шектеулілігі;
- Smart city дамуын жоспарлау үдерісінде қолайсыз оқиғалардың пайда болуы;
- үдеріске қатысушылардың, оның ішінде бәсекелестердің саналы қарсы әрекеті;
- қақтығыстардың пайда болуы;

- келісім-шартты бұзу міндеттемелері;
- экономикаға және тағы басқаларға әсер ететін саяси шешімдер.

Әр түрлі міндеттерді шешу кезінде тәуекелді бағалау қажеттілігі үнемі туындайды. Тәуекелдерді бағалаудың екі түрі бар: "субъективті" бағалау, бұл "үлкен", "орташа", "кіші" типті тәуекелді бағалау. Бұл бағалау қабылданатын шешімдердің субъективті шешімдеріне тәуекел етеді. Сондай-ақ, ақпараттық жүйелерде пайдаланылатын тәуекелдерді "техникалық" бағалау бар, мысалы, экономикалық, инфрақұрылымдық, сақтандыру, экологиялық және т. б. тәуекелдерді барынша егжей-тегжейлі бағалау үшін.

Ф. Найт жұмысында пайда болу көздері тұрғысынан тәуекелдер сыртқы (эндогенді) және ішкі (экзогенді) болып бөлінеді.

Сыртқы ортаға сыртқы ортада туындайтын тәуекелдер жатады және жоспарланатын тараптың қызметіне тікелей байланысты емес.

Бұл: саяси, құқықтық, әлеуметтік және жалпы экономикалық тәуекелдер, табиғи сипаттағы тәуекелдер, адекватты емес құқықтық реттеу және т. б. болуы мүмкін.

Сыртқы тәуекелдер арасында бес негізгі топ бөлінеді:

- форс-мажорлық жағдайлардың тәуекелі - кез келген кәсіпорынның немесе мекеменің қызметіне теріс әсер ететін күтпеген жағдайлардан туындауы;

- мемлекеттік тәуекел - өз қызметін кәсіпорын немесе мекеме жүзеге асыратын елдің саяси, құқықтық немесе экономикалық саласында қызмет үшін қолайсыз жағдайлардың туындау мүмкіндігі;

- сыртқы - саяси тәуекел халықаралық қатынастардың, сондай-ақ кәсіпорынның немесе мекеменің қызметіне әсер ететін елдердің бірінің саяси ахуалының өзгеру ықтималдығы (соғыстар, халықаралық жанжалдар, шекаралардың жабылуы және т. б.);

- құқықтық тәуекел - түрлі елдер заңнамасының өзгеруіне байланысты қолайсыз жағдайдың туындау ықтималдығы;

- макроэкономикалық тәуекел - жекелеген нарықтардағы конъюнктураның немесе тұтастай экономикалық ахуалдың қолайсыз өзгеру ықтималдығы (экономикалық дағдарыс).

Ішкі қатерлерге нақты жүйенің қызметіне тікелей байланысты туындайтын тәуекелдер жатады. Сыртқы тәуекелдермен салыстырғанда ішкі тәуекелдер жақсы анықталады және өңделеді.

Ішкі тәуекелдер арасында қабылданған жіктемеге сәйкес тәуекелдердің бірнеше санаттарын анықтайды.

Бірінші топқа квантификацияланған тәуекелдер, яғни сандық бағалауға берілетін тәуекелдер жатады. Бірінші топқа төрт тәуекел санаты жатқызылған:

- несиелік тәуекел-бұл қаржылық келісімнің шарттарын орындауға немесе өзіне алған міндеттемелерді өз мойнына алған тараптың қабілетсіздігіне байланысты туындайтын капитал түсімдері үшін қолда бар немесе потенциалды тәуекел;

– өтімділік тәуекелі-бұл кәсіпорынның өз міндеттемелерін тиісті мерзімде орындауға қабілетсіздігінен пайда болатын түсімдер немесе капитал үшін қолда бар немесе потенциалды тәуекел;

– нарықтық тәуекел-бұл нарықтық конъюнктураның өзгеруі салдарынан мекеменің немесе кәсіпорынның кірістілігінің немесе активтері мен міндеттемелерінің құнының ықтимал өзгеруіне байланысты тәуекел;

– операциялық-технологиялық тәуекел-бұл әртүрлі себептермен мекеменің өмір сүру қаупін сипаттайтын тәуекел.

Екінші топты сандық түрде бағаланатын тәуекелдер құрайды (рұқсат етілмеген). Бұл келесі тәуекелдер: заңды, стратегиялық және репутациялық тәуекелі. Daykin C. D. және Pentikainen T. еңбектерінде көпфакторлы тәуекелдер және оларды басқару мәселелері қарастырылады.

1.4 - кестеде Smart city дамуында пайда болуы мүмкін белгісіздік түрлері және олардың тәуекелдердің әртүрлі түрлерімен байланысы ұсынылған [31-38 еңбектер бойынша].

Динамикалық жоспарлар мен әртүрлі ПП құрудың әртүрлі әдіснамаларын талдау нәтижесінде Smart city даму жолындағы ДЖ міндеттерін шешу үшін АТ қолданудың негізгі аспектілері анықталды:

– жоспарлау мақсаттарын нақты анықтау үшін жоспарлаудың қолданбалы міндетін жүйелік талдау және бастапқы деректерді талдау;

– динамикалық жоспарлардың құрылымын құру, белгісіздік пен тәуекелдерді бағалау үшін ақпараттық және математикалық модельдерді құру;

– Smart city дамуын болжау функцияларын құру;

– мультимодельдік және көп өлшемді тәсіл негізінде шешім қабылдау міндеттерін шешу;

– әзірлеу кезеңінде және іске асыру үдерісінде динамикалық жоспарларды құрудағы көп өлшемді бағалау;

– Smart city дамуындағы ДЖ тапсырмаларын шешу үшін ақпараттық-талдау жүйелерін құру.

Кесте 1.4 – Smart city дамуында пайда болуы мүмкін белгісіздік түрлері және олардың тәуекелдердің әртүрлі түрлерімен байланысы.

№	Белгісіздік			Белгісіздікпен байланысты тәуекелдер
	Түрі	Сипаты	Қайнар көзі	
1	2	3	4	5
1.	Перспективалық	Жүйе соңына дейін зерттелмеген, факторлардың болуы мүмкін.	Жүйенің күрделілігі, барлық ақпаратты алудың мүмкін еместігі. Күтпеген сыртқы әсерлер.	Негізгі параметрлер мәндерінің жоспарланғаннан теріс салдарлармен айтарлықтай ауытқу тәуекелі.

Кесте 1.4 жалғасы:

1	2	3	4	5
2.	Ретроспективті	Өткен жүйеледе тәртібі туралы ақпараттың толық немесе ішінара болмауы.	Жүйе туралы ақпараттың өңдеудің төмен тиімділігі. Ақпаратты жоғалту.	Жүйе (үдеріс) параметрлерінің тербеліс тәуекелі. Елеулі уақыт ауытқулары.
3.	Техникалық	Талдау құралдарының жеткіліксіз дәлдігі.	Болжау әдістерінің тиімсіздігі. Субъективтілігі.	Техникалық тәуекелдер. Бағалаудың дәлсіздігі.
4.	Ситуациялық	Жағдайдың толық немесе ішінара өзгеру ықтималдығы.	Жүйенің күрделілігі. Өзгерістерді болжаудың мүмкін еместігі. Күтпеген сыртқы әсерлер.	Ықтимал тәуекелдер. Негізгі параметрлер мәндерінің жоспарланған мәндерден айтарлықтай ауытқу тәуекелі.
5.	Стохастикалық	Зерттелетін үдерістердің ықтималдық сипаты.	Жүйенің немесе үдерістердің стохастикалық параметрлері.	Жүйенің мінез-құлқында кездейсоқ жағдайлардың болуы.
6.	Сыртқы ортаның (табиғаттың) жай-күйінің белгісіздігі.	Қабылдау кезінде табиғи жағдайларды толық немесе ішінара білмеу. Шешімдер.	Табиғи орта үдерістерін бақылаудың мүмкін еместігі.	Экологиялық және технологиялық тәуекелдер.
7.	Белгісіздік мақсатты қарсы іс-қимыл	Екі жақты өзара іс-қимыл кезінде толық немесе ішінара тараптардың ниеті туралы ақпараттың болмауы.	Қатысушылардың әр түрлі мақсаттары. Белсенді және пассивті қарсы әрекет.	Тәуекелдердің әртүрлі түрлері (экономикалық, экологиялық, техникалық, саяси).
8.	Белгісіздік мақсаттары	Бірнеше мақсаттарды есепке алу қажеттілігі, оның ішінде олардың ішінде қарама-қарсы.	Әр түрлі мақсаттары бар көптеген қатысушылардың болуы. Көп-өлшемді.	Үдеріс тиімділігінің төмендеу тәуекелі. Мақсатқа қол жеткізу тәуекелі.
9.	Құрылым белгісіздігі	Элементтер құрамының белгісіздігі	Жүйенің немесе үдерістің күрделілігі. Көптеген нұсқалар.	Дұрыс емес жоспарлау тәуекелі. Теріс қорытынды тәуекелі.
10.	Өлшем белгісіздігі	Қабылданатын өлшемдердің белгісіздігі. Шешім	Ақпаратты өңдеу жүйесінің тиімсіздігі. Субъективтілігі.	Параметрлерді дұрыс емес бағалау қаупі жүйенің (үдерістің). Теріс салдар тәуекелі.

Smart city дамуын динамикалық жоспарлау сыртқы ортамен туындайтын белгісіздік жағдайында болады. Толық және сенімді ақпараттың болмауы анықталатын және жоспарды жасау және іске асыру кезінде пайдаланылатын белгісіздік.



Белгісіздік белгісі бойынша барлық жоспарлы шешімдер үш топқа бөлінеді:

- айқындық жағдайында қабылданған;
- ықтимал анықтау жағдайында қабылданған (тәуекелге негізделген);
- толық белгісіздік жағдайында қабылданған (сенімсіз).

Нақтылық жағдайында жоспарлау ішкі және сыртқы ортаның жай-күйі, проблемалық жағдайлар туралы толық және шынайы ақпарат болған кезде жүзеге асырылады, жоспарланып отырған шешімдерді іске асырудың жоспарында, мақсаттарында, шектерінде көрсетіледі. Тапсырмалардың осы класс үшін мақсаттар мен шектеулер формальды түрде мақсатты функциялар мен кедір-бұдырлықтар түрінде анықталады. Бір мақсат кезінде артықшылық функциясы мақсатты функциямен, ал көп мақсат жағдайында – мақсатты функциялардың функционалдық тәуелділігімен сәйкес келеді. Мұндай шешім, таңдау қабылдауға байланысты тәуекелдерді қамтымайды. Толық ақпараттық айқындық жағдайында шешімдер жедел-күңтізбелік жоспарлауда қабылданады.

ДЖ міндеттерінің көпшілігі үшін ақпараттың толық болмауы және белгісіздігі, ол оларды шешу үшін модельдерді құруға мүмкіндік бермейді. Сондықтан тәуекел және белгісіздік факторлары Smart city дамуының динамикалық жоспарын құру кезінде немесе оның жекелеген кезеңдерін құру кезінде есепке алуға және бағалауға жатады.

Тәуекелдер мен белгісіздіктердің барлық түрлерін есепке алу ДЖ басты міндеті болып табылады. Бұл міндетті шешу сапасына байланысты ДЖ міндеттерін шешу тиімділігі тәуелді болады[87].

#### **1.4. Күрделі жүйелердің дамуын динамикалық жоспарлау үдерісінде шешім қабылдау және көп өлшемді мен көп мақсатты талдау әдістері**

Күрделі жүйелерді дамыту мәселелерінде шешім қабылдау жоспарлау теориясының басты үдерістерінің бірі болып табылады. Шешім қабылдаудың көп өлшемді және көп мақсатты міндеттерін шешудің ерекшеліктері мен әдістерін зерттеуге әлемнің көптеген елдерінде көптеген ғылыми жұмыстар арналған [39-54].

Бұл сұрақтар ойын теориясы, математикалық экономика, статистикалық шешімдер теориясы, операцияларды зерттеу, оңтайлы басқару теориясы бойынша көптеген жұмыстарда және басқа салаларда да қарастырылады, онда шешім қабылдаудың көп өлшемді модельдері зерттеледі.

Шешім қабылдау міндеттерін шешу саласынан көптеген жұмыстар көрсетіп отырғандай, дәстүрлі оңтайландыру құралдарын қолдану тиісті уақыт ішінде қалаған нәтижеге қол жеткізуге мүмкіндік бермейді. Бұл үшін айтарлықтай есептеу ресурстары қажет. Сондықтан соңғы уақытта классикалық әдістердің негізгі кемшіліктерін болдырмауға мүмкіндік беретін шешімдер қабылдаудың күрделі міндеттерін шешу саласындағы жаңа бағыттарға көбірек назар аударылады. Мұндай шешімді табу күрделі жүйелерді, оның ішінде Smart City дамыту кезінде көп мақсаттық оңтайландыру міндеттерін құру және шешу кезінде шешім қабылдаудың мақсаты болып табылады [123].

Математикалық өрнекте көп мақсатты тапсырма қойылымы төмендегі (1.1) өрнекте ұсынылуы мүмкін :

$$\min_x [\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x)], \quad (1.1)$$

мұндағы  $\mu_i$  -  $i$  – мақсатты функция,  $X$  – шешімді оңтайландыру векторы.

Бір мақсатты жақсарту кем дегенде бір басқа мақсаттың нашарлауымен ғана жүзеге асырылуы мүмкін, Парето жиын нүктелерінің жиынтығы көрсетілген тапсырманы шешімі болып табылады. Осылайша, мәселенің жалғыз шешімін табудың орнына (әдетте дәстүрлі математикалық программалауда орын алады), көп мақсатты мәселені шешу Парето жиын нүктелері болып табылады (мүмкін шексіз). Бұл тәсіл көптеген белгілі көп мақсатты әдістердің негізінде жатыр.

Көп мақсатты тапсырмаларды шешу үшін белгілі бір шарттар орындалуы тиіс. Атап айтқанда, сапа критерийлеріне әсер ететін тәуелсіз айнымалыларды белгілі бір шектерде өзгерту мүмкіндігі болуы тиіс. Кейбір шектерде өзгертуге болатын және сапаның барлық өлшемдеріне белгілі бір түрде әсер ететін кез келген тәуелсіз айнымалы шамасын, тек кейбіреуінде ғана басқарушы айнымалы деп атайды. Барлық айнымалы басқарушылардың жиынтығын басқару векторы ретінде қарастыруға болады.

Мақсат кеңістігі - координаттары барлық мақсаттардың мәні болып табылатын кеңістік.

Мақсат векторларының барлық ықтимал мәндері жатқан мақсаттар кеңістігінен көптеген нүктелер мақсатты анықтау аймағы деп аталады. Басқарушы айнымалылардан сапа өлшемдерінің тәуелділігін мақсат кеңістігіне басқару кеңістігінің кейбір көріністерін В. Подиновский мен Э. Вилкас еңбектерінен көруге болады.

Толық емес ақпарат пен өзгермелі жағдайларда қабылданатын шешімдер жиі аналитикалық тәсілді, яғни ықтимал баламаларды және тиісті нәтижелерді жүйелі бағалауды, содан кейін олардың біреуін таңдауды талап етеді.

Шешім қабылдаудың бірқатар аналитикалық модельдері белгілі. Ең кең қолданылатын пайдалы максимализация моделі болып табылады. Кейбір жоспарлау міндеттерін шешу кезінде М. Глушковпен және С. Поспеловпен әзірленген программалық-мақсатты тәсіл де қолданылады. Бұл тәсілдің негізі жоспарлы шешімдер қабылдаудың нақты үдерістер болып табылады.

Қазіргі уақытта оңтайландыру мен шешім қабылдаудың көп өлшемді және көп мақсатты мәселелерін шешудің бірнеше негізгі тәсілдері бар.

Олардың негізгілерін анықтаймыз.

1. Векторлық критерийді жинақтау арқылы скаляр оңтайландыруға таңдаудың көп өлшемді есебін жинақтау (Гермейер Ю. Б. [42], Евланов Л.Г. [43], Краснощеков П. С. [44], Штоер Р. [45]).

2. Тәуекел және белгісіздік жағдайында дискретті жиыннан баламаларды қысқа критериалды таңдау үшін пайдалылық теориясын қолдану негізінде тәсіл (Кини Р.Л., Райф Х. [46], Борисов А. Н. [47]).

3. Векторлық критерий бойынша ұтымды таңдауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін көп шкалалы экстремалды механизмдерді таңдаудың абстрактілі моделі негізіндегі тәсіл (Айзерман М. А. [48], Емельянов С. В. [49], Березовский Б. А. [50] және т.б.).

4. Аксиоманың көптігі түрінде қалыптастырылған оңтайлы шешімге қойылатын талаптардың кейбір жүйесі негізіндегі тәсіл. Яғни, бұл аксиома жүйесінің салдары ретінде көп өлшемді таңдау схемасы шығарылады (Поудиновский В. В. [51], Вилкас Э. И. [52] және т.б.).

5. Интерактивті режимде оңтайландырудың көп өлшемді міндеттерін шешудің адам-машина процедураларын әзірлеу (Емельянов В. Л. [49], Штоер Р. [45]).

6. Көп өлшемді оңтайландыру есептерінің кейбір кластары үшін ымыраға келу аймағын және оған сәйкес келетін көптеген Парето-оңтайлы шешімдерді құру (Поудиновский В. В. [51], Ларичев О. И. [53, 54]).

Шешім қабылдаудың көп өлшемді міндеттерін шешу Smart city дамуының ДЖ ажырамас бөлігі болып табылады. Smart city ДЖ мәселелерін шешу үшін белгісіздік, тәуекелділіктер және уақытша шектеулер жағдайында жоспарлау міндеттерін барынша тиімді шешетін, шешім қабылдау әдістерін пайдаланудың жаңа АТ әзірлеу қажет.

## **1.5 Бірінші тарау бойынша қорытынды**

Диссертацияның бірінші тарауында көрсетілгендей, күрделі жүйелерді дамытудың қазіргі әдістері мен технологиялары, оларға белгілі бір кемшіліктерінен айырылмаған Smart city да жатқызуға болады. Бұл жағдай олардың жұмысын жақсарту, жаңа әдістер мен алгоритмдерді құру мүмкіндігі туралы айтуға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, Smart city дамыту бойынша шешім қабылдау ДЖ технологияларын талдау келесі шешілмеген мәселелердің бар екендігін көрсетті:

– динамикалық жоспарлау міндеттерін шешудің жалпы теориясы мен әдіснамасының болмауы және әртүрлі типтегі белгісіздіктер мен тәуекелдерді ескере отырып, Smart city-ді дамыту бойынша шешім қабылдау керек екендігін;

– сыртқы ортаның белгісіздіктері мен тәуекелдерін ескере отырып, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлардың құрылымдық элементтерін құрудың (синтезінің) теориялық сипаттамасының болмауы;

– Smart city динамикалық даму жоспарын құрудың әр түрлі кезеңдерінде қажетті білім мен үдерістерінің әр түрлі күрделі түрлерін модельдеу, сонымен қатар адекватты әдістер мен ақпараттық технологияларды әзірлеу қажеттілігін;

– Smart city-ді дамыту бойынша тиімді динамикалық жоспарды құру және шешім қабылдау үшін қажетті бейімдеу әдістері мен ақпараттық болжау технологияларын әзірлеу қажеттілігі;

– Smart city динамикалық даму жоспарларын құру үшін деректерді талдау әдістерінің, модельдеу әдістерінің, шешім қабылдау әдістерінің, болжау әдістерінің аралас пайдаланылуы және интеграцияның ақпараттық технологияның құру әдістерінің болмауы;

– динамикалық жоспарлау тапсырмаларын шешу үшін және сыртқы қоршаған ортаның өзгерістеріне бейімделе отырып, әртүрлі белгісіздіктер мен тәуекелдерді ескере отырып шешім қабылдау үшін ақпараттық-аналитикалық жүйелерін әзірлеу қажеттілігі.

Қорыта келе, Smart city дамыту бойынша жоспарлау мен болжаудың қазіргі заманғы ақпараттық технологияларының жаңа құралы ретінде ДЖ міндеттерін тиімді шешу және шешімдер қабылдау мәселесі, сондай-ақ осы мәселелерді ғылыми және әдіснамалық зерттеудің жеткіліксіз деңгейі, осы салада терең зерттеулер жүргізуді өзекті етеді.

ДЖ міндеттерін шешу және шешім қабылдау үшін диссертацияның келесі тарауларында төмендегі сұрақтарды қарастыру қажет:

– әдістерді әзірлеу: Smart city ДЖ тапсырмаларын шешу үшін АТ синтезі; динамикалық ортада ақпараттың өзгеруін ескеретін ақпаратты талдау және бағалау; Smart city ДЖ тапсырмаларын шешу үшін жағдайды бағалау кезінде тәуекелдер мен белгісіздіктерді бағалау; ықтимал-статистикалық әдістер мен анық емес ситуациялық желілер негізінде Smart city жағдайын модельдеу.

– Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлаудың қолданбалы тапсырмаларын шешу үшін аспаптық құралдар әзірлеу.

Тарау бойынша негізгі зерттеу нәтижелері келесі ғылыми жарияланымдарда келтірілген [61, 62, 87, 116, 117, 123].

## **2 SMART CITY ДАМУЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ ЕСЕПТЕРІНДЕ АҚПАРАТТЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ӨНДЕУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ**

Қазіргі заманауи жағдайда қала басшыларының алдында тұрған маңызды міндеттер – бұл "ақылды" қала инфрақұрылымын құру, ол төмендегідей жағдайды қамтамасыз етуге қабілетті болар еді:

- халықтың жоғары өмір сүру деңгейін қамтамасыз ету кезінде табиғи ресурстарды барынша тиімді жұмсау;

- орталықтандырылған басқарудың түбегейлі жаңа мүмкіндіктерімен инфрақұрылымды жаңғыртуға бағытталған қала дамуының әртүрлі үдерістерін біріктіру;

- қызметтердің жаңа деңгейі және қауіпсіздігі.

Қаланы дамытудың осындай "ақылды" стратегиясының негізінде, қаланы тиімді басқару үшін әкімшілік аппаратқа қажетті, әртүрлі деректерді орталықтан жинауға, оларды өңдеуге және сол сапада көрсетуге мүмкіндік беретін технологиялық артықшылықтар жатыр [55, 56].

Осындай "ақылды" инфрақұрылымдардың көмегімен ресурстардың артық тұтынылуын 10-30% - ға азайтуға болады. Бұл қазіргі әлемде өте маңызды. Тұрақты дамуды қамтамасыз ету үшін Smart city тұжырымдамасын енгізу олардың ішкі жүйелерін (энергетика, көлік, ғимараттар, сумен жабдықтау, мемлекеттік қызметтер) зияткерлендіруге негізделген. Оны жүзеге асыру үшін, әдетте, [57] Smart city-дің бірнеше негізгі компоненттерін ерекше айтып кетуге болады:

- энергиямен қамтамасыз ету және энергия бақылау: автоматты және автоматтандырылған зияткерлік энергия желілері және икемді тарату жүйелері; сұранысты есепке алу мен реттеудің зияткерлік жүйелері; ғимараттар мен құрылыстардың энергия тиімділігін арттыру; энергияның экологиялық таза және жаңартылатын түрлерін енгізу;

- сумен жабдықтау және су бөлу: автоматты және автоматтандырылған су тарту, су бөлу жүйелері; зияткерлік есепке алу және реттеу жүйелері;

- көлік: қалалық көлік ағындарын, сондай-ақ жол жабынының сапасын зияткерлік бақылау жүйелері; электр көлігіне арналған зарядтау станцияларының инфрақұрылымын дамыту; жол қозғалысын және қалалық көлікті басқару жөніндегі программалық-аппараттық кешендер (метро, троллейбустар, автобустар, трамвайлар);

- қауіпсіздік: бейне тіркеу және бейнебақылау жүйелері; аса маңызды қалалық инфрақұрылымның физикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін жүйелер; жедел және авариялық қызметтерді шақырудың зияткерлендірілген жүйелері және т. б.;

- білім беру және денсаулық сақтау: қашықтықтан оқыту жүйесін, қалалық программалардың іске асырылу барысы туралы хабарлау тетіктерін енгізу, дәрігерлерге электрондық жазылу және т. б.;

- қала үкіметі: шешім қабылдауды қолдау жүйелері, қалалық инфрақұрылымның дамуын талдау және болжау, муниципалды қызметтерді

электронды түрде ұсыну қызметтері, деректерді ашық автоматты түрде жариялау;

– тұрғындар: Smart city тұжырымдамасы аясында қалалық инфрақұрылым объектілері мен ақпараттық қызметтерді пайдаланушылар; "кері байланыс" режимінде ақпарат жеткізушілер.

Smart city-ді дамытуды тиімді динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу және шешім қабылдау үшін жоспарлау объектілері жұмыс істейтін сыртқы ортаны талдау (ағымдағы ахуалды талдау) қажет. Сыртқы орта жоспарлау кезінде алға қойылған мақсаттарға жету мүмкіндігі мен қабілетіне тікелей немесе жанама әсер ететін экономикалық, әлеуметтік және саяси факторлар мен субъектілердің жиынтығы ретінде анықталады [56, 7 б]. Smart city-ді дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу мақсатында сыртқы ортада бағдарлану үшін сыртқы ортаның (жағдайдың) негізгі сипаттамаларын нақты айқындау қажет. Сыртқы ортаның келесі негізгі сипаттамаларын анықтауға болады [58, 59, 60]:

– күрделілік - Smart city дамытуды жоспарлау үдерісіне әсер ететін факторлардың саны мен әртүрлілігі;

– факторлар арасындағы байланыстар жиынтығы, яғни бір параметрдің (фактордың) өзгеруі Smart city даму жоспарының басқа параметрлерінің өзгеруіне әсер ететін күш;

– динамикалық - сыртқы ортада өзгерістер болатын жылдамдық (жағдайдың өзгеруі) және бастапқыда әзірленген Smart city даму жоспарына әсер ету жылдамдығы;

– белгісіздік (әлсіз құрылым).

Осындай ақпараттық сипаттамаларды бөлектеу, әзірлеу және қоршаған ортаны сипаттау үшін ақпаратты талдау жүйелі тәсілді қолдану және сыртқы ортаны Smart city-дің әзірленіп жатқан даму жоспарына әсер ететін жүйе немесе жүйелер жиынтығы ретінде қарастыру қажет екенін көрсетеді. Дәл осы тәсіл аясында кез-келген объектіні құрылымдалған жүйе түрінде ұсыну, жүйенің элементтерін, олардың арасындағы қатынастарды және элементтердің және тұтас жүйенің даму динамикасын ажырату әдетке айналады. Сондықтан Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлаудың әртүрлі кезеңдерінде сыртқы ортаны зерделеу және одан әрі пайдалану үшін қажетті ақпаратты жинақтау үшін пайдаланылатын ақпаратты талдау және өңдеу динамикалық жоспарлаудың қажетті компоненті ретінде қарастырылуы қажет [61-62].

Бұл тарауда Smart city дамыту жоспарларын іске асыруға ықпал ететін динамикалық жоспарлар мен тиісті ақпараттық жүйелерді құру үшін қажетті әдістерді, модельдерді, сондай-ақ ақпаратты талдау рәсімдерін синтездеудің жалпы тәсілдері қаралатын болады.

## **2.1 Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттеріндегі ақпаратты талдау және өңдеу әдістері**

Ақпаратты талдау және өңдеу – жоспарлау үдерісінің бастапқы кезеңі.

Бұл кезеңде Smart city-ді дамыту жоспарын құру үдерісіне әсер ететін әртүрлі сипаттағы нақты үдерістер зерттеледі. Бұл кезеңді елемеу белгілі бір үдеріс үшін жоспар моделін құрудың мүмкін еместігіне және олардың жоспарлау мәселесін шешуге жарамдылығына әкеледі.

Ақпаратты талдау және өңдеу кезеңінде келесі міндеттер шешіледі:

- мақсаттар мен олардың иерархиясын, сондай-ақ мақсатты күйлердің санын және олардың параметрлерін анықтау;
- Smart city дамыту кезеңдері арасында байланыс орнату;
- сыртқы әсерлер мен қарсылықтар және олардың түрін анықтау және кездейсоқ шамаларды бөлудің нақты түрлерін қолдана отырып, оларды статистикалық сипаттау мүмкіндігін белгілеу;
- тәуекелдің негізгі түрлерін және олардың көрсеткіштерін талдау және белгілеу;
- негізгі белгісіздіктерді және оларды жеңу әдістерін анықтау;
- үдерісті жеке ішкі үдерістерге бөлу мүмкіндігін белгілеу - егер үдеріс иерархиялық құрылымға ие болса, онда деңгейді нақты ажырату, олардың әрқайсысының функцияларын анықтау және олардың арасындағы байланыс түрін құру қажет;
- үдерістің жұмыс істеу ерекшеліктері және оның өту заңдылықтары туралы білімді табу;
- бұрын жасалған модельдердің кемшіліктері мен артықшылықтарын бағалау және орнату, сондай-ақ оларды өзгерту мүмкіндігін анықтау.

Алынған ақпарат жоспардың құрылымын немесе эксперименттік мәліметтер арқылы бағаланатын бірнеше балама нұсқаларды бағалау үшін қолданылады. Зерттелетін үдерістің жұмысына талдау жасау кезінде әр түрлі ақпаратты пайдалану және салыстыру ұсынылады. Бұл әсіресе қарама-қайшылықтар, олқылықтар, қателер және кідірістер туралы ақпарат алуға болатын үдерістерге қатысты екені Д. Поспелов еңбегінде келтірілген.

Ақпаратты талдау әдістері екі топқа бөлінеді Р. Кини өз жұмысында келтіріп кеткен: сапалы ақпаратты талдау әдістері және сандық ақпаратты талдау әдістері. Динамикалық жоспарлаудың негізгі мақсаттарын анықтау үшін сапалы ақпаратты талдау әдістері қолданылады. Статистикалық процедураларға негізделген сандық ақпаратты талдау әдістерінен айырмашылығы, сапалы ақпаратты талдау әдістері күрделі процедура болып табылады. Олар үдерістің көптеген көріністерін зерттеуге бағытталған және оның сандық заңдылықтарын ғана емес, сонымен қатар себеп-салдарлық байланыстарды ашуға бағытталған. Сапалы ақпаратты талдаудың негізгі әдістері-сараптамалық бағалау әдістері [63-65], көп өлшемді талдау әдістері [66,67], SWOT талдау [68,69] және ситуациялық талдау [70,71].

Динамикалық жоспарлау мәселелерін шешудегі ақпаратты сандық бағалау белгісіздік пен тәуекелдерді талдау, статистикалық талдау, ықтимал есептеулер және сарапшылардың көмегімен жүзеге асырылатын танымдық талдау әдістері негізінде жүзеге асырылады. Сапалық және сандық ақпаратты талдау үдерісінде әр түрлі жоспарлау мәселелерін шешуде динамикалық жоспардың өлшемдері мен сандық көрсеткіштері анықталынады.

Динамикалық жоспарлау мәселелерін шешуде қолданылатын критерийлердің негізгі топтары сапалық және сандық болып табылады [72,73]. Сапалық критерийлерді қалыптастыру үшін сараптамалық бағалау қолданылады. Жоспарлау үдерісінде Smart city объектісі немесе оның компоненттері, мысалы, энергиямен және сумен жабдықтау, энергиямен және сумен бөлу жүйелері және т.б. шешім қабылдау тұрғысынан қарастырылады.

Сарапшылар проблемалық жағдайды сипаттайды, оны мүмкін балама жағдайлардың көмегімен нақтылайды, жоспарлаудың көптеген мақсаттарын және жоспардың көптеген нұсқаларын анықтайды. Көптеген жоспарлар, мақсаттар мен жағдайлар үшін сарапшылардың артықшылығы - олар жоспарлардың сапасын бағалаудың әртүрлі аспектілерін: жоспарлау мақсаттарына жету дәрежесі, мерзімі, әртүрлі ресурстардың шығындары анықтай алады.

Мақсаттарды анықтау кезінде сарапшылар олардың салыстырмалы маңыздылығын бағалай алады және олардың арасындағы байланысты орната алады[120].

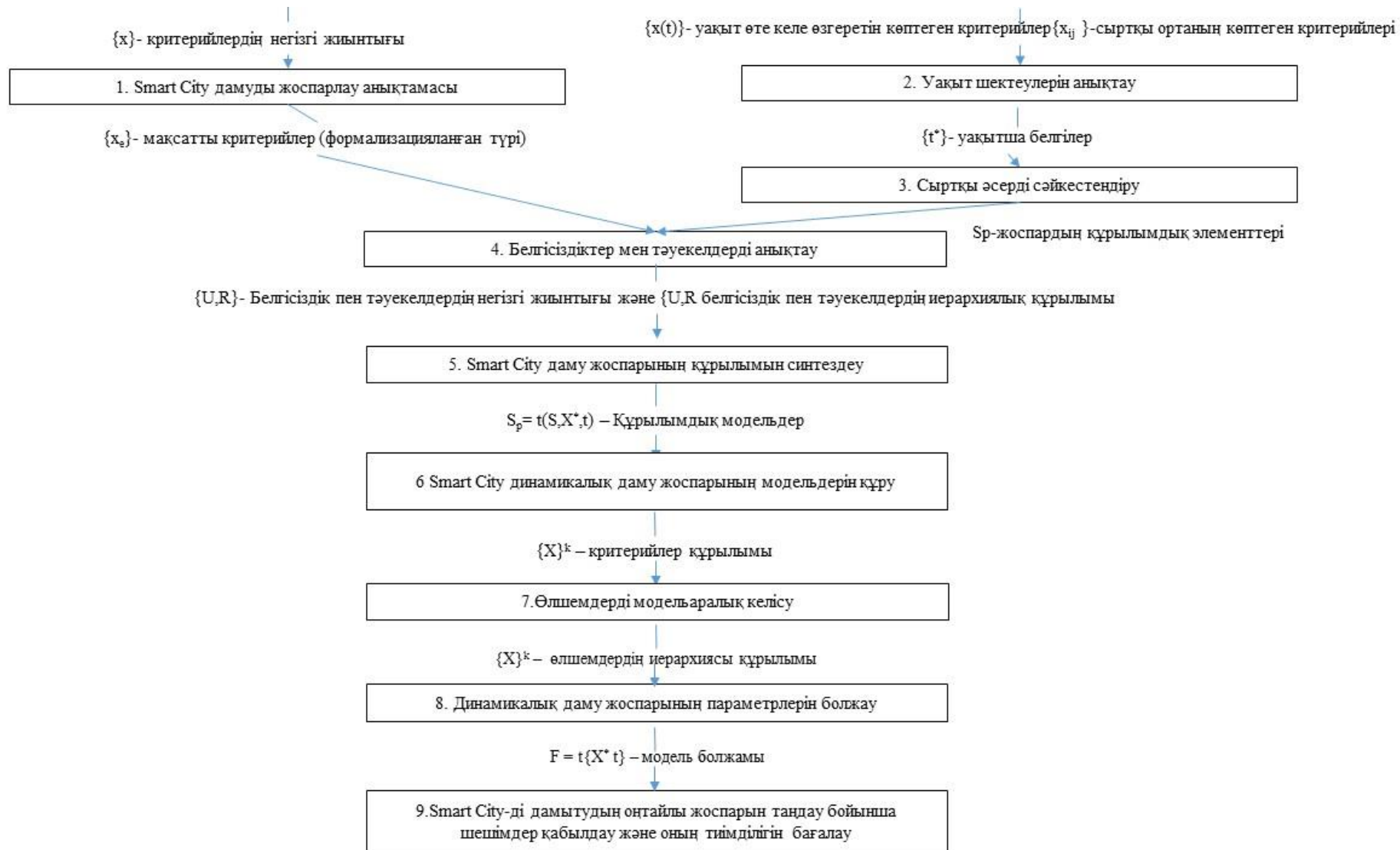
Сандық критерийлер үшін екі топқа бөлінеді: абсолютті және салыстырмалы критерийлер. Абсолютті критерийлер тобына мақсат критерийлері  $X_g$ , уақыт критерийлері  $X(t)$ , құндылық критерийлері және сапа критерийлері кіреді. Салыстырмалы критерийлер тобы жоспарларды салыстыру критерийлерінен және таңдау мәселелерін шешуде баламаларды салыстыру критерийлерінен, сондай-ақ динамикалық жоспарларды бағалау үшін сапа критерийлерінен тұрады. Әр түрлі критерийлер топтарын қолдана отырып, динамикалық жоспарларды жасау кезінде ақпаратты түрлендіру кезеңдерінің жалпы сұлбасы 2.1 - суретте көрсетілген.

Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау және шешімдер қабылдау міндеттерін неғұрлым тиімді шешу және ақпараттық технологиялар жиынтығын жүйелі пайдалану үшін ұсынылады:

- ақпараттық технологияны талдау және бағалау;
- динамикалық жоспарлардың ақпараттық технологияны әзірлеу және талдау;
- ақпараттық технологияны болжау және ақпараттық технологияның шешім қабылдауын қолдау және т.б. диссертация аясында ақпараттық технологияларды синтездеу әдісі.

Әрбір ақпараттық технология Smart city-ді дамыту бойынша динамикалық жоспарлау мен шешім қабылдаудың жекелеген міндеттерін шешетін аспаптық әдістерді жүйелі пайдалануға негізделген. Аспаптық әдістер топтары таңдау түрі мен механизміне және Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлаудың нақты міндетіне байланысты қолданылады (1.1 – суретте көрсетілген).





Сурет 2.1 – Өлшемдердің әртүрлі топтарын пайдалана отырып, динамикалық жоспарларды әзірлеу кезінде ақпаратты түрлендіру кезеңдерінің сұлбасы

Ақпаратты талдау және бағалаудың ақпараттық технологиясы ақпаратты өңдеу тапсырмалары үшін қолданылады. Бұл ретте сараптамалық ақпаратты талдау және өңдеу әдістері, когнитивті модельдеу әдістері және т.б. пайдаланылады. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында ақпаратты бағалау және талдау үшін АТ және программалық қамтамасыз ету (ПҚ) архитектурасы 2.2 – суретте көрсетілген.

Smart city дамуындағы динамикалық жоспарларды тұрғызу және модельдеудің ақпараттық технологиясы динамикалық жоспар құрылымын құру тапсырмалары үшін қолданылады. Бұл жағдайда теориялық және графикалық модельдер тәуекелдерді талдау және есептеу әдістерін, күй кеңістігінде іздеу алгоритмдерін, анық емес ситуациялық желілер, Петри желілері (уақытша және түсті) негізінде модельдеуді қолданады [71, 219 б]. Жалпы алғанда, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу үшін ақпараттық технологияларды синтездеу әдісі 2.3 – суретте көрсетілген.

Болжаудың ақпараттық технологиясы күйлердің даму болжамдарын құру және Smart city дамуындағы динамикалық жоспарының көрсеткіштерін болжау тапсырмалары үшін пайдаланылады.

Шешімдер қабылдауды қолдаудың ақпараттық технологиясы – динамикалық жоспарлаудың әртүрлі кезеңдерінде шешім қабылдау және Smart City-ді дамуындағы тиімді динамикалық жоспарын таңдау үшін керек.

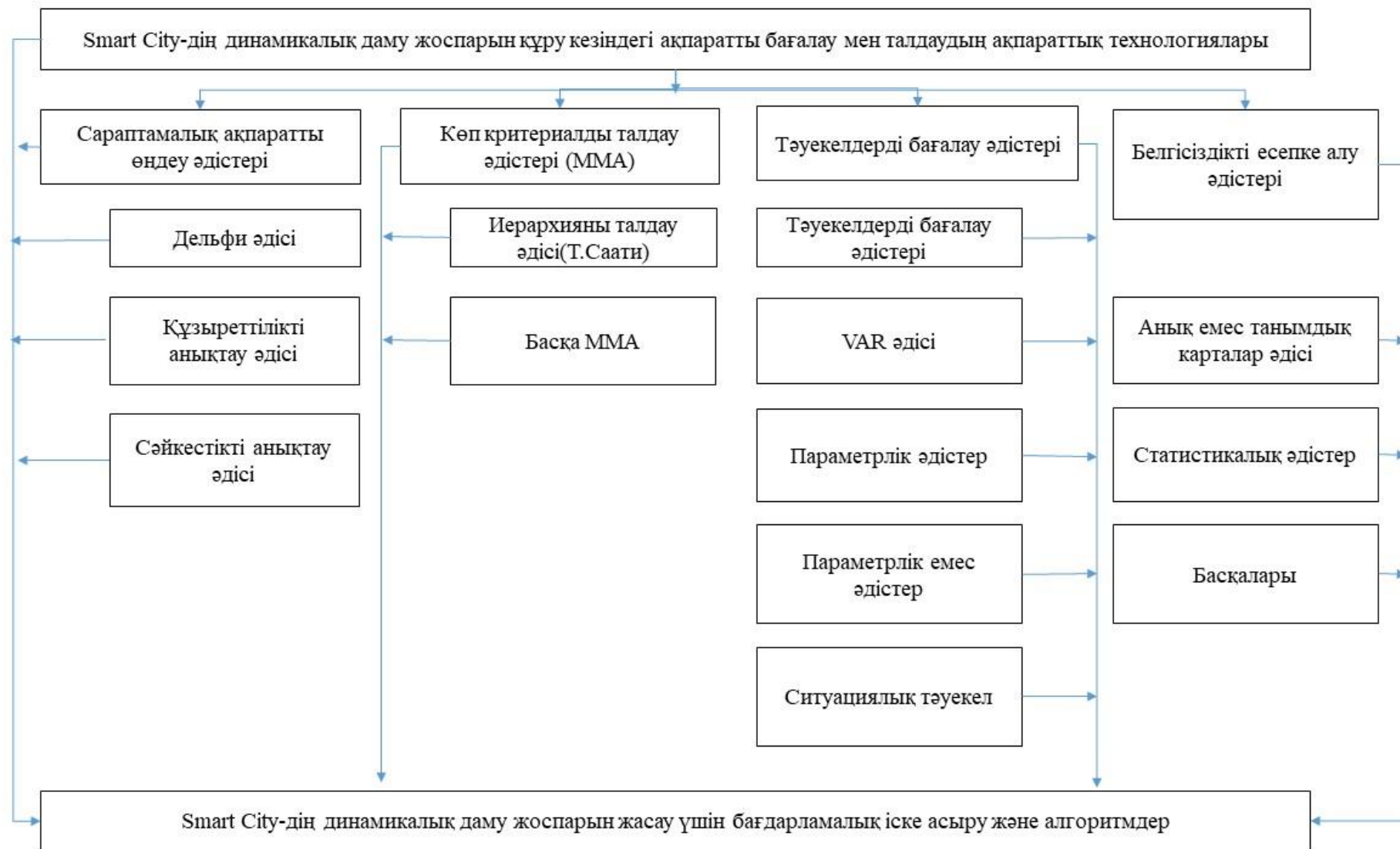
Барлық әдістерді бөлек қолдануға болады – жеке мәселелерді шешу және динамикалық жоспарлау мәселесін жүйелі түрде шешу үшін де.

Шешілетін міндеттердің түріне байланысты жүйелі әдіснаманы Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлаудың әртүрлі түрлерінде қолдануға болады. Сонымен қатар, ұсынылған ақпараттық технологияларды әртүрлі тізбектерде қолдануға болады.

2.1 – кестеде әр түрлі динамикалық жоспарлау үшін ақпараттық технологияларды қолдану дәйектілігі көрсетілген.

2.4 – суретте Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тапсырмаларын шешу кезінде ақпараттық технологияларды пайдалану әдістемесі ұсынылған. Әр түрлі жоспарлау мәселелерін шешу үшін ақпараттық технологиялар мен ақпараттық технологияларды қолданудың ұсынылған әдістемесі [57, 740 б; 59, 520 б; 46, 3156; 63, 188 б] диссертацияның келесі бөлімдерінде егжей-тегжейлі қарастырылды.

Күрделі ақпараттық есептерді шешудің әртүрлі әдістеріне негізделген синтез әдістерін құру, қолданбалы саланы жүйелік талдауға және есептерді шешудің мақсаттары мен әдістерін нақты анықтауға негізделген [72,74,75]. Сондай-ақ мультимодельді және көп өлшемді тәсілдер мен әртүрлі ақпаратты интеграциялау принциптері бойынша [76,77].



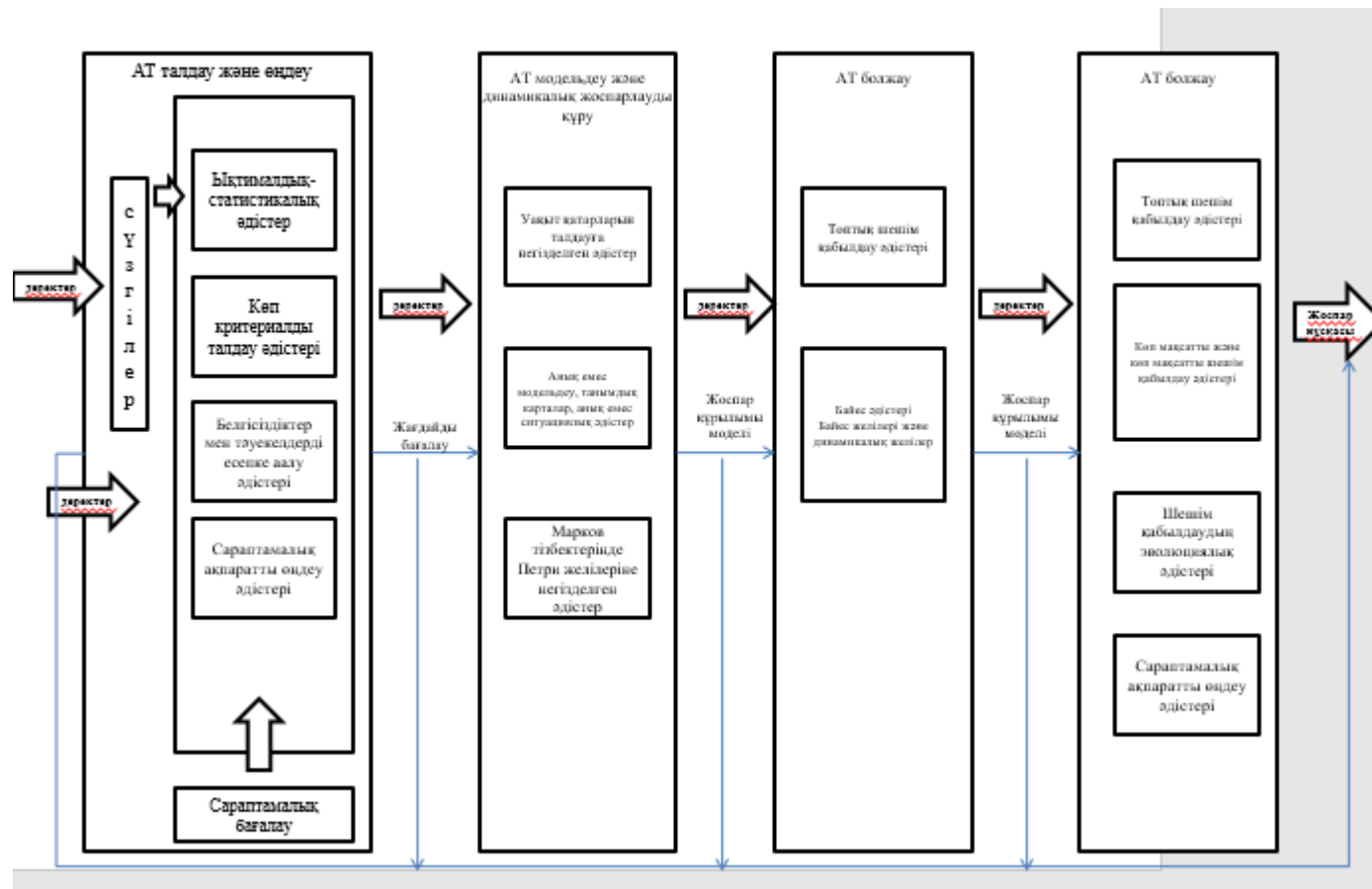
Сурет 2.2 – Smart city дамуындағы ДЖ барысында ақпаратты бағалау және талдау үшін АТ және ПҚ архитектурасы

Кесте 2.1 – Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлаудың әртүрлі типтері үшін ақпараттық технологияларды пайдалану кезектілігі

Динамикалық жоспарлау түрлері	Smart city дамуындағы динамикалық жоспарды құру тізбегі	АТ қолдану реттілігі
Стратегиялық жоспарлау	<p>Жоспар құрудың негізгі мақсаттары мен өлшемдерін анықтау. Негізгі критерийлер негізінде дамуды болжау. Жоспар құрылымдарының нұсқаларын құру. Стратегиялық жоспардың оңтайлы нұсқасын анықтау бойынша шешім қабылдау</p>	<p>1. АТ ақпаратты талдау және бағалау (АТАТБ). 2. АТ жобалау (АТЖ). 3. АТ модельдеу және динамикалық жоспарларды құру (АТМДЖҚ). 4. АТ шешім қабылдау (АТШҚ). (АТАТБ + АТЖ + АТМДЖҚ + АТШҚ)</p>
Сценарийлік жоспарлау	<p>Сценарийді құрудың негізгі мақсаттарын, факторлары мен параметрлерін анықтау. Сценарий нұсқаларын құру. Негізгі критерийлер негізінде дамуды болжау. Сценарийдің оңтайлы нұсқасын табу бойынша шешім қабылдау.</p>	<p>1. АТ ақпаратты талдау және бағалау (АТАТБ). 2. АТ модельдеу және динамикалық жоспарларды құру (АТМДЖҚ). 3. АТ жобалау (АТЖ). 4. АТ шешім қабылдау (АТШҚ). (АТАТБ + АТМДЖҚ + АТЖ + АТШҚ)</p>
Интеллектуалды жоспарлау	<p>Келіп түскен ақпаратты талдау, жоспарлы критерийлер жүйесін құру. Ресурстарды бөлу модельдерінің нұсқаларын құру. Жоспар модельдерінің нұсқаларын бағалау. Ресурстарды бөлу жоспарының оңтайлы нұсқасын анықтау бойынша шешімдер қабылдау.</p>	<p>1. АТ ақпаратты талдау және бағалау (АТАТБ). 2. АТ модельдеу және динамикалық жоспарларды құру (АТМДЖҚ). 3. Шешім қабылдаудың АТ (ШҚАТ). (АТАТБ + АТМДЖҚ + ШҚАТ)</p>



Сурет 2.3 – Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау мәселелерін шешуге арналған ақпараттық технологияларды синтездеу әдісі



Сурет 2.4 – Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тапсырмаларын шешу кезінде ақпараттық технологияларды пайдалану әдістемесі

Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау және шешімдер қабылдау тапсырмаларының математикалық құрылымы (2.1) төмендегідей:

$$(Q(S_i), S_D, P_D, \{R_i, i \in N\}, \{f_j, i \in M\}) \rightarrow opt, \quad (2.1)$$

мұндағы,  $Q(S_i)$  – таңдау моделі;  $S_i$  – құрылым түрі (график түріндегі модельдер, динамикалық жүйелер үшін дифференциалдық теңдеулер, болжамды модельдер және т. б.);  $S_D$  – альтернатив шешімдер кеңістігі. Модельдердің түріне байланысты бұл векторлардың соңғы кеңістігі немесе Smart city дамуын жоспарлау мәселесінің шешімін сипаттайтын векторлық функциялардың кеңістігі;  $P_D$  – Smart city динамикалық жоспары,  $R_i$  – Smart city дамытуды жоспарлау міндетінде таңдауды шектейтін көптеген қатынастар. Олар жоспарлау тапсырмаларындағы негізгі кеңістік-уақыт, техникалық және басқа шектеулерді көрсетеді;  $S_D$  кеңістікте берілген және жақсы таңдау талаптарын көрсететін  $f_i$  – көптеген артықшылықтар қатынастары.

Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау және шешім қабылдау тапсырмасын формализациялау динамикалық жүйелер теориясы және жоспардың тиімді нұсқасын анықтау мақсатында таңдау есептерін шешу теориясы тұрғысынан анықталады.

Динамикалық жоспардың құрылымын егжей-тегжейлі сипаттау үшін Smart city динамикалық даму жоспарының теориялық-бірнеше моделі (2.2) өрнекте қолданылады:

$$P_D = \{Gp_D, Fp_D, Xp, Cp_D, Sp_D, Ep_D, Rp_D, Up_D, RSp_D, \tau\}, \quad (2.2)$$

мұндағы,  $Fp_D = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  – динамикалық түрде жүзеге асырылатын көптеген функциялар;  $Gp_D$  – динамикалық жоспар арқылы қол жеткізуге болатын көптеген мақсаттар;  $Xp$  – динамикалық жоспардың көптеген параметрлері;  $Cp_D$  – динамикалық жоспардың кіріс және шығыс параметрлеріне шектеулер көпмүшесі;  $Sp_D$  – динамикалық жоспар күйлерінің көпмүшесі;  $Ep_D$  – динамикалық жоспардың күй көпмүшесі;  $Rp_D$  – динамикалық жоспар оқиғалары арасындағы байланыстар көпмүшесі;  $Up_D$  – динамикалық жоспар құру кезіндегі белгісіздіктер көпмүшесі;  $RSp_D$  – динамикалық жоспар құру кезіндегі қауіптер көпмүшесі;  $\tau$  – динамикалық жоспардың уақыт параметрлері.

Динамикалық жоспардың  $Dp$  мақсатты көрінісін көрсету үшін индикаторлардың екі тобын анықтау қажет:  $Gp_D$  мақсат көрсеткіштері және шешім қабылдау үшін  $Xp$  критерийлерінің көрсеткіштері.

Өз кезегінде, мұндай тапсырманы қазіргі жағдайда ақпараттық және компьютерлік қолдаусыз шешу өте қиын және көптеген жағдайларда мүмкін емес.

## **2.2. Smart city-ді дамыту бойынша шешім қабылдау және динамикалық жоспарлау міндеттерін шешуге мультимодельді және көп өлшемді тәсіл**

Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау есептерінде тиімді шешімдерді таңдау проблемаларындағы барлық негізгі аспектілерді бейнелеуге, шешімдерді таңдау әртекті математикалық модельдер жүйесін тарта отырып жүргізілген кезде ғана мультимодельдік тәсіл көмегімен қол жеткізуге болады. Шешімдерге қойылатын әртүрлі талаптардың жиынтығы, тиімді шешім таңдау міндеттері көп өлшемді тапсырмаға әкеледі.

Осылайша, динамикалық жоспарлау мәселелері, көптеген математикалық модельдерде тиімді шешімдерді мультимодельдік және көп өлшемді таңдау мәселелері ретінде анықталады және шешіледі. Бұл жағдайда келесі міндеттерді бөліп көрсету қажет:

– берілген сыртқы шарттарда Smart city динамикалық даму жоспарларын құру тапсырмаларын шешу үшін аса тиімді көптеген шешімдерді (альтернативаларды) таңдау;

– динамикалық жоспарлар мен олардың элементтерін құру кезінде тиімді шешімдерді бағалау үшін критерийлерді негіздеу және айқындау және оларды модельдер бойынша бөлу;

– Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу үшін шешімдерді (модельдерді) бірыңғай кешенге біріктіру, мысалы, жоспар құрылымын көп өлшемді таңдау міндеті үшін;

– ішкі және модель аралық критерийлерді үйлестіру (реттеу).

Бұл модельдер тиімді жоспарларды құруға және математикалық модельдерді таңдауға байланысты тапсырмаларды шешудегі негізгі аспектілерді ескереді, атап айтқанда: көптеген жоспарларды анықтау және жоспар құрылымын анықтау, мақсатты функцияларды оңтайландыру, күйлер кеңістігінде өзгеру динамикасын ескеру, жоспар құрылымын құру кезіндегі негізгі белгісіздіктерді ескеру, сонымен қатар тәуекелдердің әсерін ескеру - мүмкін кейбір модельдерде толығымен, ал басқаларында жекеше қаралады. Smart city дамуындағы ДЖ барысында ақпаратты бағалау және талдау үшін әзірленген АТ және ПҚ архитектурасы (сурет. 2.2) және Smart city дамуындағы ДЖ тапсырмаларын шешуде АТ-ны пайдалану әдістемесі (сурет. 2.4) Smart city динамикалық даму жоспарының интегралдық құрылымы туралы деректерді сақтау үшін жоспарды сипаттау және осы тәсілдерді жоспар құру үдерісінде пайдалану мүмкіндігін береді.

Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау және шешімдер қабылдау міндеттерін шешуге мультимодельді және көп өлшемді тәсіл келесі кезеңдерден тұрады:



**1 Кезең.** Шешімнің  $Sx$  алдын-ала анықтамасы, ол шешімдердің қолайлы нұсқаларының жиынтығына  $Sx_{S\beta}$ ,  $x$ : оңтайлы шешімдерді табатын математикалық модельге  $M_v$  сәйкес келеді (2.3):

$$M_v = \langle Sx \in Sx_{S\beta}, f_j(x), j \in J_v \rangle, \quad (2.3)$$

мұндағы  $f_j(x)$  – критерий, белгілі бір өлшеу шкаласындағы мәндерді қабылдайды және  $x$ ; шешім осымен бағаланады;

$j \in j_v$  –  $j$  – ші модель критерийлерін көпмүше элементтерінің индекстерінің (нөмірлерінің) жиынтығы  
 $v$  – модель нөмірі.

Жалпы жағдайда, әр шешім бір немесе бірнеше модель аясында бір немесе бірнеше көрсеткіш бойынша бағаланады.

**2 Кезең.** Тиімді шешімдерді мультимодельді және көп өлшемді таңдау мәселесін ұсыну. Формализация келесі математикалық құрылым түрінде жүзеге асырылады(2.4):

$$St^M = \langle B(M), \{r_i^{M(\alpha)}\}_{i \in N_1^M}, \{r_i^{M(\beta)}\}_{i \in N_2^M} \rangle, \quad (2.4)$$

мұндағы  $M$  – Smart city дамуындағы динамикалық даму жоспарын әзірлеу кезінде шешімдер анықталатын модельдер жиыны;

$B(M)$  –  $M$  жиынның барлық ішкі жиындарының жиынтығы (булеан) ;

$r_i^{M(\alpha)}$  – модельдердің қарапайымдылығы, сыртқы жағдайларға сәйкестік дәрежесі және т. б. сияқты көптеген модельдерді (шешімдерді) таңдау артықшылықтарын көрсететін жиында берілген бинарлық қатынастар;

$r_i^{M(\beta)}$  – модельдер тобын таңдауға қойылған шектеулерді белгілейтін қатынастар (тиімді жоспарларды құру проблемаларының барлық негізгі аспектілерін көрсету, модельді зерттеу функцияларының толықтығы, модельдердің белгілі бір класын қолдану мүмкін еместігі және т.б.).

$St^M$  математикалық құрылымдағы таңдау нәтижесі-  $B(M)$  булеанның  $M^*$  элементі. Яғни, ішкі жиын  $M : M^* = \{m_v\}_{v \in J^*} \in M$ , мұндағы  $J^*$  –  $M^*$  жиынның элементтерінің индекстерінің жиынтығы.

**3 Кезең.** Шешімдердің сапасы мен тиімділігін бағалау критерийлерін бөлу. Модельдер көмегімен үлестіру, таңдаудың математикалық құрылымы түрінде ұсынылады(2.5):

$$St^X = \langle [B(X)]^{M^*}, \{r_i^{X(\alpha)}\}_{i \in N^{X_1}}, \{r_i^{X(\beta)}\}_{i \in N^{X_2}} \rangle, \quad (2.5)$$

мұндағы  $X = (x_i)_{i \in j}$  – бұл сапа көрсеткіштері бағаланатын көптеген критерийлер;

$[B(X)]^{M^*}$  – барлық көріністердің жиынтығы;

$M^* \rightarrow B(x)$  – әр модельге сәйкес келетін  $M^*$  критерийлер жиынтығын көрсететін көрініс;

$r_i^{X(\alpha)}$  – критерийлерді модельдер бойынша бөлудегі таңдауды көрсететін қатынастар, мысалы, әр модель үшін критерийлер санының минимумы, әртүрлі модельдердегі критерийлердің қайталануы;

$r_i^{X(\beta)}$  – көрсетілген үлестірудегі шектеулерді белгілейтін қатынастар (модельдер кешеніндегі барлық критерийлерді есепке алудың толықтығы, белгілі бір модельде белгілі бір критерийлерді ұсынудың мүмкін еместігі, белгілі бір модельді оңтайландырудың мүмкін еместігі және т. б.)

$St^X$  құрылымдағы таңдау нәтижесі - бұл көптеген  $\langle m^*, X_{m^*} \rangle$  түріндегі бұл әр модельге (шешімге) сәйкес келетін бірқатар  $X_{m^*} : \{ \langle m^*, X_{m^*} \rangle \}_{m^* \in M^*} \in [B(X)]^{M^*}$  критерийлер жиынтығы.  $M^*$ -нен  $m^*$  барлық модельдер үшін  $X_{m^*}$  критерийлер жиынтығын біріктіру нәтижесінде алынған  $X$  критерийлер жиынтығын қамтиды (барлық критерийлерді есепке алудың толықтығы).

**4 Кезең.** Жеке модельдер шеңберіндегі критерийлерді үйлестіру таңдаудың математикалық құрылымдары түрінде (2.6) өрнекте ұсынылған:

$$St^{m^*} = \left\langle \langle m^*, X_{m^*} \rangle, PS^{m^*}, \left\{ r_i^{m^*(\alpha)} \right\}_{i \in N_1^{m^*}}, \left\{ r_i^{m^*(\beta)} \right\}_{i \in N_1^{m^*}} \right\rangle, \quad (2.6)$$

мұндағы  $PS^{m^*} - m^* \in M^*$  модельдегі критерийлер тобын сәйкестендірудің көптеген мүмкін ережелері ( $X_{m^*}$  критерийлер жиынтығынан артықшылықтың нәтижесінде пайда болатын қатынастарға көшу ережелері);

$r_i^{m^*(\alpha)}, r_i^{m^*(\beta)}$  – критерийлерді модельдік үйлестіру ережесін таңдау кезінде сәйкесінше артықшылықтар мен шектеулерді белгілейтін қатынастар.  $St^{m^*}$  құрылымдағы таңдау нәтижесі  $PS^{m^*}, m^* \in M^*$ . артықшылықтардың нәтижесінде пайда болатын қатынастарды құру ережелері болады

**5 Кезең.** Модельдер арасында келісу.  $M^*$  жиынды біртұтас кешенге біріктіру келесі таңдау құрылымы түрінде (2.7) өрнекте ұсынылған:

$$St^\pi = \left\langle M^*, \pi, \left\{ r_i^{\pi(\alpha)} \right\}_{i \in N_1^\pi}, \left\{ r_i^{\pi(\beta)} \right\}_{i \in N_2^\pi} \right\rangle, \quad (2.7)$$

мұндағы  $\pi - M^*$  модельдерді бір жүйеге біріктіру үшін модельаралық сәйкестендірудің көптеген мүмкін принциптері

**6 Кезең.** Тиімді шешім құру. Smart city-дің динамикалық даму жоспарларын құру кезінде  $Sx \in Sx_{s\beta}$  тиімді шешімдерді мультимодельдік және көп өлшемді таңдау проблемасы  $St^X, St^{m^*}, St^\pi$ . құрылымдарда таңдау міндеттерін шешуді көздейді. Ресми түрде, бұл мәселе келесі таңдау метақұрылым түрінде (2.8) өрнекте ұсынылды:

$$St = \left\langle Sx_{s\beta}, St^M, St^X, \left\{ St^{m^*} \right\}_{m^* \in M^*}, St^\pi, \left\{ r_i^{\beta} \right\}_{i \in N_2} \right\rangle, \quad (2.8)$$

мұндағы  $r_i^p$  – Smart city-дің динамикалық даму жоспарын құру кезінде тиімді шешімдерді таңдауды шектейтін қатынастар.

Соңғы онжылдықтар ішінде технологиялық болжау әлемнің дамыған елдері үшін қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді жоспарлау және индустриялық-экономикалық дамуға қатысты стратегиялық шешімдер қабылдау мәселелерін шешуде міндетті құралға айналды. Бұл ұлттық және өңірлік деңгейлерде де (атап айтқанда, қалалық инфрақұрылымды жоспарлау кезінде), сондай-ақ ірі ұйымдар мен компаниялар деңгейінде де тән.

Бүгінгі күні құрама компоненттерді дамыту және Smart city дамыту технологиялары бойынша технологиялық болжау тапсырмаларын шешудің жеткілікті әзірленбеген математикалық аппаратының мәселесі бар. Форсайт үдерісінің белгілі бір кезеңдерінде қолдануға болатын сандық және сапалық әдістер бар, бірақ сонымен бірге қолданылатын әдістердің әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ адам факторы бар күрделі жүйелердің тәртіп ерекшеліктері жиі ескерілмейді. Мұндай мәселелерді зерттелетін объектілердің қажетті қасиеттері мен сипаттамаларының жиынтығын ескеруге мүмкіндік беретін жүйелік талдау әдіснамасы негізінде шешу керек екенін ескеріңіз. Сондықтан технологиялық болжау есептерінің сенімді шешімдерін алудың әдіснамалық және математикалық қамтамасыз етілуін әзірлеу мәселесі өзекті болып табылады. Осыған байланысты жұмыстың келесі тарауында энергияны үнемдеу сияқты Smart city-ді дамытудың маңызды бағытын сараптамалық бағалаудың сапалы әдісін ресімдеуді қамтамасыз ету үшін әдіснамалық және математикалық аппарат ұсынылған. Бұл Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттерінде және иерархияларды талдаудың жаңартылған әдісі негізінде тиісті ақпараттық жүйелерді іске асырудың келесі кезеңінде баламалардың дұрыс нұсқаларын алу үшін қажет.

Соңғы екі онжылдықта энергияны үнемдеу бүкіл әлем үшін басты проблемаға айналды. Әлемдік қауымдастық адамзаттың іс-әрекеті қоршаған ортаны бұзады, климатты өзгертеді және қалпына келтірілмейтін табиғи энергия ресурстарының сарқылуына әкеледі деп алаңдайды [55, 318 б]. Сондықтан, ұлттық эконмикада, жекелеген мемлекеттер мен қалалар деңгейінде энергия үнемдеудің өзектілігі экологияны жақсарту қажеттілігімен де, энергетикалық қауіпсіздікті және ұлттық экономикалардың бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етумен де байланысты. Сондықтан дамыған елдердің көпшілігі өз саясатының басымдығы ретінде энергия үнемдеу саласындағы жаңа технологияларды және тек ел деңгейінде ғана емес, сондай-ақ Smart city тұжырымдамасына сәйкес келетін жеке қала деңгейінде жаңартылатын энергия көздеріне көшуді айқындады. Шынында да, бүгінде қалалар экономика дамуының негізгі векторына айналды және өндірісте, тұтыну желісінде, әлеуметтік-экономикалық қатынастарды анықтауда орталық орынға ие болды және қазіргі уақытта көптеген елдердің жалпы ішкі өнімінің едәуір бөлігін қамтамасыз етеді. 2020 жылғы жағдай бойынша әлемде 30 мегаполис болды, онда 450 миллион адам өмір сүрді. Қазіргі уақытта әлем халқының 54% - ы қалалық жерлерде тұратындығын ескере отырып, қалалар бірқатар түрлі проблемаларды бастан кешуде. 2050 жылға қарай әлемдегі қала халқының

жалпы үлесі 66% - ке дейін өседі [56, 175 б]. Нәтижесінде су, жер және қазбалы отын түрлері сияқты қолда бар табиғи ресурстарға қысым күшейеді. Қалалардың ұлттық, өңірлік және глобалды дамудағы түйінді маңызды проблемасын түсіне отырып, оларға мынадай: ресурстар мен оларды пайдалануға арналған қаражатты үнемдеу, экологиялық және қалалық инфрақұрылымдар үшін жанартылатын энергия көздерін дамыту сияқты ерекше энергия тиімді талаптар қою қажет.

Қазіргі заманғы ғылым қалалық инфрақұрылым үшін көптеген дәлелденген және негізделген энергия үнемдейтін технологияларға ие, бірақ шектеулі қаржыландыру, экономиканың тұрақсыздығы және сыртқы әсерлердің белгісіздігі жағдайында экономикалық негізделген шешімдерді таңдау үдерісі оңай емес. Қала билігі экономикалық, техникалық және пайдалану талаптарын ескере отырып, энергияны үнемдейтін шешімдердің жиынтығын таңдау проблемасына тап болады. Энергия тиімділігін арттыру кезінде басым энергия үнемдеу құралдарын таңдау Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлауды іске асыру шеңберінде бағалаудың тиімді өлшемшарттарын талап ететін күрделі көп нұсқалы міндет болып табылады.

### **2.3. Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау үшін иерархияларды талдау әдісінің модификациясы мен моделін әзірлеудің мысалы**

Smart city тұжырымдамасы өте жас. Қала тұрғындарының көзқарасы бойынша Smart city негізгі пайдасы - тиімді энергия және сумен қамтамасыз етуде, ыңғайлы көлікте, таза қоршаған ортада, ілгері экономикада, қауіпсіз ортада тартымды өмір сүру жағдайлары болып табылады. Мұның барлығы-бұрын оқшауланған қалалық жүйелерді, сапалы басқаруды және "қалалық алгоритмдерді", сондай-ақ ақпараттық технологиялар мен коммуникацияларды интеграциялау есебінен жүзеге асырылады. Smart city технологиялары тәсілдері энергетикада, әсіресе жасыл энергетиканың даму деңгейі жоғары елдерде белсенді пайдаланылады. Себебі қазір кез-келген қалалық энергожүйенің міндеті кез-келген жағдайда энергиямен жабдықтауды барынша сақтау болып табылады, сондықтан Smart city динамикалық жоспарларының тиімділігі әрдайым Smart city дамытудың бірінші басымдығы болып табылады.

Қазақстанның жүйелі трансформациясы және оның әлемдік экономикалық кеңістікке интеграциялануы қоғамдық өмірдің әртүрлі салаларындағы басқарудың ескі және бірқатар жаңа ұйымдық құрылымдарын жою үдерісін тиісті ғылыми деңгейде қамтамасыз етуді талап етеді. Көптеген факторлар мен индикаторлар негізінде Smart city дамыту контекстінде муниципалдық ғимараттардың энергия тиімділігін бағалау үшін ШҚТ (шешім қабылдаушы тұлға) шешімдерін қолдау үшін ақпараттық-өлшеу жүйелерін құру қазір өзекті болып отыр. Зерттелетін объектілердің энергия тиімділігін бағалау үшін көрсеткіштер жүйесін қалыптастыратын факторларды талдау және олардың негізінде басқарушылық шешімдерді қалыптастыру үдерісінде шешім қабылдаушы шешімнің түпкілікті нәтижесін ғана емес, сонымен қатар

баламаларды немесе шешім қабылдау үдерісінің жекелеген кезеңдерінен өту тиімділігін бағалау проблемасына тап болады.

Муниципалдық ғимараттардың энергия тиімділігі деңгейін бағалау үшін АТ құрамдас бөліктерін талдай отырып, Қазақстанда бұл зерттеулерге [78,79] жұмыстар арналғанын атап өткен жөн. Smart city энергия тиімділігін бағалау үшін АТ қолдану мәселелеріне шетелде де жұмыстар арналған [55,56,46,80].

Smart city энергия тиімділігін дамытудың динамикалық жоспарлары аясында тиімді басқару шешімдерін қабылдаудың орындылығы энергия тиімділігі факторларын қалыптастыратын критерийлерді, олардың "салмағын" және жиынтықтағы маңыздылығын таңдаумен байланысты. Сондықтан осындай бағалау көрсеткіштерін анықтау және Smart city объектілерінің энергия тиімділігі бойынша шешімдер қабылдау модельдеріндегі маңыздылық дәрежесі бойынша факторлар массивін саралау мәселесі туындайды. Айта кету керек, факторлар жиынтығы, критерийлер және олардың индикаторлары негізінде қалыптасатын көрсеткіштер жүйесі осындай жүйелерге тән белгісіздіктің едәуір дәрежесін қамтиды [80, 1721 б]. Сонымен қатар, бағалау үшін факторларды таңдау көбінесе сыртқы ортаға (объективті себептерге), сондай-ақ ШҚТ (субъективті себептерде) қоятын сапасы мен тапсырмаларына да байланысты болады. Сондықтан сыртқы факторларды да, ШҚТ сұраныстарын да ескере отырып, олардың ішкі мазмұнын (индикаторлардың массивінің критериалды жиынтығынан) талдау негізінде жеке факторлардың салмағын анықтау және анықтау алгоритмін құру және факторлардың салыстырмалы құндылықтарының глобалды өлшемін жасау мәселесі туындайды.

Басқарушылық шешімдер қабылдау үдерісінің субъективтілігін төмендету мәселесі сапалық критерийлерді есепке алу және бағалау арқылы үдерістердің жекелеген кезеңдерін ресімдеу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Бірақ сонымен бірге ШҚТ бірнеше проблемаларға тап болуы мүмкін.

Біріншіден, жағдайды бағалау үшін рәсімдеу қиын сапалы критерийлерді қолдану қажет болуы мүмкін, сондықтан рәсімдеу процедураларын қолдану немесе мұндай критерийлерді қабылдамау қажет болады.

Екіншіден, басқарушылық шешім қабылдау үдерісін едәуір рәсімдеудің арқасында есептеу үдерісінде алынған нәтижелерді дұрыс түсіндіру үшін қосымша білім мен дағдылар қажет. Зерттеу объектісінің күрделілігі ШҚТ-ға әрдайым қол жетімді емес, белгілі бір программалық жасақтаманы көп өлшемді таңдауды және қолдануды қажет ететіндігін ескеру қажет.

Сонымен қатар, шешім қабылдау процедурасын жеңілдету үшін жеке критерийлерді ғана емес, олардың топтарын да қолдануға болатындығын атап өтуге болады. Бұл ШҚТ-ға таңдау үдерісін ғана емес, сонымен қатар жеке критерийлер арасындағы өзара тәуелділікті орнату процедурасын жеңілдетеді, өйткені критерийлерді тұжырымдау кезінде бір критерий бойынша оңтайлылыққа қол жеткізу басқа параметрлердің нашарлауына әкелуі мүмкін екенін ескеру қажет [81].

Бұл ретте барлық критерийлерді ескеру мүмкін еместігін және тұжырымдалған критерийлердың барлығы да нақты жағдайды ескере отырып,

тең мәнді болып табылмайтындығын түсіну қажет, сондықтан алдымен бағалау жүргізу мақсатын, бағалау жүргізілуі мүмкін өлшемшарттарды және шешім қабылдау үдерісіне қатысатын сарапшыларды талдау қажет.

Smart city-ді жүйелі деңгейде дамытудың динамикалық жоспарын құру аясында муниципалды объектілердің энергия тиімділігін талдау модулі бағалау факторларының жиынтығымен жұмыс істеуді қамтиды. Ерекшелігі, талдау үшін таңдалған факторларға декомпозицияның екінші деңгейінде олардың маңыздылығын айтарлықтай анықтайтын индикаторлар жиынтығы (критерийлер) кіреді. Осылайша, энергия тиімділігін бағалау моделі деңгейіндегі жүйенің жалпы сипаттамасы әрбір жеке балама үшін (баламалар кеңістігінен) өлшемдер векторларын да қамтиды (2.9):

$$St = \{F, R_{(F)}, I, R_{(I)}\}, \quad (2.9)$$

мұндағы  $F = \{f^1, \dots, f^m\}$  – жүйенің күйін (энергия тиімділігі факторлары) бағалаудың көптеген элементтері, баламалары, критерийлері;

$f^i = \{I^1, \dots, I^k\}$  – әрбір жеке фактор (альтернативалар) үшін  $I^k \in I$  индикаторлар жиынтығы арқылы қалыптасатын жеке альтернативаның ішкі құрылымы.

Энергия тиімділігін бағалаудың ақпараттық жүйесіндегі (АЖ) олардың маңыздылық деңгейін бағалау үшін факторларды саралау олардың индикаторларының факторларды қалыптастыру ерекшеліктерін ескере отырып, иерархияларды талдау әдістемесін қолдана отырып жүргізген жөн [82].

Жұптық салыстырудың жалпыланған матрицасын құру үшін сараптамалық бағалауды қолдану факторлардың ішкі құрылымын да ескеруі керек. Осылайша, жүйелер теориясының негізгі принциптері-иерархиялар, себеп-салдарлық шектеулердің сақталуы мен орындалуына қол жеткізіледі. Әдістемені пайдалану үшін кіру шарттары:

1)  $F = \{f^1, \dots, f^m\}$  факторлар массиві;

2) әр фактор үшін индикаторлардың белгілі бір массивтері:  
 $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$ .

Тапсырма индикаторлардың көмегімен олардың қалыптасу ерекшеліктерін ескере отырып, факторлардың салмағын анықтау болып табылады. Осылайша, Smart city-дің энергия тиімділігін бағалау жүйесін құрудағы факторлардың маңыздылығын саралау оның глобальды  $\omega_{gl}^i$  салыстырмалы құндылығымен анықталады.

Бірінші кезеңде тапсырмалардың иерархиялық түрде бөлшектейміз және ұсынамыз (сурет. 2.5).

Белгілі бір факторларға, критерийлерге, индикаторларға және олардың қатынастарына сүйене отырып, біз Smart city дамыту жоспарының факторларды саралау және энергия тиімділігін бағалау жүйесінің иерархиялық формасын құрамыз (сурет. 2.6).

Берілген иерархияда келесі деңгейлерді бөлуге болады:

1-деңгей - "интегралдық бағалау" - жеке объектінің немесе тұтастай Smart City энергия тиімділігінің кешенді көрсеткіші айқындалатын деңгей.

2-деңгей – "факторлар тобын қалыптастыру" - факторлардың энергия тиімділігінің кешенді көрсеткішіне қосқан үлесінің салмақтық коэффициенттерін айқындау деңгейі.

3-деңгей-энергия тиімділігі деңгейіне әсер ету факторларының массивін анықтау-факторлардың ғаламдық әсер ету көрсеткіштерін анықтау, факторларды саралау.

4-деңгей-индикаторлар массивін қалыптастыру және факторларды қалыптастыруда олардың салыстырмалы құндылықтарын анықтау (3-деңгей).

Энергия тиімділігін бағалаудың иерархиялық 4 деңгейлі моделін әрқайсысы өзінің жеке функциялары бар екі ішкі жүйе түрінде ұсынуға болады, атап айтқанда:

1-кіші жүйе-факторларды саралау (4-деңгей, 3-деңгей);

2-кіші жүйе-энергия тиімділігінің кешенді көрсеткішін анықтау (2-деңгей, 1-деңгей).



Сурет 2.5 – Факторларды иерархияға саралау мәселесін шешудің ыдырауы

2-ші бағыныңқы жүйе когнитивтік карта (когнитивтік модельдеу модулі) құрылатын 1-ші бағыныңқы жүйенің ақпараты негізінде энергия тиімділігінің кешенді көрсеткішін айқындауға арналған.

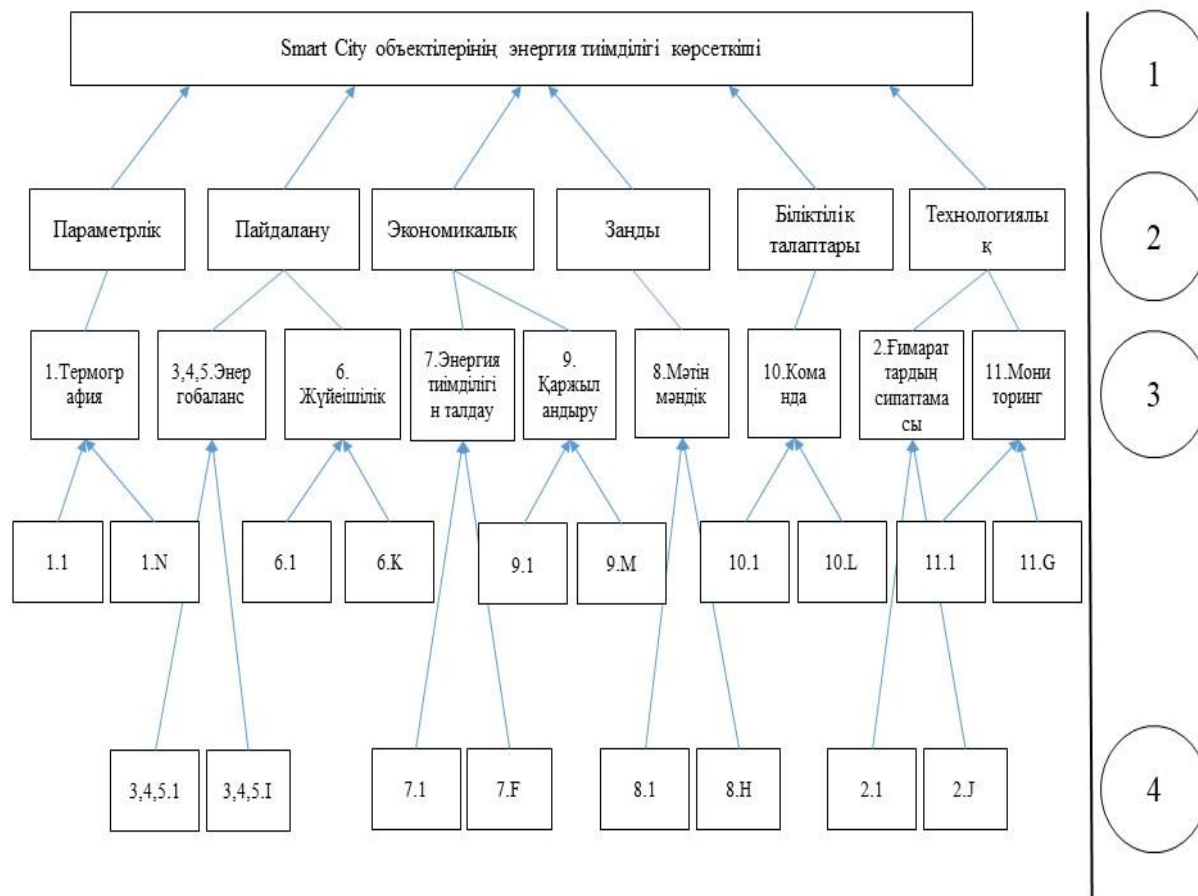
Факторлардың әсерін бағалаудың танымдық картасын құру, оларды саралау және олардың негізінде объектінің энергия тиімділігінің кешенді

индикаторын қалыптастыру және әзірленген ақпараттық жүйеде шешім қабылдау үдерісіне бағалау факторларының жиынтығы және олардың ішкі құрылымы - критерийлер мен индикаторлар айтарлықтай әсер етеді.

Талдау мен шешім қабылдауға арналған мәліметтер массивтерінің ерекшелігі - факторлардың бүкіл массиві олардың мазмұны бойынша сапалы гетерогенді болып табылады. Сондай-ақ, критерийлер мен оларға сәйкес индикаторлардың жиынтығы әсер ету деңгейі бойынша да, сапалық сипаттамалары бойынша да құрылымдалмағаны, олар әртүрлі параметрлік техникалық бағалауды, экономикалық көрсеткіштерді, сапалық сипаттамаларды және т.б. көрсете алады.

Smart city-ді дамытудың кешенді энергия тиімділігі көрсеткішіндегі маңыздылық (салмақтық, маңыздылық) дәрежесі және оның негізінде шешімдер қабылдау моделі бойынша факторлар жиынтығын олардың негізінде талқылау мақсатында индикаторлар мен олардың салыстырмалы құндылықтарын жалпылама бағалау міндеті туындайды.





Сурет 2.6 – Smart city жеке немесе тұтастай объектісінің энергия тиімділігін бағалау жүйесінің иерархиялық формасы

2.7 – суретте көрсетілгендей факторларды саралау үдерісін модель бойынша жүргізген жөн.

Көп қабатты модель – бұл олардың ішкі құрылымын-индикаторлар жиынтығын ескере отырып, факторлардың салмағын анықтау тапсырмасының декомпозициясын білдіреді.

Модельдің бірінші деңгейінде зерттеу объектісіне тән  $F = \{f^1, \dots, f^m\}$  факторлар мен  $I^i = \{I^1, \dots, I^k\}$  индикаторлар массиві қалыптастырылады. Массивтер мен индикаторларды қалыптастыруды пайдаланушылардың екі тобы – білім жөніндегі инженер (сарапшы, сарапшылар) және ШҚТ жүргізеді.

Екінші деңгейде  $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$  жеке факторларды индикаторлармен тиісті сипаттайтын критериалды жиынтықтар анықталады. Сонымен қатар, әр жеке фактор шегінде индикаторлар жиынтығы факторлар топтары негізінде қалыптасатын сапалы біртекті көрсеткіштерге ие (сурет. 2.7).

Топтың сипаттамасына байланысты фактор өлшеу нәтижелері негізінде алынған индикаторлар жиынтығымен, сондай-ақ сараптамалық бағалау негізінде анықталған индикаторлармен сипатталуы мүмкін. Әр факторлық жиынтықта:  $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$  тапсырма қойылады, оны құрайтын индикаторлардың салыстырмалы құндылықтарын анықталады.

Бұл процедураның мақсаты - иерархияның келесі деңгейлерінің элементтеріне  $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$  әсер ету салмағын анықтау болып табылады. Іске асыруды Т.Саати [82,83] әдістемесі бойынша тиісті шкала бойынша индикаторларды жұптасып салыстыру арқылы жүргізген жөн. Осылайша,  $F = \{f^1, \dots, f^m\}$  жиынтықтан әрбір  $f^i$  жеке фактор үшін индикаторлардың  $A^i = (a_{ij}^i)$  жұптық салыстыруының  $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$  матрицасы құрылады, оның негізінде олардың салыстырмалы мәндерінің векторы анықталады.

Энергия тиімділігінің интегралды көрсеткішін бағалаудың иерархиялық жүйесінің үшінші деңгейінде  $F = \{f^1, \dots, f^m\}$  факторларды салыстыру және олардың  $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$  салмағын анықтау жүргізіледі. Жұптық салыстыру матрицасын құру процедурасы  $F = \{f^1, \dots, f^m\}$  факторлық жиынтыққа параметрлері зерттеу объектісіне байланысты сапалы гетерогенді факторлар кіретіндігімен сипатталады. Сондықтан, осы кезеңде  $A^F = (a_{ij}^F)$  матрицаны қалыптастыру үшін тиісті біліктілігі бар білікті сарапшыларды немесе білім инженерлерін тартқан жөн.

Осылайша, жүйенің үшінші деңгейін іске асырғаннан кейін біз  $W = (\Omega, \omega)$  көрсеткіштер векторын аламыз, оған  $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$  қалыптастыратын олардың  $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$  салмақтарын анықтайтын және индикаторларды бағалайтын факторларды бағалау кіреді (2.10):

$$W = \begin{bmatrix} \Omega^1 \begin{bmatrix} \omega_1^1 \\ \omega_2^1 \\ \dots \\ \omega_k^1 \end{bmatrix} \\ \Omega^2 \begin{bmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \dots \\ \omega_l^2 \end{bmatrix} \\ \dots \\ \Omega^m \begin{bmatrix} \omega_1^m \\ \omega_2^m \\ \dots \\ \omega_z^m \end{bmatrix} \end{bmatrix}, \quad (2.10)$$

Мұндағы -  $k, l, \dots, z$  – тиісті факторды қалыптастыратын индикаторлар саны ( $k \neq l \neq \dots \neq z$ ).

Иерархияның соңғы деңгейінде  $W = (\Omega, \omega)$  тиісті индикаторлардың салмақтарын айқындау негізінде олардың ішкі құрылымын ескере отырып, факторлар таразыларының интегралдық (глобальды) көрсеткіштерін айқындау жүргізіледі.

Глобальды критерийлерді олардың ішкі құрылымының салмағын нақтылау негізінде анықтау түрдің аддитивті жинақталуы арқылы жүзеге асырылуы (2.11) өрнекте келтірілген:

$$W_{(x_j)} = \sum_{i=1}^m \Omega^i \cdot \omega_{i(x_j)}^j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.11)$$

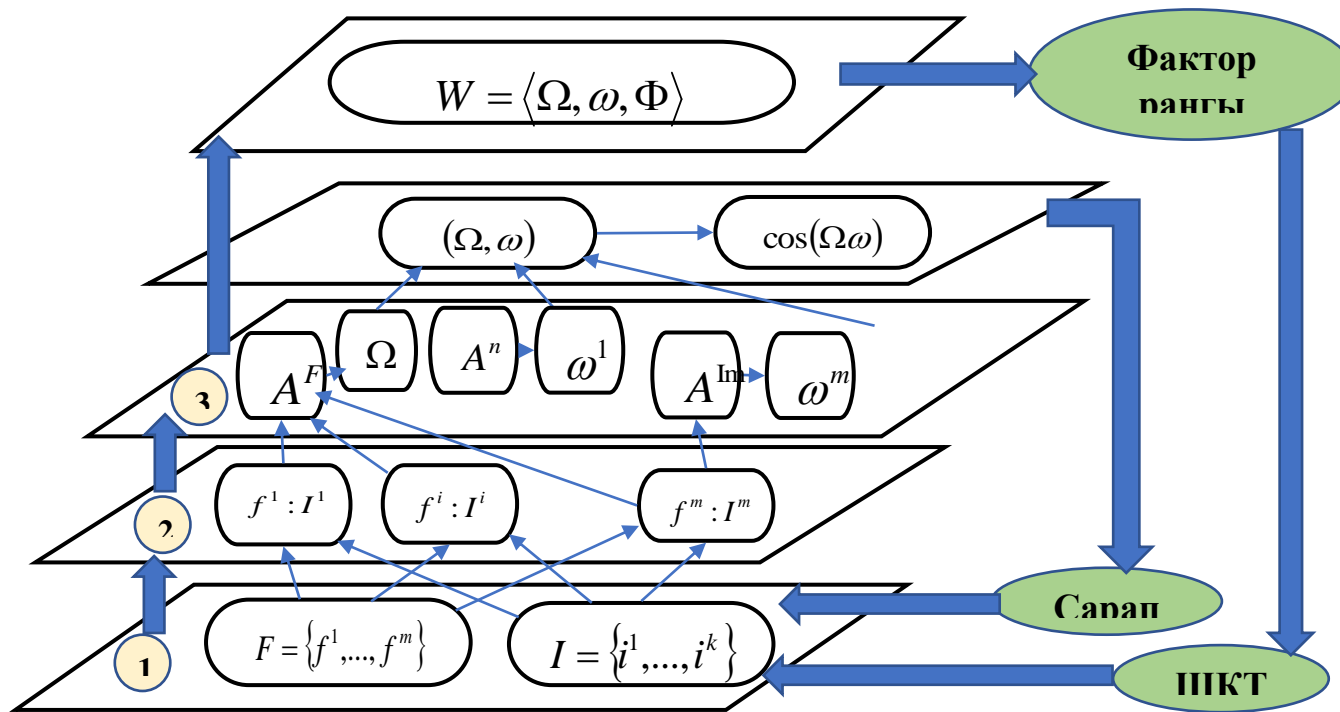
мұндағы  $x_i \in X$  – таңдау альтернативалар массиві;

$\omega_{i(x_j)}^j$  – альтернативаларды қалыптастыратын критерийлердің салмағы;

$\Omega^i$  – Т. Саати әдістемесі бойынша бағаланған альтернатива салмағы.

Глобальды критерийді бағалау әдістемесі, әдетте, зерттеу объектілері стандартталған және бірдей өлшемдермен сипатталған жағдайда көп өлшемді оңтайландыру есептерінде жүзеге асырылады.

Зерттеудің ерекшелігі әртүрлі критерий болуы. Яғни факторларды бағалау әрбір  $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$  фактор шегінде жеке – жеке қалыптасатын индикаторлардың өзіндік жиынтығымен жүргізіледі. Сондықтан, глобальды критерийді анықтау үшін глобальды критерийді бағалаудың келтірілген жағдайымен ақпаратты талдау әдісін қолдануда жаңа тәсіл ұсынылады.



Сурет 2.7 – Smart city объектілерінің энергия тиімділігін бағалау факторларын саралаудың көп қабатты моделі

Иерархияны талдаудың модификацияланған әдісі ақпаратты талдау әдісін (АТӘ) құрудың негізгі идеясы үш кезеңге негізделген:

- 1)  $A^F = (a_{ij}^F)$  жекелеген факторлардағы индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын қалыптастыру;
- 2)  $A(F) = (a_{ij}^F)$  факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру;
- 3) факторлық және индикаторлық бағалау негізінде жаһандық критерийді анықтау.

ИТӘ-де жұптық салыстыруларды пайдалану келісімділік индексі (КИ) 10% - дан аспаған жағдайда ғана, көрсеткіштердің салмақтарын дұрыс анықтауға және оларды саралауды орындауға мүмкіндік береді [82]. Сандық сипаттамалары (техникалық параметрлер, эксперименттік деректер, ақшалай бағалау және т.б.) бар индикаторлар мен факторларды талдау жағдайында салыстырулардың келісімділік мәселесі біршама төмендейді және параметрлік емес факторларды салыстыру кезінде сараптамалық бағалауларға айтарлықтай тәуелді болады. Мұндай жағдайларда алынған альтернатива мәндердің векторлары немесе салмақ векторлары (факторлардағы индикаторлар да, факторлардың өздері де) идеалды экспериментке қарағанда айтарлықтай сәйкессіздік деңгейіне ие болуы мүмкін.

[83-84] еңбектерінде ұсынылған модельдердің дамуы жағдайында біз сараптамалық әдістермен алынған матрица мен матрицаны салыстыру арқылы келісімсіздік/келісімдік өлшемін бағалаймыз. Сонымен қатар, келісілген матрица қатаң байланысқан элементтері бар және мұндай матрицада барлық  $j$  үшін  $(a_{ij})/(a_{kj}) = const$  шарты орындалады.  $A^F = (a_{ij}^F)$ . жұптық салыстыру матрицасын қарастырамыз.

Бұл матрицаның жолдарын  $\vec{a} = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$  векторлар ретінде түсіндіруге болады, содан кейін мүлдем келісілген матрица үшін олар параллель  $\vec{a}_i \parallel \vec{a}_j$  болуы керек.

Тиісінше, векторлар арасындағы бұрыш, дәлірек айтқанда векторлар арасындағы бұрыштың косинусы  $\cos(\angle \vec{a}_i, \vec{a}_j) = 1$ . Содан кейін, жұптасқан салыстырулардың матрицасының келісімділігі ретінде, дәстүрлі келісімділік индексінен басқа, матрица элементтері арасындағы байланыс қандай болатындығын көрсететін мән  $\cos(\angle \vec{a}_i, \vec{a}_j)$  мәні болуы мүмкін. Элементтерге тәуелділіктің төмендеуі матрица жолдарының векторлары арасындағы бұрыштың ұлғаюына және сәйкесінше сәйкестік көрсеткішінің төмендеуіне әкеледі.

Векторлар арасындағы косинус бұрыш төмендегідей (2.12) өрнекте анықталады:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a}_i \vec{a}_j}{|\vec{a}_i| \times |\vec{a}_j|} \quad \text{немесе} \quad \cos \alpha = \frac{\langle \vec{a}_i, \vec{a}_j \rangle}{\sqrt{\langle \vec{a}_i, \vec{a}_i \rangle \langle \vec{a}_j, \vec{a}_j \rangle}}, \quad (2.12)$$

мұндағы  $\langle \vec{a}_i, \vec{a}_i \rangle, \langle \vec{a}_j, \vec{a}_j \rangle$  – векторлардың скаляр туындылары.

Жұптық салыстырудың  $A^F = (a_{ij}^F)$  матрицасы үшін келісімділік деңгейі - векторлар арасындағы бұрыштың косинусын келесі түрде (2.13) өрнекте көрсетуге болады:

$$KI^F = \cos \alpha = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} a_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n a_{ik}^2 \sum_{k=1}^n a_{jk}^2}}, \quad (2.13)$$

және оның негізінде жұптық салыстыру векторларының әр жұбы үшін біз келісімділік матрицасын аламыз (2.14):

$$KI^F = \begin{pmatrix} 1 & \kappa u_{12} & \dots & \kappa u_{1n} \\ \kappa u_{21} & 1 & \dots & \kappa u_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ \kappa u_{n1} & \kappa u_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.14)$$

Келісімдік матрицасының элементтері  $0 \leq \kappa u_{ij} \leq 1$  шектерде жатыр және әр жұптық салыстырудың басқаларға сәйкестік дәрежесін көрсетеді. Матрица элементтерін бағалаудың (2.14) аралық нәтижесі ең төменгі және ең жоғарғы келісулерді айқындау, оларды саралау, монотонды реттіліктерді белгілеу және т.б. мүмкіндігі болып табылады.

Осылайша, ұсынылған әдістемені іске асыру берілген фактор шегінде индикаторлар массивінің жеткілікті үлкен өлшемділігіне қарамастан, берілген келісімділік индексіне ( $KI \leq 10\%$ ) қол жеткізумен және сенуге болатын  $\{\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^k\}$  индикаторлардың салыстырмалы құндылықтарын айқындаумен дұрыс жұптық салыстырулар жүргізуге мүмкіндік береді.

Ұқсас әдісті  $A(F) = (a_{ij}^F)$  факторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицасын қалыптастыру үшін де қолданған жөн, оның дәйектілік дәрежесін бағалау негізінде  $\{\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^m\}$  факторлық жиынтықтағы факторлардың құндылықтарын салыстырмалы бағалау анықталады. Осылайша, нәтижесінде  $W = (\Omega, \omega)$  түріндегі (2.10) жалпыланған векторы пайда болады.

(2.10) өрнегіндегі  $\{\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^k\}$  индикаторлардың салыстырмалы құндылықтарының векторлары оларға сәйкес факторларды қалыптастыратын индикаторлардың салмағын бағалайды. Өз кезегінде  $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$  факторлардың салыстырмалы құндылықтарын олардың индикаторлық құрылымын ескере отырып бағалау жүргізіледі. Осылайша, факторлық жиынтықты бағалаудың глобальды өлшемін қалыптастыру және оны саралау индикаторлар салмақтарының векторларын ескере отырып жүргізілуі тиіс. (2.11) сәйкес глобальды салмақтарды айқындау үшін түзету көрсеткіші ретінде функционалды енгізу төмендегідей (2.15) ұсынылады:

$$\Phi(\cos \alpha) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}{n^2}, \quad (2.15)$$

бұл факторлар мен индикаторлардың салыстырмалы құндылықтарының ұқсастық дәрежесін сандық бағалауға мүмкіндік береді.

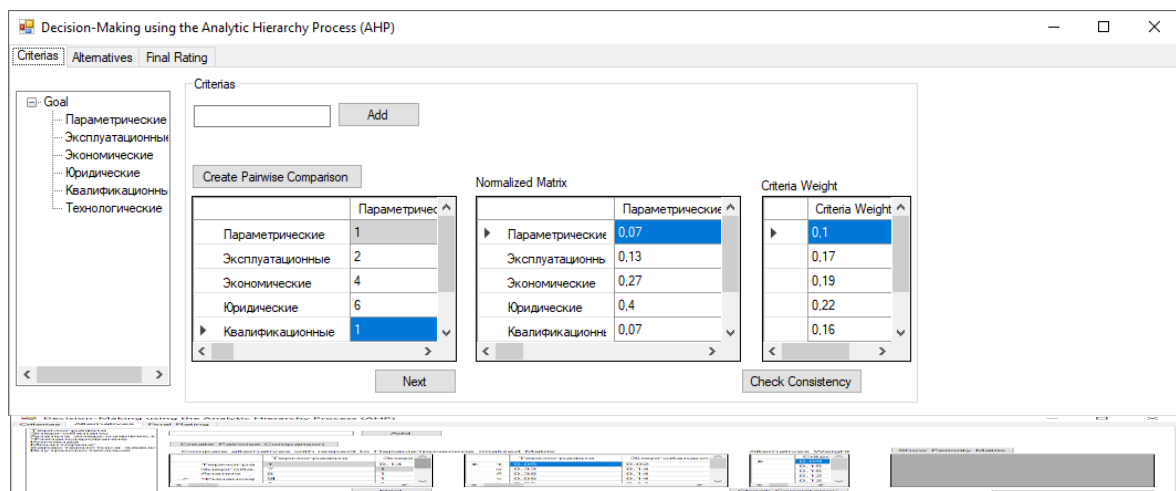
Сонда оларды құрайтын индикаторлардың салмақтарын талдау мен анықтауға негізделген факторлардың салыстырмалы құндылықтарының глобалды өлшемі келесідей (2.16) болады:

$$W_{(F/I)} = \sum_{i=1}^m \Omega^i \cdot \omega_{i(F/I)}^j \cdot \Phi(\cos \alpha)_{F/I}. \quad (2.16)$$

Осылайша өлшенген факторлар олардың ішкі құрылымын ескере отырып, олардың салыстырмалы құндылықтарын (салмақтарын) дұрыс көрсетеді. Сонымен қатар, ұсынылған әдістемені қолдану әр түрлі факторларды сараптамалық бағалау процедурасын ұйымдастыруға, алгоритмдеуге және түзетуге және шешім қабылдау үдерісінде алынған нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Иерархияларды талдау әдісін модификациялау барысында алынған нәтижелер Smart city жеке немесе тұтастай объектісінің энергия тиімділігін бағалау үшін шешім қабылдауды қолдау жүйесінің модулін әзірлеуге мүмкіндік берді, 2.8 - суретті қараңыз.

2.8 суретте көрсетілген интерфейс, модуль болғандықтан, Smart city дамуындағы ДЖ міндеттеріне арналған ШҚҚЖ программалық өнімінің бөлігі болып табылады, онда ШҚҚЖ әзірлеу үдерісінің барлық құрауыштарының неғұрлым егжей-тегжейлі сипаттамасы диссертациялық зерттеудің 4-тарауында келтірілген.



Сурет 2.8 – Иерархияларды талдау модификациялау әдісі негізінде жеке объектінің немесе Smart city энергия тиімділігін бағалауға арналған ШҚҚЖ модулінің интерфейсі

Smart city объектілерінің энергия тиімділігі деңгейін бағалау үшін иерархияларды талдау әдісін модификациялау барысында алынған деректер, сондай-ақ өлшемшарттар мен индикаторлар жүйесі негізінде Smart city динамикалық даму жоспарының басқа бағыттары бойынша сарапшылардың пікірлерін келісуге осы тәсілді масштабтау келесіні бекітуге мүмкіндік береді:

– Smart city дамуын динамикалық жоспарлау барысында сарапшылардың пікірлерімен келісу үшін ақпараттық технологиялардың құрамдас бөліктері зерттелді;

– ғимараттардың энергия тиімділігі деңгейін бағалау мысалы үшін иерархияларды талдау әдісі модификацияланды және модель әзірленді.

Зерттеудің ерекшелігі әр фактор шегінде жеке қалыптасатын индикаторлардың жеке жиынтығын қолдану арқылы факторларды әртүрлі критериалды бағалау болып табылады.

Smart city-дің динамикалық даму жоспарларын құру барысында ұсынылған әдістемені іске асыру ерекше қызығушылық пен оң әсер етеді, ол берілген фактор шегінде индикаторлар массивінің айтарлықтай үлкен өлшемділігіне қарамастан, берілген келісімділік деңгейіне ( $\leq 10\%$ ) қол жеткізумен және сенуге болатын индикаторлардың салыстырмалы құндылықтарын айқындаумен дұрыс жұптық салыстырулар жүргізуге мүмкіндік береді.

## **2.4 Екінші тарау бойынша қорытынды**

1. Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлаудың басты міндеттері мен кезеңдері айқындалды. Динамикалық жоспарлау міндеттерін шешудің тізбегі әзірленді.

2. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндетінің математикалық қойылымы ұсынылған. Smart city-ді дамыту бойынша динамикалық жоспарлар құрудың негізгі қадамдары қалыптастырылды.

3. Көп өлшемді таңдау есептерінің түрлері мен көп өлшемді таңдау механизмдерінің классификациясы ұсынылған. Smart city-ді дамыту бойынша динамикалық жоспарлау және шешімдер қабылдау тапсымаларында таңдау әдіснамасы мен процедурасы әзірленді.

4. Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттерін тиімді шешуді қамтамасыз ету үшін ақпараттық технологиялардың мынадай түрлерін әзірлеу және пайдалану қажет: ақпаратты талдау және бағалау; динамикалық жоспарларды модельдеу; болжау; шешім қабылдауды қолдау.

5. Деректерді талдау, модельдеу, болжау және шешім қабылдау әдістерін жүйелі пайдалану негізінде Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу үшін ақпараттық технологияларды синтездеу әдісі әзірленді.

6. Smart city-ді дамытуды жоспарлау тапсырмаларының әр түрлері үшін ақпараттық технологияларды пайдалану әдістемесі ұсынылды.

7. Факторларды иерархияға саралау және Smart city даму параметрін бағалаудың көп қабатты моделін құру мәселесін шешудің мысалы



қарастырылды. Осындай параметр ретінде объектілердің энергия тиімділігі қарастырылады және факторларды саралау үдерісі сипатталды.

8. Иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі  $A^F = (a_{ij}^F)$  жеке факторларда индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын құру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру ( $A(F) = (a_{ij}^F)$ ) және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде глобальды критерийді анықтау арқылы қалыптастырылды. Ұсынылып отырған әдістемені пайдалану әр түрлі факторларды сараптамалық бағалау рәсімін реттеуге, алгоритмдеуге және түзетуге және Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдау үдерісін қалыптастыруға алынатын нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді.

Тарау бойынша негізгі зерттеу нәтижелері келесі ғылыми жарияланымдарда келтірілген [58, 120].

### **3 SMART CITY ДАМУЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ МІНДЕТТЕРІНДЕ ИНВЕСТИЦИЯЛАРДЫ ЖОҒАЛТУ ТӘУЕКЕЛДЕРІН БАҒАЛАУ МОДЕЛІ**

Тәуекелдерді басқару мәселесі өте кең және маңызды, өйткені ол адам қызметінің әртүрлі салаларында пайда болады. Сонымен қатар, тәуекел ұғымы қолдану саласына байланысты әр түрлі жолдармен анықталады және дәл жобалау қызметінде (стратегиялық жоспарлау, динамикалық жоспарлау, жобаны басқару және оның орындалу барысын жедел түзету) тәуекелдердің алуан түрлері пайда болады.

Өз кезегінде, басқарудың жобалық түрі барған сайын танымал болып келеді, бұл ақпараттық технологиялар саласындағы динамикалық дамумен байланысты, өйткені іс жүзінде бұл салада қызмет түрлері бірегей болып табылады, өнім тез жаңартылады, мақсатқа қол жеткізу үшін қолда бар ресурстарды тиімді үйлестіру қажет, сондай – ақ әрбір өнім үшін-ақпараттық жүйе (АЖ) немесе нақты ақпараттандыру нысаны (АН) үшін уақыт бойынша шекаралар нақты айқындалады. Атап айтқанда, Smart city-де энергия және су бөлуді басқарудың, қоршаған орта мониторингінің, жол жағдайының және т.б. жергілікті тапсырмаларына арналған программалық немесе аппараттық қамтамасыз ету жобалары туралы сөз болып отыр.

Сондықтан, Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау және тиісті жобалық қызмет кезіндегі зерттеу және тәуекелдерді басқару мәселелері теориялық және практикалық тұрғыдан маңызды және өзекті болып табылады.

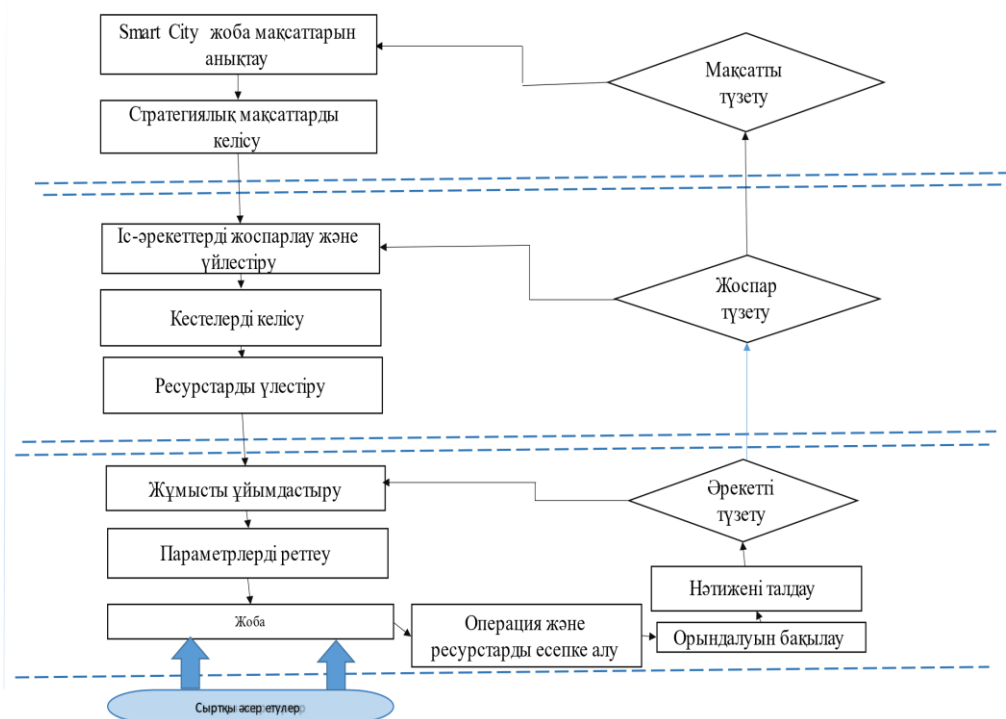
#### **3.1 Көп жобалы ортада Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тәуекелдерін басқару үдерісін модельдеу**

Көп жобалы ортада Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау үдерісінде тәуекелдерді басқаруды жоспарлау, мониторинг және түзету әсер ету жүйелеріне біріктіретін тәуекел факторларын талдау және бейтараптандыру әдістері мен тәсілдерінің жиынтығы ретінде сипаттауға болады. Мұндай бірлестік белгілі бір дәрежеде тәуекелді оқиғалардың басталуын болжауға, сондай-ақ олардың туындауының теріс салдарын болдырмау немесе азайту жөнінде жедел шаралар қабылдауға мүмкіндік береді [85,86].

Әдетте тәуекелдерді басқару үдерістерінен бұрын әртүрлі жоспарлау алгоритмдері болады. Осындай іс-әрекеттерге тәуекелдерді басқаруды қолдану және жоспарлау бойынша шешім қабылдау алгоритмдерін (мысалы, ШҚҚЖ қолдану арқылы) жатқызуға болады. Осындай алгоритмдер көп жобалы ортадағы Smart city дамуын динамикалық жоспарлау кезеңінен бастап, Smart city-ге өз қаржы ресурстарын (ҚР) инвестициялауды жоспарлап отырған инвесторлар үшін тәуекелдерді бағалауға дейінгі Smart city дамытудың барлық нақты жобалары үшін қажет. Мұндай алгоритмдер тәуекелдерді бағалауды ұйымдастыру мақсатында ұтымды шешімді, сондай-ақ тәуекелдерді басқаруды тиімді қамтамасыз ете алатын кадрларды таңдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ескеріледі:

- бағалау әдістемесі;
- тәуекелдерді анықтайтын деректер көздері;
- жағдайды талдауға болатын уақыт аралықтары;
- жағдайды осындай талдау жасалатын уақыт аралықтары.

Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлаудың ең ерте сатысында ақ тәуекелдерді басқаруды жоспарлау маңызды. Smart city АТ жобаларын дамыту үдерісінде жобалық қызметті басқарудың функционалды құрылымы 3.1 – суретте көрсетілген. Атап айтқанда, барлық басқару, үйлестіру және ұйымдастыру функциялары мен әрекеттері басқару қызметінің үш деңгейінде орналасқанын атап өтеміз.



Сурет 3.1 – Smart city үшін АТ жобаларын басқарудың функционалды схемасы

Стратегиялық басқару Smart city-ді дамытудың ұзақ перспективаға арналған жобалық қызметінің негізгі бағыттары мен даму үдерістерін анықтауға бағытталған. Сондықтан жоспарлау шегі үлкен, сондықтан болашақтағы белгісіз тәуекелдерді ескеру қажет. Бұл жағдайда қосымша ақпарат сарапшылардан келеді және негізінен сапалы болады. Smart city дамуындағы ДЖ басқарудың осы деңгейінде тәуекелдер туындауы мүмкін, соның салдарынан оларды іске асырудан болатын жағымсыз салдарлар да болуы мүмкін (3.1-кестеде). Тактикалық үйлестіру жеке жобаларды орындау мерзімдері мен кестелерін жоспарлау деңгейінде жүзеге асырылады, мысалы, АТ жобалары, сонымен қатар жеке жобалар арасында және олардың әрқайсысында қажетті ресурстарды жоспарлау және бөлу [122]. Осы деңгейдегі басқару үдерісі белгілі бір тәуекелдермен бірге жүруі мүмкін (3.2 -кестеде).

Кесте 3.1 – Стратегиялық басқару деңгейіндегі тәуекелді жағдайлар

Тәуекелдік жағдай	Ықтимал салдары
Портфельге ұсынылатын жобаларды таңдаудың негізсіздігі.	Жобаларды орындамау немесе сапасыз орындау, материалдық, қаржылық немесе моральдық шығындар.
Жобалар портфелін қалыптастыру тиімді емес.	Ұйымның қаржылық және имидждік жағдайына теріс әсер ету, потенциалды инвесторлардың шамадан тыс сақтық танытуы немесе жобаларға қатысудан бас тарту.
Жобалар портфелін іске асыруды дұрыс емес немесе тиімсіз жоспарлау.	Ұйымның бас стратегиясынан ауытқу, потенциалды серіктестер мен инвесторлардың жобаларға қатысудан бас тартуы

Кесте 3.2 – Жобаларды тактикалық үйлестіру деңгейіндегі тәуекелді жағдайлар

Тәуекелдік жағдай	Ықтимал салдары
Орындау кестесінен ауытқу	Жобалардың уақтылы орындалмауы, материалдық, қаржылық немесе моральдық шығындар.
Барлық жобаларды тиімсіз бөлу және қажетті ресурстармен қамтамасыз ету.	Жобаларды орындамау немесе сапасыз орындау, материалдық, қаржылық немесе моральдық шығындар.

Мұндай жоспарлау тәуекелдің деңгейі мен түріне, сондай-ақ Smart city-ді дамыту үшін қандай да бір жобаны іске асырудың маңыздылығына сәйкес жүзеге асырылады. Тәуекелді қабылдау мен сезінудің жүйелі тәсілі Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тәуекелдерін тиімді басқаруды жоспарлауды жеңілдетеді. Әрбір нақты тәуекел бойынша басқару стратегиясы әзірленеді, оның ықпал ету саласы нақтыланады, тәуекелдің қолайлы шекті деңгейлері айқындалады және қабылданады, стратегиялық мақсаттар әзірленеді. Жобаның барлық қатысушыларының рөлі мен жауапкершілігі, барлық бөлімшелердің өзара әрекеті анықталады. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында тәуекелдің нақты түрлерін бағалау және басқару әдіснамасының мерзімдері әзірленеді және ұсынылады.

Тәуекелдерді басқару әдістемесі үнемі қайта қаралуы тиіс критерийлер мен бағалау модельдерін қамтиды. Қолда бар тәуекелдер жіктеуіштері әзірленеді немесе қабылданады. Есеп форматтары, бухгалтерлік есеп және құжаттама принциптері ұсынылады. Жұмыс кездесулері, сұхбаттар және инспекциялық іс-шаралар жоспарланады, сауалнамалар мен сауалнама парақтары әзірленеді, жобаға қатысатын басқа ұйымдардан ақпарат жиналады, ШҚТ-мен кездесулер мен талқылаулар жоспарланады.

Тәуекелдерді басқару үдерісі тәуекелдерге арналған осындай рәсімдерді дәйекті түрде орындаудан тұрады [57, 740 б]: сәйкестендіру; талдау; жауап беру; мониторинг және бақылау.

Тәуекелдерді басқару үдерістерінің барлық құрамдас бөліктері (немесе тиісті рәсімдер) бір-бірімен өзара әрекет жасайды. Осындай өзара әрекет Smart city дамуындағы ДЖ басқада процедураларымен болуы мүмкін. Мұндай әрбір процедура Smart city-дің динамикалық даму жоспарларының жиынтығына кіретін әрбір жобада кемінде бір рет орындалуы тиіс екенін ескереміз. Бұл процедуралар әдетте дискретті элементтер ретінде қарастырылса да (және белгілі бір сипаттамалары бар), іс жүзінде олар ішінара сәйкес келуі және өзара әрекеттесуі мүмкін. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, диссертациялық жұмыстың осы параграфында бәсекелестік жағдайында көп жобалы ортада жұмыс істейтін Smart city-ді дамыту жобалары арасында ресурстарды оңтайлы бөлу әдісі жасалынды.

Тәуекелдерді басқару процедураларының әрқайсысына тән құралдар-сәйкестендіру, талдау, жауап беру және бақылау [88,89] еңбектерінде жеткілікті түрде егжей-тегжейлі зерттелген, сондықтан диссертация аясында егжей-тегжейлі талданбайды.

Smart city дамуындағы ДЖ жобалық тәуекелін тиімді басқару қандай да бір қолайсыз оқиға туындағанға дейін бюджеттен (мысалы, уақыт және/немесе қаражат) саналы түрде жұмсалуды керек. Потенциалды тәуекел іске асырылмай залалға айналмай тұрғанда, ыңғайлы жоспарды пайдалану және жақсы бақылауды қамтамасыз ету керек.

Smart city-дің көп жобалы даму ортасын құрайтын  $N$  жобаларды  $Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_N$  орындау қажет болсын. Көп жобалы ортаға белгілі бір шектеулер қойылады, атап айтқанда қол жетімді  $C$  ресурстардың шектеулі саны.

Әрбір жоба  $t_i$  жобаны орындау үшін талап етілетін ең аз уақытпен сипатталады (тартылған ресурстар санына қарамастан, бұрын жобаны орындау мүмкін емес). Бұл уақыт сыни жолды іздеу негізінде анықталады.  $T_i$  жобаны орындаудың ең ұзақ уақыты. Жобаны ( $t_i \leq t \leq T_i$ ) алдын ала орындаған жағдайда мердігер пайда (сыйлықақы) алады. Егер жоба ұзақ  $T_i$  уақыт орындалатын болса, онда жобаның уақтылы орындалмағаны үшін айыппұл санкциялары (айыппұл) қолданылады. Уақытқа байланысты  $C$  ресурстарды  $h$  жұмсау функциясы деп атаймыз

$$C_i = h_i(t).$$

Smart City-дің көп жобалы даму ортасын тәуекелсіз деп атайық, егер

$$\sum_{i=1}^N h_i(T_i) \leq C, \quad (3.1)$$

яғни, барлық жобалар қажетті мерзімде орындалатын болады.

Егер (3.1) шарт орындалмаса, онда бұл Smart city дамуындағы ДЖ көп жобалы ортасында ресурстардың жетіспейтіндігін білдіреді, демек, тәуекелдер бар. Бұл жағдайда жобаларды мерзімінен бұрын орындағаны үшін табыстар

және жобаларды уақтылы орындамағаны үшін айыппұлдар арасындағы айырманы барынша арттыру үшін ресурстарды Smart city-ді дамыту жобалары арасында бөлу қажет.

Біз келесі функцияларды енгіземіз:

$f$  пайда:

$$f_i = \begin{cases} \hat{f}_i(t), & t_i \leq t \leq T_i \\ 0, & t > T_i \end{cases} \quad (3.2)$$

$g$  пайда:

$$g_i = \begin{cases} 0, & t_i \leq t \leq T_i \\ \hat{g}_i(t), & t > T_i \end{cases} \quad (3.3)$$

Содан кейін көп жобалы ортадағы тәуекелдерді басқару мақсатын келесідей рәсімдеуге болады:

$$u = \sum_{i=1}^N (f_i - g_i) \rightarrow \max. \quad (3.4)$$

(3.1) – (3.4) формулалары Smart city-дің көп жобалы даму ортасында жобалық тәуекелді тиімді басқару моделін белгілейді.

(3.4) есебін шешу  $\hat{f}_i(t)$  және  $\hat{g}_i(t)$  функциялардың түріне тікелей байланысты. Оларды аналитикалық және кестелік түрде орнатуға болады. Бұл функциялар әр жеке жобаға тән болғандықтан, мәселені шешудің ең тиімді әдісі (3.4) жобалар арасында ресурстарды бөлу кестесі болып табылады. Содан кейін жобаның орындалу уақыты келесідей анықталады  $t = h_i^{-1}(C_i)$ .

$h_i^{-1}$  функциясы әр жоба үшін әр түрлі. Көбінесе бұл кері  $t = (W/C)$  пропорционалды байланыс (мұндағы  $W$  – тұрақты) немесе  $t = -a \cdot C + b$  теріс бұрыштық коэффициенті бар сызықтық байланыс.

$h_i^{-1}$  функциялар түрін, нақты модельдерге, тарихи мәліметтерге, тәжірибеге және интуицияға негіздеп сарапшылар береді.

Мысалы, келесі параграфта Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында және инвестициялардың жоғалту тәуекелдерін бағалау барысында шешімдер қабылдауды қолдау жүйесінің есептеу ядросына арналған модель сипатталған.

### **3.2. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалауда шешім қабылдауды қолдау жүйесінің есептеу ядросына арналған модель**

Қалалық инфрақұрылымды құруға және дамытуға негіз болатын инновациялық және озық ақпараттық технологияларды (АТ) қаржылық

қолдаусыз, Smart city динамикалық жоспарлау мәселесінің шешімін алу мүмкін емес [85,86].

Алайда, Smart city-дің ақпараттық технологияларына инвестициялау динамикалық жоспарлау тапсырмаларын аналитикалық қолдауды талап етеді. Мұндай қолдау, мысалы, шешімдер қабылдауды қолдау жүйелерін (ШҚҚЖ) немесе сараптамалық жүйелерді (СЖ) кеңінен қолдану арқылы Smart city инфрақұрылымдық жобаларына АТ енгізудің әртүрлілігі мен күрделілігіне байланысты қаржы ресурстарын жоғалтудың көптеген тәуекелдерін болдырмауға мүмкіндік береді. Бұл бағытта Smart city-де (көлік, су және энергиямен жабдықтау қауіпсіздігі және т.б.) түрлі үдерістерді басқару міндеттеріне бағытталған ақпараттық жүйелерді (АЖ) және ШҚҚЖ әзірлеумен қатар, инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалауға мүмкіндік беретін ШҚҚЖ-нің үлкен маңызы бар [57, 736 б; 88].

Көбінесе, инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау тапсырмаларын қарастыру және талдау кезінде олар осы мәселенің шешімін табудың дәлелденген тәсілдеріне жүгінеді. Мұндай әдістердің ішінде ойын теориясын, оңтайлы басқару әдістерін, көп өлшемді оңтайландыру әдістерін және тағы да басқаларын бөліп көрсетуге болады. Ең тиімді тәсілдердің бірі ойын теориясының әдістері, атап айтқанда, көп сатылы сапалы ойын әдістерін пайдалану болып табылады, олардың схемасы инвесторлардың (*FinR*) қаржы ресурстарын тарту кезінде АТ-ға инвестициялардың жоғалуын бағалау мәселесіне жақсы сәйкес келеді [57, 738 б; 89]. Көп сатылы сапалы ойындар аппаратын қолдану барлық факторларды ескере отырып, қаржылық ресурстардың жоғалту қаупін бағалауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттерін және Smart city инфрақұрылымдық жобалары үшін тиімді АТ құруға тәсілдердің көптігі ескере отырып қарастырылады. Бұл, мысалы, муниципалитеттерге АТ және АЖ инвестицияларының жоғалту қаупін бағалауды қолдана отырып, ұтымды шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін программалық өнімдер (ПӨ) сияқты ШҚҚЖ ойын модельдері негізінде дамуға мүмкіндік береді.

Smart city-ді дамыту жобалары жоғары дәрежеде белгісіздікпен және тәуекелмен сипатталуы, атап айтқанда, осындай жобаларды іске асыру барысында өзінің қаржылық ресурстарын көбейтуді көздейтін инвестор үшін [90,91] көрсетілген.

[92,93] көрсетілгендей, урбанистика саласындағы ірі жобалар үшін жетістік көбінесе жүйеге әсер ететін барлық факторларды ескере отырып, сондай-ақ әр түрлі белгісіздіктер мен тәуекелдерді ескере және еңсере отырып, қалалық инфрақұрылымды дамыту стратегияларын жоспарлауға және оңтайлы таңдауға байланысты болады. Алайда, бұл жұмыстарда тәуекелдердің болуын ескеретін айнымалылар жоқ.

[94,95] зерттеулерінде Smart city-дің дамуын жоспарлау және болжау Smart city жұмыс істейтін жүйенің өзі мен сыртқы орта тудыратын әртүрлі белгісіздіктерді, сызықты емес және тәуекелдерді жеңумен байланысты екенін көрсетті. Әр түрлі типтегі белгісіздіктердің болуы, мысалы, ситуациялық белгісіздік, жүйенің және қоршаған ортаның әртүрлі параметрлерінің дәл

еместігі және белгісіздігі, жүйе туралы ақпараттың жеткіліксіздігі, Smart city – де де, сыртқы ортада да жүретін үдерістердің сызықтық еместігі және стохастикасы, сондай-ақ көптеген қауіптер-осы белгілердің барлығы Smart City инфрақұрылымының ДЖ міндеттерін шешу мәселесін әлсіз құрылымдалған және формализациялануын қиын етеді [94, 68 б].

Smart city дамуын динамикалық жоспарлау сандық және сапалық ақпаратты өңдеудің әртүрлі әдістерін, модельдеу әдістерін [95, 223 б], жоспарларды құрудың әртүрлі кезеңдеріндегі оңтайландыру және шешім қабылдау әдістерін [96,97], тәуекелдер мен белгісіздіктерді бағалауды қамтиды [98-101].

Белгісіздік Smart city дамуын жоспарлаудың кез-келген түрінде орын алады. Smart city дамуын динамикалық жоспарлау (ДЖ) міндеттерінде белгісіздік тәуекелмен байланысты. Тәуекелдер кез-келген қызметке тән, ал ғылыми және технологиялық салалардың дамуымен қолда бар және ықтимал тәуекелдер саны едәуір артады.

Бүгінгі таңда тәуекелдерді басқару үдерісі қолданбалы менеджменттің негізгі бағыты ретінде қарастырылады, ол тәуекел салаларын және тәуекелдердің негізгі түрлерін зерттеуге, оларды бағалаудың, бақылау мен мониторингтің тиімді әдістерін іздеуге, сондай-ақ тәуекел менеджментінің тиісті жүйелерін құруға көп көңіл бөлуді талап етеді.

Әр түрлі қолданбалы тапсырмалардағы тәуекелдерді талдау өте кең және тез дамып келе жатқан зерттеу саласы болып табылады. Кез-келген мәселені шешудің тиімділігі, негізінен, шешілетін міндеттердің күрделілігіне қарамастан, мәселелерді шешудің барлық кезеңдерінде шешім қабылдаудың дұрыстығы мен негізділігіне байланысты, бұл өз кезегінде тәуекелдерді ескерусіз мүмкін емес.

Кез-келген үдерісті басқару немесе жоспарлау мәселелерін шешу үшін сіз тәуекелді талдай білуіңіз керек, оның дәрежесін бағалай білуіңіз керек, шешімнің салдарын болжай білуіңіз керек және тәуекелдің рұқсат етілген шегінен шықпауыңыз керек. Яғни, ДЖ мәселелерін тиімді шешу үшін тәуекелді анықтап, оны алдын-ала болжап, оны ең төменгі деңгейге дейін төмендету керек [102-106].

Диссертацияның осы тармағында ұсынылған модель Smart city үшін инвесторлардың көп факторлы және таңдау альтернативаларының көптігі жағдайында қаржыландыру үдерісінің тәуекелдерін талдауға негізделген[124].

Модель бірнеше терминалды беттері бар көп сатылы бейсызықты ойын шешімінің нәтижелерін қолдана отырып, көп сатылы дәреже ойынының шешіміне негізделген [106 (10 бет), 107]. Тапсырма көп сатылы ойын үшін стандартты дәрежеде қарастырылған[119].

Көп өлшемді кеңістікте динамикалық жүйе бар, оны екі ойыншы (инвестор, бұдан әрі – инвестор 1 (*Inv1*) және инвестор 2 (*Inv2*)) басқарады. Жүйе тәуелді қозғалыстары бар бейсызықты көп сатылы теңдеулер жүйесімен (3.5 – 3.6) өрнекте берілген.



$$h(t+1) = B_1 \times h^+(t) + [(A_1 + R_1) - E] \times U(t) \times B_1 \times h^+(t) - [(A_2 + R_2) - E] \times V(t) \times B_2 \times f^+(t); \quad (3.5)$$

$$f(t+1) = B_2 \times f^+(t) + [(A_2 + R_2) - E] \times V(t) \times B_2 \times f^+(t) - [(A_1 + R_1) - E] \times U(t) \times B_1 \cdot h^+(t); \quad (3.6)$$

Мұндағы  $t = 0, 1, \dots, T$ ;  $x^+ = \begin{cases} x, & x \geq 0; \\ 0, & x < 0; \end{cases} \quad x \in R;$

$T$  – натурал сан;

$h(t) \in R^n, f(t) \in R^n, U(t), V(t)$  – оң элементтері бар

$n$  ретті квадрат матрицалар:

$$u_i(t), v_i(t) \in [u_1^*, \dots, u_K^*] \times [v_1^*, \dots, v_M^*], \quad u_l^* \in [0, 1], l = 1, \dots, n;$$

$$v_l^* \in [0, 1], l = 1, \dots, n;$$

$K, M$  – сәйкесінше  $U(t), V(t)$  диагональды матрицалардың диагональдарындағы натурал сандар;

$B_1, B_2$  – *Inv1* және *Inv2* қаржылық ресурстарды түрлендіру матрицалары (ҚР) және оларды Smart city үшін АТ-да сәтті іске асыру кезінде, тиісінше  $g_1^{ij}, g_2^{ij}$  оң элементтері бар тәртіптің  $n$  квадрат матрицалары болып табылады

$A_1, R_1$  – қаржылық инвестициялар үшін *Inv2* пайыздық төлемді және *Inv1* инвестицияларға қатысты инвестицияларды *Inv2* қайтару үлесін сипаттайтын оң элементтері бар диагональды матрицалар ;

$A_2, R_2$  – қаржылық инвестициялар үшін *Inv2* пайыздық төлемді *Inv1* және инвестицияларға қатысты *Inv1* инвестицияларды қайтару үлесін сипаттайтын оң элементтері бар диагональды матрицалар ;

$E$  – бірлік матрицасы.

$T$  ( $t = 0, 1, \dots, T$ ) инвестициялау уақыты,  $T$  – натурал сан;

$K(\cdot)$ : инвесторларды ұтып алу функциясы беріледі (3.7)

$$K(h(T), f(T)) = \begin{cases} 1, & h(T) \geq 0, \exists i : f_i(T) < 0; \\ -1, & f(T) \geq 0, \exists i : h_i(T) < 0; \\ 0, & \text{в жеке жағдайда;} \end{cases} \quad (3.7)$$

Стратегиялар ( $U$ ) мен ( $V$ ) ойыншылардың көптеген мәндері (3.8 - 3.9) өрнектерде анықталды:

$$U = [u_1^*, \dots, u_K^*], u_l^* \in [0, 1], \quad l = 1, \dots, n; \quad (3.8)$$

$$V = [v_1^*, \dots, v_K^*], v_l^* \in [0, 1], \quad l = 1, \dots, n. \quad (3.9)$$

Бірінші ойыншының мақсаты (бұдан әрі  $Inv1$ ) Smart city-ді дамытуға динамикалық түрде инвестициялауға жоспарланатын ҚР сипаттайтын ұтыс функциясын барынша арттыру.

Екінші ойыншының мақсаты -  $Inv2$  ұтыс функциясын азайту. Мұндай тапсырманың қойылымында  $Inv1$  шешім қабылдаушы тұлғаның өкілі (ШҚТ 1) ретінде, мысалы, Smart city-ді дамытудың жалпы жобаларының бір бөлігіне (екі инвестор үшін де) қаржы ресурсын салатын инвестордың өкілі ретінде түсіндіріледі. Содан кейін 2 немесе  $Inv2$  ойыншы Smart city дамыту жобаларының жалпы (екі инвестор үшін) бөлігіне қаржы ресурстарын салатын басқа шешім қабылдаушының (ШҚТ 2) өкілі ретінде түсіндіріледі.

Ұтымды ойыншылар стратегиясын және Smart city дамыту жобаларына инвестициялау кезінде ҚР жоғалтумен байланысты тәуекелдерді табамыз.

$\{0, \dots, T\}$ . жиымды  $T^*$  арқылы белгілейміз

Ойыншылардың таза стратегияларын анықтаймыз.

$Inv1$  таза болып  $u(\cdot): T^* \times R^n \times R^n \rightarrow [u_1^*, \dots, u_K^*]$ , функциясы аталады, осындай, бұл  $u(t, (h, f)) = u_j^*$ , кейбір  $j - de$ .

Сол сияқты таза стратегия  $Inv2 - v(\cdot)$  анықталады.

Мұндай ойынды шешудің таза стратегиялары класында жоқ болғандықтан, шешім аралас стратегиялар класында болады.

Ойыншылардың аралас стратегияларын анықтаймыз.

$P[u_1^*, \dots, u_K^*]$  арқылы -  $\{u_1^*, \dots, u_K^*\}$ . жиынтықта анықталған ықтималдық шараларының жиынтығын белгілейміз.  $\{v_1^*, \dots, v_M^*\}$ . - жиынтықта анықталған  $P[v_1^*, \dots, v_M^*]$  ықтималдық шараларының жиынтығы.

$Inv1$  аралас стратегия  $\mu(\cdot): T^* \times R^n \times R^n \rightarrow P[u_1^*, \dots, u_K^*]$ , функция деп аталады осындай, бұл  $\mu(t, (h, f)) = \mu^* \in P[u_1^*, \dots, u_K^*]$ .

Сол сияқты аралас стратегия  $Inv2 - \sigma(\cdot)$  анықталынады.

Қарастырылған ойын матрицалық болғандықтан, ойыншылардың оңтайлы аралас стратегиялары  $\{\mu^*(\cdot), \sigma^*(\cdot)\}$ . бар.

Оңтайлы аралас стратегияларды табу үшін оңтайлы аралас стратегияларды табу мүмкіндігін және матрицалық ойынның мәнін сызықтық программалау проблемасына дейін ескере отырып, сызықтық программалау аппаратын қолдануға болады.

$h(T) - h(0)$  айырмашылықты ескере отырып, шығындарды немесе кірістерді таба аламыз (бұл минус белгісі бар шығындар).

(3.5), (3.6) ішінен бірінші инвестордың пайдасын анықтауға болады (3.10):

$$\sum_{i=1}^n \{(A_1)^{ii} \times U^{ii}(t) \times \sum_{j=1}^n (B_1^{ij}) \times h_j^+(t) - (A_2)^{ii} \times V^{ii}(t) \times \sum_{j=1}^n (B_2^{ij}) \times f_j^+(t)\}. \quad (3.10)$$

Енді тәуекелдерді ескере отырып, қаржылық көрсеткіштерді бағалауға болады.

Орташа пайда оңтайлы аралас стратегиялар бойынша пайдадан (3.10) интеграл ретінде анықталады және  $R_{mid}$  деп осылай жазылады.

Орташа шығындар  $h(T) - h(0)$  оңтайлы аралас стратегиялар бойынша "векторлық айырмашылықтың компоненттік қосындысынан" интеграл ретінде анықталады және былай жазылады:  $U_{mid}$ .

$Inv1$  капитал (қаржы ресурстары) тәуекелдерді (ысыраптарды) ескере отырып,  $h(T)$  оңтайлы аралас стратегиялар бойынша "вектордың құрамдас қосындысынан" интеграл ретінде айқындалатын болады және  $C(R)$  осылай жазылады.

Инвестициялаумен байланысты салаларда, атап айтқанда, Smart city-ді дамытудың көп жобалы тапсырмалармен, қаржы ресурстарын жоғалту тәуекелдерін бағалауды тиісті көрсеткіштердің көмегімен жүргізеді. Осы көрсеткіштерді біздің тапсырмамызда тәуекелдерді бағалау үшін қолданамыз.

RORAC (тәуекелдерді ескере отырып, капиталға бөлінген пайда немесе дәлірек айтқанда, тәуекелдерді ескере отырып, капиталға бөлінген орташа пайда) келесідей анықталады:  $R_{mid}/C(R)$ .

RAROC (тәуекелдерді ескере отырып, капиталға бөлінген орташа пайда осылай айқындалатын болады:  $\{(R_{mid} + U_{mid})/h_1(0)\}$ .

RARORAC (тәуекелдерді ескере отырып, капиталға бөлінген тәуекелдерді ескере отырып, орташа пайда былайша айқындалатын болады:  $\{(R_{mid} + U_{mid})/C(R)\}$ .

VAR - капитал анықтау керек, яғни тәуекелге ұшыраған капитал. Басқаша айтқанда, бұл үлкен ықтималдығы бар ойыншыға ықтимал шығындарды жабуға мүмкіндік беретін қаржылық ресурстың мөлшері, мысалы, Smart city даму жоспарларын динамикалық жоспарлау және іске асыру кезінде [2, 98 б; 3, 8 б; 5, 265 б; 19, 110 б]. (3.11) өрнекпен жазылады.

$$\forall \varepsilon : 0 < \varepsilon < 1 \exists VAR(\varepsilon) \geq 0 : P(\varpi : \xi(\varpi) < -VAR(\varepsilon)) < \varepsilon, \quad (3.11)$$

мұндағы  $\xi(\varpi)$  – шығындардың кездейсоқ мөлшері.

Осы шаманың жиі қолданылатын есебін келтірейік.

Біз шығындарды сипаттайтын кездейсоқ шаманың стандартты ауытқуын (дисперсияның квадрат түбірі) табымыз. Біз оны  $SU$  деп белгілейміз.

$U_{mid} - SU$  айырмасын қарастырайық.

Түрлі жағдайлар болуы мүмкін.

- 1)  $U_{mid} \leq 0$ , онда  $VAR = |U_{mid}| + SU$ .
- 2)  $U_{mid} \geq 0$ ,  $U_{mid} - SU < 0$ , онда  $VAR = SU$ .
- 3)  $U_{mid} \geq 0$ ,  $U_{mid} - SU \geq 0$ , онда  $VAR = 0$ .

Бұл көрсеткіштер басқа инвестор үшін толығымен симметриялы түрде қарастырылады. Оңтайлы аралас стратегиялар үшін осы көрсеткіштерді қарастыру міндетті емес. Оңтайлы аралас стратегиялардың орнына кез-келген аралас стратегияны қолдана аламыз және дәл осы көрсеткіштерді анықтай аламыз. Жеткілікті кең таралған [89, 106] - бұл қалыпты бөлу арқылы берілетін аралас стратегияларды таңдау. Бұл жағдай, қаржылық сарапшылардың пікірінше, көптеген жылдар бойы жинақталған статистикамен түсіндіріледі.

Айта кету керек, іс жүзінде стандартты жалтару мүмкін шығындарды жабуға жүз пайыз мүмкіндік бермейді. Стандартты жалтарудың төрт еселенген мәні шығындарды жүз пайыздық ықтималдықпен (1-ықтималдық) жабуға мүмкіндік бермейтін жағдайлар бар. Банк саласында  $|U_{mid}|$  шамасы белсенді операциялар бойынша резервтердің мөлшерін анықтайды, ал  $SU$  шамасы банктің экономикалық капиталын анықтайды, мәні бойынша бұл ықтимал шығындарды үлкен ықтималдықпен жабу үшін капиталдың теориялық мәні болуы керек.

*Есептеу 1.*

Инвесторлар құрған қаржы ағындары бір өлшемді болған жағдайдағы есептеу экспериментін жүргіземіз. Бұл жағдай динамиканы анықтайтын  $n = 1$  матрицалардың сандар екенін білдіреді.

Біз бұны болжай аламыз  $B_1 = B_2 = A_1 = A_2 = R_1 = R_2 = 1$ .

Содан кейін ақша ағындарының қозғалысын анықтайтын теңдеулер келесідей жазылады:

$$h(t+1) = h^+(t) + u(t) \cdot h^+(t) - v(t) \cdot f^+(t);$$

$$f(t+1) = f^+(t) + v(t) \cdot f^+(t) - u(t) \cdot h^+(t);$$

$h(t) \in R, f(t) \in R, u(t), v(t) -$  нақты сандар,  
 $u(t), v(t) \in [u_1^*, \dots, u_2^*] \times [v_1^*, \dots, v_2^*], u_l^* \in [0, 1], l = 1, 2; v_l^* \in [0, 1], l = 1, 2;$

Инвесторлар бір қадам жасайды деп санаймыз:

(Inv1) бірінші инвестор  $h(0) = 0,6056$  (млн. шартты. қаржылық бірлік) қаржылық ресурстарға ие бола отырып, инвестициялауды бастайды; Inv2 инвестициялық үдеріс  $f(0) = 0,3944$  қаржылық ресурстарымен бастайды (шартты. қаржылық бірлік).

Бірінші инвестор әр мәнді  $u_1^* = 0, u_2^* = 0,0826$  ықтималдылықпен (0,5) таңдайтын  $\sigma(\cdot) = (0,5; 0,5)$  аралас стратегияны қолданады.

Екінші ойыншы әр мәнді  $v_1^* = 0, v_2^* = 1$  (0,5) ықтималдылықпен таңдайтын  $\mu(\cdot) = (0,5; 0,5)$  аралас стратегияны қолданады.

Inv2 үшін тәуекелдерді бағалау көрсеткіштерінің мәндерін келтіреміз.

RORAC = - 0,2041;  
 RAROC = - 0,4082;  
 RARORAC = - 0,061.

VAR -капитал анықтау ғана қалды, яғни тәуекелге ұшыраған капитал.  
 VAR = 0,9295 (млн. шартты қарж. бірл.)

Алынған тәуекелдік бағалаулары бастапқы қаржылық ресурстар *Inv1* және *Inv2* артықшылық саласында болғандығымен байланысты *Inv1* [89 (668 бет)], сондықтан, *Inv1*-де басқару әсерлері бар, оған өзінің қаржылық жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл *Inv2* үшін тәуекелдер тұрғысынан теріс болжамдарға әкеледі.

Шын мәнінде, тәуекелдердің теріс болжамдары ойыншылардың бастапқы күйлерінің басқа инвестордың көптеген артықшылықтарына жататындығына байланысты.

2 есептеу.

Пайда болған *Inv1* үшін қаржы ағыны бір өлшемді, ал пайда болған *Inv2* үшін қаржы ағыны екі өлшемді болған жағдайды қарастырамыз. (3.5), (3.6) теңдеулерде болсын:

$$B_1 = A_1 = R_1 = 1;$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix};$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$u(t) \in [0,1];$$

$$V(t) = \begin{pmatrix} v_1(t) & 0 \\ 0 & v_2(t) \end{pmatrix};$$

$$v_i(t) \in [0,1];$$

$$i = 1,2.$$

Ойыншылар бір қадам жасайды. *Inv1* қаржылық жағдайы  $h(0) = 150$  (млн. ш. қарж. бір.). *Inv2* қаржылық жағдайы  $f_1(0) = 45$  (млн. ш. қарж. бір.),  $f_2(0) = 65$  (млн. ш. қарж. бір.).

Бірінші ойыншы  $u_1^* = 0.2$ ,  $u_2^* = 0.09$  көрсетілген мәндерді (0,3), (0,7) ықтималдылықпен таңдайтын  $\sigma(\cdot) = (0.3; 0.7)$  аралас стратегияны қолданады.

Екінші ойыншы  $v_1^* = 0.5$ ;  $v_2^* = 1$  осы мәндерді (0,1), (0,9) ықтималдылықпен таңдайтын  $\mu(\cdot) = (0.1; 0.9)$ , аралас стратегияны қолданады.

Сонымен қатар, ол өзінің инвестицияларының жартысын *Inv1* бірінші компонентпен сипатталатын қаржы ағынына "бағыттайды", ал екінші жартысын *Inv1* екінші компонентпен сипатталатын қаржы ағынына бағыттайды.

Біз *Inv2* үшін тәуекелдерді бағалау көрсеткіштерінің мәндерін береміз.

$$\text{RORAC} = -0,1054;$$

$$\text{RAROC} = -0,3421;$$

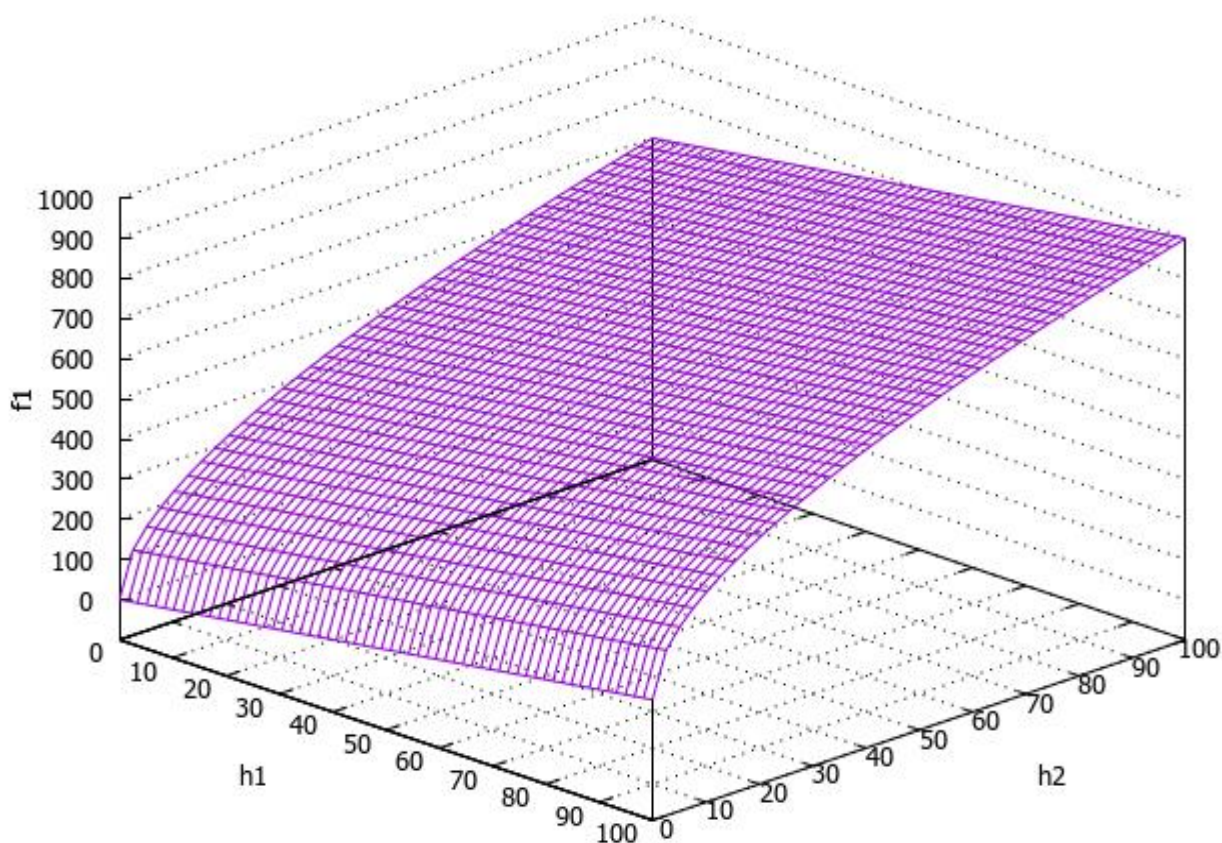
$$\text{RARORAC} = -0,3057.$$

*VAR* -капитал анықтау керек, яғни, тәуекелге ұшыраған капитал.

$$\text{VAR} = 849,295 \text{ (млн. шарт. қарж. бірл.)}$$

Тәуекелдердің теріс болжамдары ойыншылардың бастапқы күйлерінің басқа инвестордың артықшылығына байланысты [107].

*Inv2* ықтимал қауіптердің көптеген жағымсыз болжамдары 3.2. суретте келтірілген.



Сурет 3.2 – *Inv2* ықтимал қауіптердің көптеген жағымсыз болжамдары

3.2 – суретте *Inv2* үшін қолайсыз болжам аймағының шекарасы болып табылатын бет бейнеленген. Бұл аймақ осы беттің астында орналасқан. Айта кету керек, екі инвестордың бастапқы қаржылық ресурстары осы шекараға қаншалықты жақын болса, *Inv2* үшін тәуекел көрсеткіштері тұрғысынан болжамдар соғұрлым қолайлы болады.

3 есептеу.

2 – есептеуде есептелінгендей, *Inv1* үшін генерацияланатын қаржы ағыны бір өлшемді, ал *Inv2* үшін генерацияланатын қаржы ағыны екі өлшемді деп санаймыз. (3.5), (3.6) теңдеулерінде болсын:

$$B_1 = A_1 = R_1 = 3;$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 0 & 0.25 \end{pmatrix};$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix};$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix};$$

$$u(t) \in [0,1];$$

$$V(t) = \begin{pmatrix} v_1(t) & 0 \\ 0 & v_2(t) \end{pmatrix};$$

$$v_i(t) \in [0,1];$$

$$i = 1,2.$$

Ойыншылар бір қадам жасайды. *Inv1* қаржылық жағдайы  $h(0) = 75$  (млн. шарт. қарж. бірл.). *Inv2* қаржылық жағдайы  $f_1(0) = 15$  (млн. шарт. қарж. бірл.),  $f_2(0) = 35$  (млн. шарт. қарж. бірл.) құрайды.

Бірінші ойыншы  $u_1^* = 0.4$ ,  $u_2^* = 0.1$  (0,2), (0,8) ықтималдықпен көрсетілген мәндерді таңдайтын  $\sigma(\cdot) = (0.2; 0.8)$  аралас стратегияны қолданады. Екінші ойыншы  $v_1^* = 0.3$ ,  $v_2^* = 1$  осы мәндерді (0.6), (0.4) ықтималдылықпен таңдайтын  $\mu(\cdot) = (0.6; 0.4)$ , аралас стратегияны қолданады. Сонымен қатар, ол өзінің инвестицияларының жартысын *Inv1* бірінші компонентпен сипатталатын қаржылық ағымға, ал екінші жартысын *Inv1* екінші компонентпен сипатталатын қаржылық ағымға «бағыттайды» деп болжайды.

Мұнда *Inv2* үшін тәуекелді бағалау көрсеткіштерінің мәндері келтірілген.

$$RORAC = - 0,4042;$$

$$RAROC = - 0,6431;$$

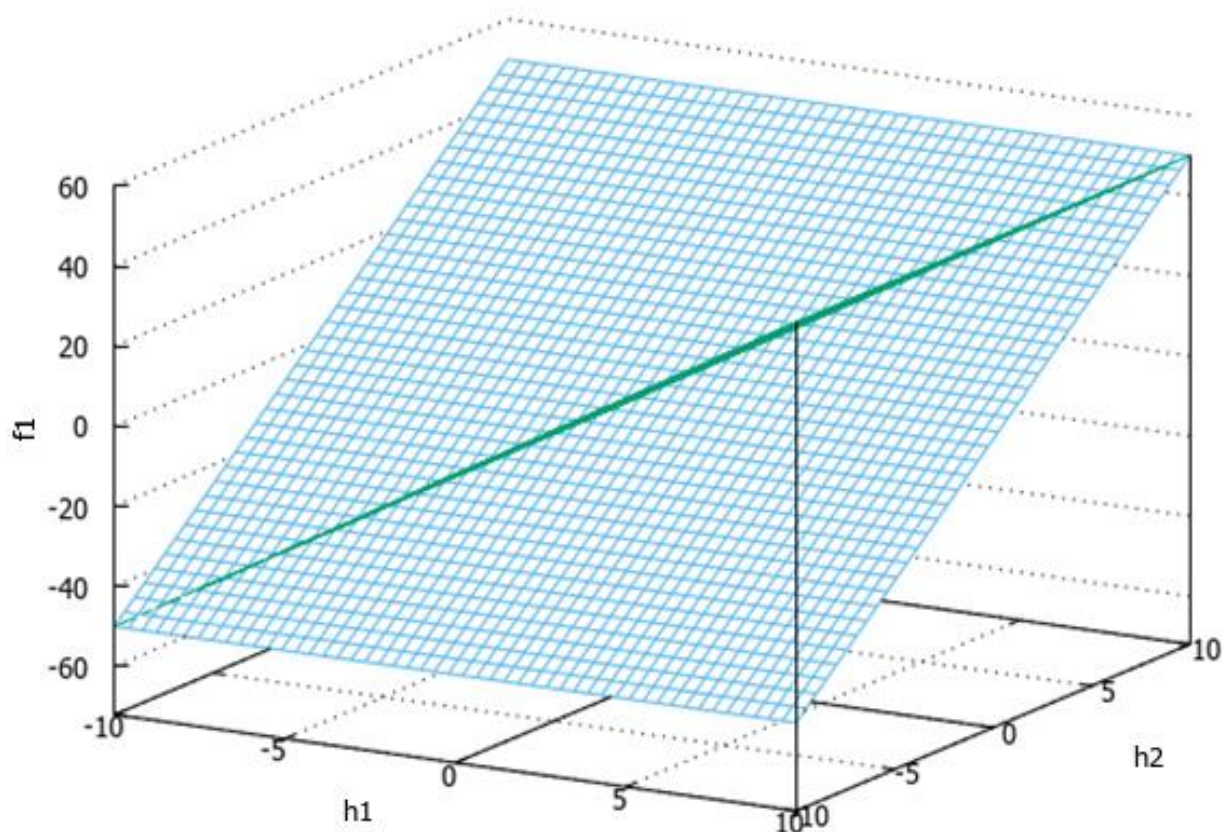
$$RARORAC = - 06757.$$

*VAR* – капиталды анықтау керек, яғни тәуекелге ұшырауға жақын капитал.

$$VAR = 247,386 \text{ (млн. шартты қарж.бірлік).}$$

Жоғарыда айтылғандай, жағымсыз тәуекел болжамдары ойыншылардың бастапқы күйлері олардың *Inv2* жиынтығына жататындығымен байланысты [89].

*Inv2* ықтимал тәуекелдердің көптеген қолайсыз болжамдары 3.3-суретте көрсетілген.



Сурет 3.3 – *Inv2* ықтимал тәуекелдердің көптеген қолайсыз болжамдары

3.3 – суретте бет бейнеленген, 1- суреттегідей *Inv2* үшін қолайсыз болжам аймағының шекарасы. Бұл аймақ осы бетінен төмен орналасқан. Бұрынғыдай, біз екі инвестордың да бастапқы қаржылық ресурстары осы шекараға жақын орналасқанын, екінші инвестор үшін тәуекел индикаторлары тұрғысындағы болжамдар соғұрлым қолайлы болатынын ескереміз. *Inv2* үшін қолайсыз болжам аймағы *Inv1* үшін қолайлы болжамды аймақ болып табылатындығына назар аударамыз.

Maple пакетін қолдана отырып, математикалық модельді апробациялаудан кейін модель ШҚҚЖ модулінде Smart city дамуын динамикалық жоспарлау кезінде инвестициялық шығындар тәуекелдерін бағалау үшін енгізілді (3.4. суретті қараңыз).

3.4 – суретте ШҚҚЖ интерфейсі көрсетілген, ол 1 жағдайға арналған Smart city-ді дамыту кезінде инвестициялардың жоғалту тәуекелдерін бағалаудың негізгі нәтижелерін көрсетеді, ШҚҚЖ графигінен көрініп тұрғандай, алынған шешім іс жүзінде Maple пакетінде алынған шешіммен сәйкес келеді.

ШҚҚЖ ыңғайлы интерфейсі Maple, MathCad немесе MatLab сияқты арнайы математикалық пакеттерді қолдану жағдайына қарағанда Smart city-ті дамыту кезінде инвестициялардың жоғалту тәуекелдерін бағалаудың

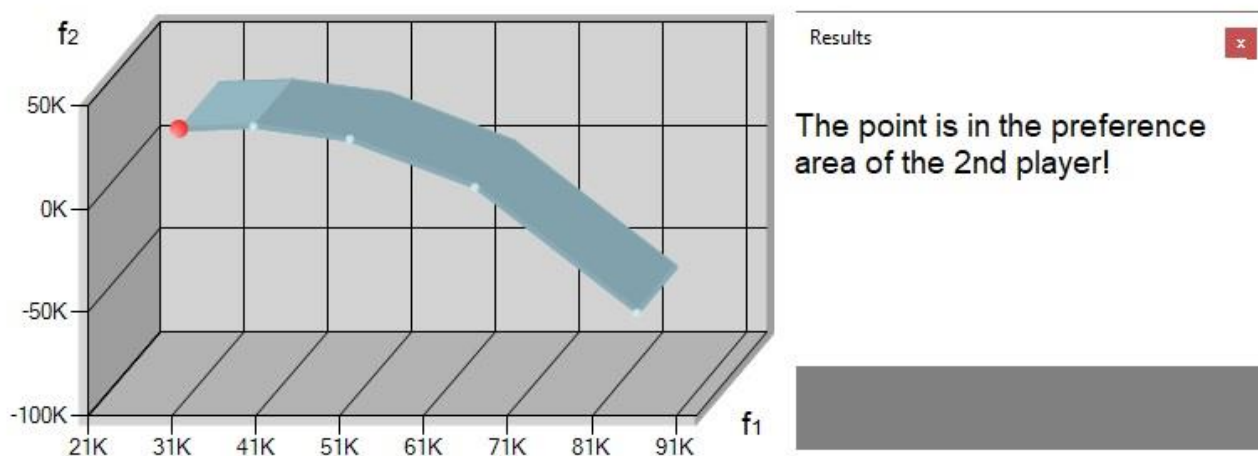


практикалық мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. ШҚҚЖ пайдалану арнайы дағдылар мен ұзақ дайындықты қажет етпейді.

IT SMART CITY INVESTMENT\_RISK

Exchange Rates	Investor 1	Investor 2
415	50000	100000
Resources (capital) for the project		
Pure player strategies	1,2	2
Mixed strategies of players	0,8	0,7
Share of resource return	0,86	0,92
The likelihood of a return resource	0,71	0,7

Chart



Сурет 3.4 – Smart city дамуындағы ДЖ кезінде инвестициялық шығындар тәуекелдерін бағалауға арналған ШҚҚЖ модулінің жалпы көрінісі

### 3.3 Үшінші тарау бойынша қорытынды

Диссертацияның үшінші тарауында келесі нәтижелер алынды. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында жобалық тәуекелді тиімді басқару әдісі, сонымен қатар көп жобалы ортада жобалық тәуекелді модельдеу ұсынылған. Әдістің тиімділігін тексеру үшін имитациялық модельдеу жүргізілді. Көп жобалы ортада Smart city үшін екі АТ дамыту жобасы арасында

ресурстарды тиімді бөлу мысалдары қарастырылды. Сипатталған әдісті бәсекелістік шартында көп жобалы ортада жұмыс жасайтын жобалар арасында қалпына келтірілмейтін ресурстарды бөлу үшін қолдану тиімді екендігі анықталды.

Smart city дамуын динамикалық жоспарлау барысында инвестициялық шығындар жоғалтуда тәуекелдерін бағалау үшін шешім қабылдауды қолдау жүйесінің (ШҚҚЖ) есептеу ядросының моделі ұсынылған. Қолданыстағы шешімдерден айырмашылығы, ұсынылған модель бірнеше сатылы ойындар мен сапалы ойындардың математикалық аппараттарын пайдалануға негізделген Smart city дамуын динамикалық жоспарлау кезінде инвестициялардың жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде нақты ұсыныстар береді. Тәуекелдердің қанағаттанарлықсыз болжамы болған жағдайда, тараптар қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізу үшін инвестициялық үдерістің параметрлерін икемді түрде түзетуге болады.

Диссертацияның осы тарауында алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы мынада: бірінші рет көп сатылы ойындардың жаңа классын қолдану ұсынылды. Бұл класс Smart city жобаларында ойыншылардың қаржылық ресурстарын орналастыруды динамикалық жоспарлау мысалын қолдана отырып, инвестициялық шығындар тәуекелдерін бағалау үдерісін адекватты сипаттауға мүмкіндік берді.

Қарастырылып отырған тәсілдің айрықша ерекшелігі - бірнеше терминалды беттері бар бейсызқты көп сатылы ойынды және аралас стратегиялар класында шешілген дәреже ойынын шешуге негізделген инструменталды қолдану болып табылады. Есептеу эксперименттері Maple математикалық модельдеу пакетін қолданып өткізілді.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы ШҚҚЖ әзірленгендігінде. ШҚҚЖ тәуекелдерді бағалау моделін көп сатылы ойындар теориясының әдістерін қолдануға негізделген. Әзірленген ШҚҚЖ Smart city дамуын және инвестициялардың нақты кірісін динамикалық жоспарлау кезінде инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін болжау туралы мәліметтер арасындағы сәйкессіздікті азайтуға мүмкіндік береді.

Тарау бойынша негізгі зерттеу нәтижелері келесі ғылыми жарияланымдарда келтірілген [119, 122, 124].

## **4 SMART CITY ДАМУЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ МІНДЕТТЕРІНДЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ӘЗІРЛЕУ**

Динамикалық жоспарлау үдерісінде шешім қабылдаудың негізгі құралы-динамикалық жоспардың құрылымын жасауға, жоспарды оңтайландыруға және қалаған шешімді табуға негіз болатын модельдер мен әдістер жүйесі. Шешім қабылдау үшін сыртқы ортаны сипаттау, Smart city жүйесінде жүретін үдерістердің табиғаты, динамика, критерийлер және т.б. Сонымен қатар, кем дегенде екі түрлі модельдер класын ажыратуға болады: динамикалық және статикалық. Динамикалық модельдер көптеген себеп-салдар байланыстарын сипаттайды, жүйе күйінің өзгеруі және осы өзгеріске әсер ететін үдерістер. Статикалық модельдер белгілі бір уақытта жүйенің күйі мен басқа сипаттамалары арасындағы байланысты сипаттайды. Статикалық модельдерде шешім белгілі бір вектормен сипатталады (сызықтық немесе векторлық кеңістіктің элементі) және векторлардың соңғы өлшемді кеңістігінде балама таңдау әдістері қалаған шешімді табу үшін қолданылады. Динамикалық модельдерде шешім уақыт функциясымен сипатталады және ең жақсы шешімдерді таңдау анық емес модельдер, динамикалық Байес желілері және оңтайлы басқару теориясы аясында дамитын әдістерге негізделген. Динамикалық модельдерде статикалық модельдермен салыстырғанда жүйенің күйі туралы түсінік енгізу қажет, яғни жүйенің ең маңызды қасиеттерін көрсететін және оның сипаттамасын анықтайтын параметрлер жиынтығы. Диссертацияның бұл бөлімінде Smart city дамуын динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу үшін мультимодельдік тәсіл негізінде шешім қабылдаудың ақпараттық технологияларын әзірлеу мәселелері шешіледі.

### **4.1 Шешім қабылдаудың топтық әдістері негізінде динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу**

Жоспарлы шешімдерді ұжымдық әзірлеу кезінде, соның ішінде Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу контексінде және бірнеше мамандардың үйлестірілген шешім қабылдауын талап ететін топтық шешім қабылдау әдістері қолданылады. Топтық шешім қабылдау деп сараптамалық топ мүшелерінің жеке преференцияларын (артықшылықтарын) келісу негізінде ортақ шешім қабылдау рәсімін айқындайды [108]. Сараптамалық топтық (ұжымдық) таңдаудың негізгі принциптері мен процедуралары [109,110] жұмыстарда тұжырымдалған және әзірленген. Ортақ пікірді қалыптастыру рәсімдерін ұйымдастыру және "үздік" келісілген жеке преференцияларды жалпы топтық артықшылыққа үйлестіру құралдарын айқындау орталық міндет болып табылады. Шешім қабылдау процедураларын ұтымды ұйымдастыру, сараптамалық топ мүшелерінің шешімдерін және осы шешімдерге әртүрлі факторлардың әсерін ескеруді талап етеді [110, 9 б; 111-113]. Топтық шешім қабылдау кезінде ең маңыздысы жеке преференцияларды теңдестіру және оларды топтық артықшылыққа біріктіру мәселесі болып

табылады. Бұл, тиісінше, көп өлшемді таңдау мәселесін қарастыру қажеттілігіне әкеледі. ШҚТ топтарының әрекеті жағдайында шешім қабылдау мәселесін шешу сараптамалық бағалау мен эмпирикалық мәліметтердің нәтижелерін, оларды топтастыруды, жіктеуді және маңызды факторларды бөлуді қамтиды. Ресми тұрғыдан алғанда, оны кортеж түрінде ұсынуға болады (4.1):

$$\langle S_0, T, Q, S, F, A, B, Y, F(f), L, K, Y_o \rangle, \quad (4.1)$$

мұндағы  $S_0$  – проблемалық жағдай;

$T$  – шешім қабылдауға арналған уақыт;

$Q$  – шешім қабылдау үшін қажетті ресурстар;

$S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$  –  $S_0$  проблемалық жағдайды одан әрі анықтайтын көптеген балама жағдайлар;

$A = (A_1, A_2, \dots, A_k)$  – шешім қабылдау кезінде алға қойылған көптеген мақсаттар;

$B = (B_1, B_2, \dots, B_l)$  – көптеген шектеулер;

$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$  – көптеген балама шешімдер нұсқалары;

$F(f)$  –  $f = (f_1, f_2, \dots, f_d)$ , сараптамалық топ мүшелерінің топтық преференцияларының жиынтығына байланысты топтық артықшылық функциясы, мұндағы  $d$  – топтағы сарапшылар саны;

$L$  – топтық артықшылықты қалыптастыру үшін топ мүшелерінің жеке преференцияларын келісу қағидаты (бұл ретте қандай да бір қағидатты таңдау үздік келісу ұғымын айқындайды),  $K$  – берілетін шешімді таңдау критерилері (немесе өлшемшарттары).

Smart city-ді дамытуды жоспарлау міндеттерін формальды түрде қоюдағы топтық таңдау тапсырмасын келесідей анықтауға болады.  $S_0$  проблемалық жағдай,  $T$  қол жетімді уақыт пен  $Q$  ресурстар, сондай-ақ  $d$  сарапшылардан тұратын топтық ШҚТ,  $S_0$  жағдайды көптеген балама  $S$  жағдайлармен алдын-ала анықтау,  $A$  көптеген мақсаттарды,  $B$  шектеулерді,  $Y$  балама шешімдерді анықтау, ең жақсы шешімді таңдау критерийлерін таңдау, шешімдердің артықшылықтарын жеке бағалау, содан кейін таңдалған  $L$  үйлестіру қағидаттары негізінде топтық артықшылық  $F(f)$  функциясын құру және сарапшылардың топтық қалауын (артықшылығын) қанағаттандыратын  $Y_o$  оңтайлы шешім табу қажет.

Сараптамалық топтың  $F = F(f_1, f_2, \dots, f_d)$  бірыңғай артықшылығын құру үшін жеке преференцияларды теңдестіру қажет. Бұл келісімдер сараптамалық топтық таңдау қағидаттарының негізінде жүзеге асырылады. Көрсетілген қағидаттар, сайып келгенде, теңдестіру және оңтайлы (ұтымды) шешімдерді таңдау қағидаларын айқындайтын болады. Бұл шешімдер Smart City-ді дамытудың қандай да бір жоспарын таңдаудың өлшемі болып табылады.

Көп өлшемді шешім қабылдау теориясының бір бағыты - көп мақсатты шешім қабылдау әдістері [114]. Көп мақсатты шешім қабылдау (Multiple objective decision making – MODM) шешім қабылдау теориясы мен операцияларды зерттеудегі қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі болып саналады.

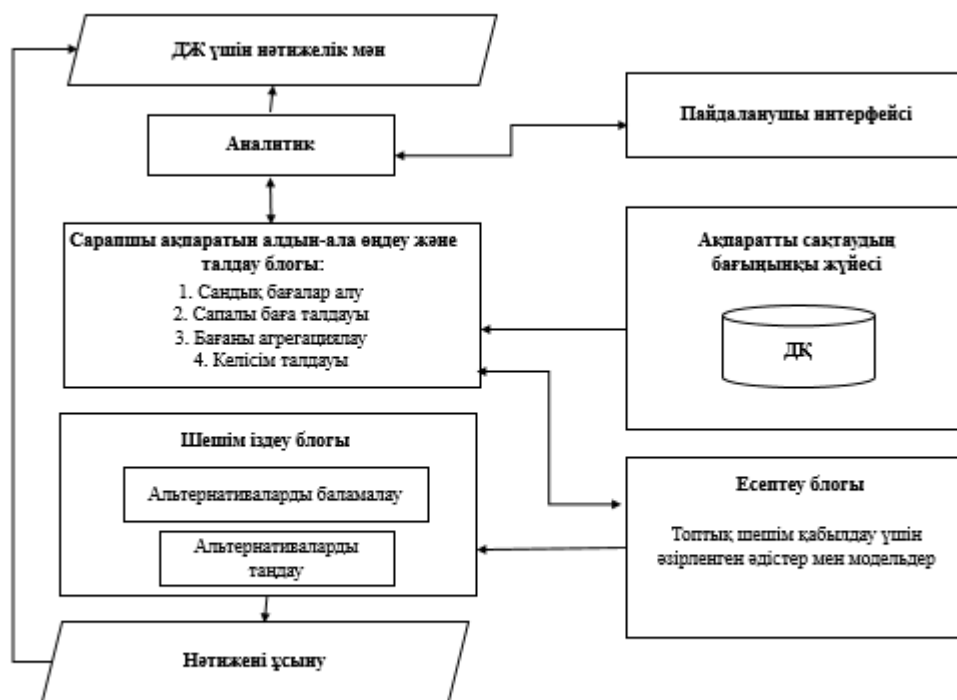
Мұндай дамудың басты себебі - шешім қабылдаудың көптеген мәселелерін көп мақсатты міндеттер ретінде тұжырымдауға болады. MODM мақсаты-жүйенің бірқатар шектеулерін ескере отырып, әртүрлі мақсатты функцияларды оңтайландыру. Көп мақсатты шешім қабылдауда қайшылықты мақсаттардың барлық өлшемдерін ескере отырып, ең тиімді нұсқаны таңдау. MODM мәселесінің математикалық тұжырымы векторлық максимизация (немесе минимизация) мәселесі ретінде де белгілі.

Көп мақсатты таңдаудың күрделілігі, ең алдымен, мақсаттарға қайшы келеді. Демек, барлық жергілікті критерийлер мен тиімділік көрсеткіштері бойынша алынған тұжырымдардың сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін ақылға қонымды ымыраға келу схемасын қолдану қажет. Сонымен қатар, мәселені әртүрлі әдістермен зерттеп, зерттеу нәтижелерін салыстыра отырып, ұтымды шешімді таңдау қажет. Сондықтан, мұндай зерттеулерді жүргізу үшін көп мақсатты таңдау мәселесін сапалы зерттеуге және шешуге мүмкіндік беретін құрал-саймандар (мысалы, көп модульді интеллектуалды шешімді қабылдауды қолдау жүйесі (ШҚҚЖ) болуы керек.

ШҚҚЖ құрылымдық схемасы және топтық шешім қабылдау әдістері негізінде Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу үдерісінде кезеңдер мен әдістердің арақатынасы 4.1.суретте көрсетілген.

Көптеген жұмыстар ШҚҚЖ көмегімен көп мақсатты мәселелерді шешудің ерекшеліктері мен әдістерін зерттеуге арналған. Егжей-тегжейлі талдауға кіріспестен, адам қызметінің әртүрлі салаларында ШҚҚЖ дамыту мен қолдануға арналған ең маңызды іргелі зерттеулерді атап өткен жөн [115].

Көп мақсатты таңдау мәселесі, әсіресе Smart city-ді дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерінде өте маңызды. Бұл шешілетін практикалық мәселелердің күрделілігі үнемі өсіп келе жатқандығына байланысты. Операцияларды зерттеу әдістері және дәстүрлі скалярлық (бір реттік) әдістер арқылы бұл мәселені шешу мүмкін емес. Сондықтан, жақында классикалық әдістердің негізгі кемшіліктерін болдырмауға мүмкіндік беретін күрделі оңтайландыру мәселелерін шешу саласындағы жаңа бағыттарға көбірек көңіл бөлінді [114 (46-54 бет)]. Мұндай жаңа әдістерге, атап айтқанда, ШҚҚЖ көмегімен жағдайды имитациялық компьютерлік модельдеу жатады [115 (12-21 бет)].



Сурет 4.1 – ШҚҚЖ құрылымы және Smart city дамуындағы ДЖ топтық шешім қабылдау әдістері бойынша міндеттерді шешу үдерісі

Көп мақсатты тапсырманы шешу барысында келесі шарттарды тексеру қажет.

Біріншіден, тәуелсіз айнымалыларды өзгерту мүмкіндігі болуы керек. Осы айнымалылар Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау сапасының критерийлеріне әсер ететіндігіне байланысты. Біз барлық айнымалылардың жиынтығын басқару векторы ретінде қарастырамыз.

Екіншіден, мақсаттар кеңістігін (МК) анықтау қажет.

МК - кеңістік, оның координаттары барлық қарастырылған сапа критерийлерінің мәндері болып табылады. Мақсат векторларының барлық мүмкін мәндері орналасқан және мақсаттар аймағын (МА) анықтайтын нүктелер жиынтығы. Сапа критерийлерінің басқару айнымалыларына тәуелділігі - бұл басқару кеңістігінің (БК) МК-дегі кейбір көрінісі. Бұл ретте МА-нан әрбір нүктені БК-дегі нүктеге (немесе бірнеше нүктеге) сәйкес қояды. Бұл бірдей нәтижеге әртүрлі мәндер немесе басқару шамаларының комбинациясы арқылы қол жеткізуге болатындығын білдіреді.

Егер салыстыру кезінде (мысалы, Smart city үшін энергия үнемдеу жүйелерін көп мақсатты онтайландыру үшін дамыту) векторлардың жеке компоненттерін салыстыру қажет болса, онда келесі жағдайда біржақты қорытынды жасауға болады. Атап айтқанда, бір вектордың барлық компоненттері басқа вектордың тиісті компоненттерінен өзгеше болған кезде.

Диссертацияның бірінші тарауы аясында да, біздің жарияланымдарымызда да орындалған Smart City дамуын динамикалық

жоспарлаудың көп мақсатты мәселелерін шешудің заманауи тәсілдерін талдағаннан кейін [116,117] MODM мәселелерін төрт әртүрлі топқа бөлуге болатындығын атап өтуге болады.

MODM міндеттерінің бірінші тобында тиімді шешімді іздеу барысында ШҚТ-дан ақпарат алудың қажеті жоқ. Әдістер мен алгоритмдердің бұл түрлері тек ШҚТ жасаған баламаның артықшылықтары туралы алдыңғы болжамдарға байланысты. Сызықтық бағдарламалау әдістері осы мәселелер тобын шешудің ең танымал әдістерінің бірі болып табылады. Мұндағы міндет - мақсатты функциялардың идеалды шешімнен ауытқуын азайту. Әр түрлі мақсаттар табиғатта әр түрлі болғандықтан, ауытқуларды азайту үдерісі басталмас бұрын оларды қалыпқа келтіру керек [113, 21-32 б].

MODM міндеттерінің екінші тобына шешім қабылдау үдерісі басталмас бұрын саны немесе сапасы бойынша реттелген ақпарат жинау кіреді. Мысалы, көптеген зерттеушілер кеңінен қолданатын мақсатты программалау әдісінде [113, 45-54 б; 114, 26-32 б], ШҚТ мақсатты функцияның ең аз (ең аз) деңгейін анықтайды.

MODM міндеттерінің үшінші тобы тиімді шешімдер жиынтығын ұсынады, онда ШҚТ тиімді шешімдер арасында ең жақсы шешімді тандай алады. Бұл топтағы көп мақсатты сызықтық бағдарламалау (MILP) және көп өлшемді симплекс әдісі осы топ үшін ең танымал және қолданылатын MODM әдістеріне жатады.

MODM-ның төртінші тобы ШҚТ-мен интерактивті үздіксіз өзара әрекеттесуге негізделген шешімдерді ұсынады. Бұл біртіндеп ең жақсы шешімге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл топқа көптеген әдістер кіреді, мысалы [118]:

- жеңілдетілген интерактивті көп мақсатты бағдарламалау (SIMOLP);
- қадамдық әдіс (STEM);
- дәйекті көп мақсатты шешім қабылдау (SEMOPS);
- ойын теориясының әдістері;
- эволюциялық әдістер;
- генетикалық алгоритмдер және т. б.

Стандартты тәсіл көп мақсатты тапсырма бір мақсатқа дейін азайтылатындығын қарастырады. Бұл тәсіл оңтайлы емес, өйткені көп жағдайда тапсырманың тұжырымдамасы өзгереді және бір тапсырманы екіншісіне ауыстыруға болады. Көп өлшемді мақсаттар үшін, мақсаттар келесі қатынастарда болуы мүмкін:

- тәуелсіз мақсаттар;
- мақсаттар біріктіріледі;
- мақсаттар бәсекелеседі.

Бұл жағдайда мақсатқа басқа мақсат арқылы ғана қол жеткізуге болады.

4.2 – суретте Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу барысында көп мақсатты оңтайландыру және шешім қабылдау әдістері сұлба түрде көрсетілген [121]. ШҚҚЖ әзірлеген архитектурада қолданылатын әдістер көгілдір тіктөртбұрышпен берілген.



Сурет – 4.2 ШҚҚЖ-де қолданылатын көп мақсатты оңтайландыру және шешім қабылдау әдістері

Жоғарыда аталған барлық жағдайлар диссертацияның келесі бөлімінде Smart city-дің дамуын динамикалық жоспарлау тапсырмалары үшін бұл көп мақсатты міндет екенін ескере отырып, көп модульды ШҚҚЖ жасауға мүмкіндік берді. Диссертацияның осы бөлімінде ұсынылатын жүйе көп модульді және ашық архитектура принципіне сәйкес құрылған. Бұл жаңа модульдер қосылған кезде ШҚҚЖ функционалдығын кеңейту үшін жасалады. Жаңадан қосылған ШҚҚЖ модульдері Smart city динамикалық жоспарлаумен байланысты жалпы мақсат аясында нақты мәселелерді шешуге арналған. Мысалы, мұндай ерекше міндеттерге: қалалық көлік инфрақұрылымын; қалалық жарықтандыруды; үйлер мен құрылыстардағы энергия үнемдеу жобаларын; Smart city-де денсаулық сақтау міндеттерін қамтамасыз ету шеңберіндегі жобаларды; білім беруді; қауіпсіздік жүйелерін және т. б. дамыту жатуы мүмкін.

#### **4.2 Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау тапсырмаларына арналған шешім қабылдауды қолдау жүйесінің модульдерінің сипаттамасы**

Шешім қабылдауды қолдау жүйесін (бұдан әрі-ШҚҚЖ) жобалау кезінде Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау және басқарушылық шешім қабылдау тапсырмаларын шешу үшін жоспарлау және шешім қабылдау үдерісін қамтамасыз ететін барлық функционалдық модульдерді бірыңғай жүйеге біріктіру қажет.

4.3 – суретте Smart city-ді дамытудың жекелеген жобаларын талдау барысында қабылданатын шешім және динамикалық жоспарлау міндеттерін шешуге арналған ШҚҚЖ құрылымы ұсынылған. Өзірленген ШҚҚЖ бірнеше



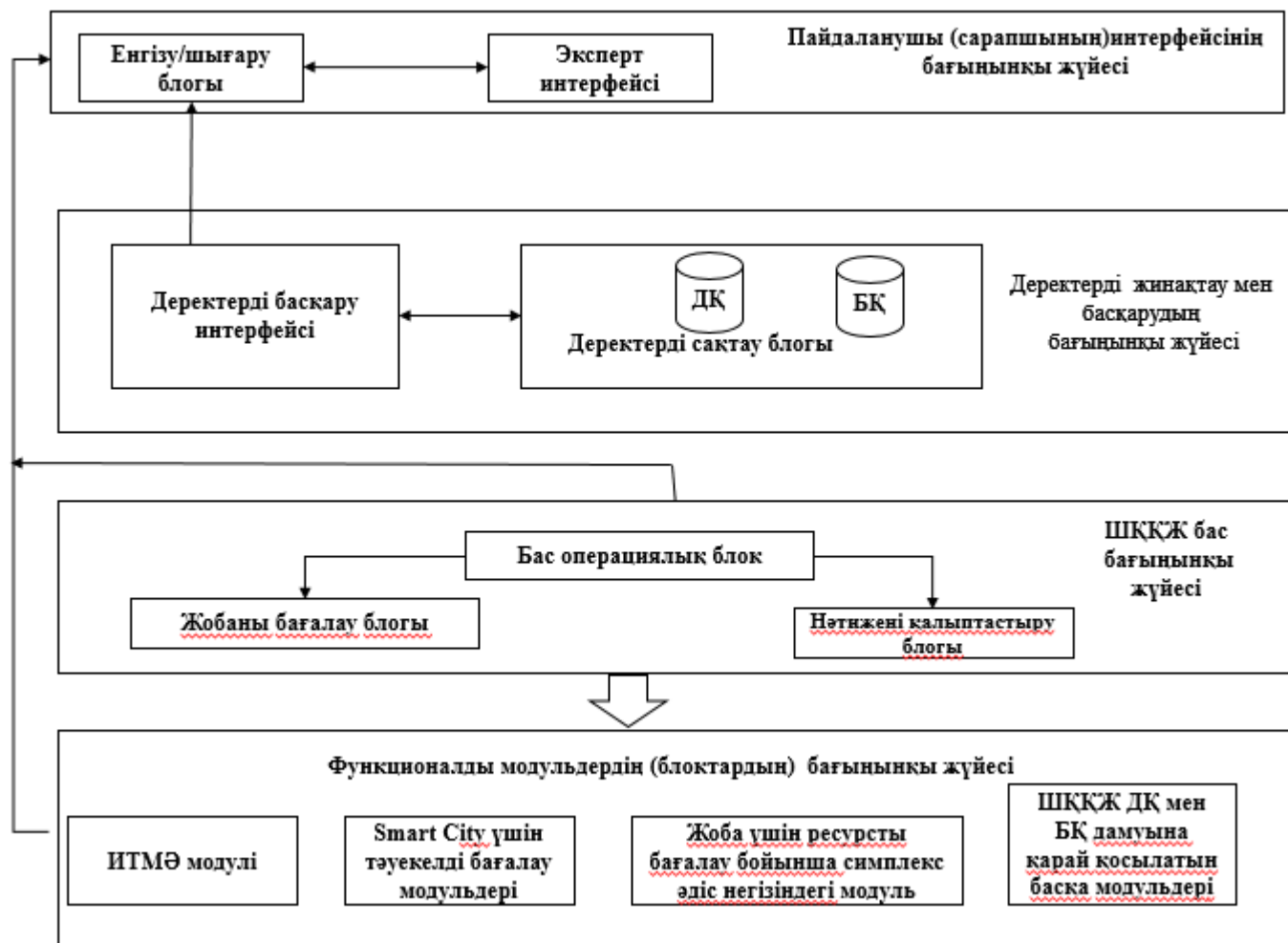
бағыныңқы жүйелерден тұрады және модульдік-блоктық құрылысты қамтамасыз етеді. ШҚҚЖ-нің мұндай архитектурасы оны айтарлықтай икемді іске асыруға мүмкіндік берді, бұл қажет болған жағдайда іске асырылған шешімді Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында туындайтын есептік-талдамалық міндеттерді орындауға бағытталған жаңа функционалдык модульдермен толықтыруға мүмкіндік береді. ШҚҚЖ минималистік интерфейсі ШҚҚЖ пайдаланушылары мен жүйенің ішкі элементтері арасындағы байланыс үдерісін қарапайым және интуитивті етеді және ШҚТ үшін ақпаратты енгізуді және шығаруды қамтамасыз етеді.

ШҚТ үшін интерфейс деректерді сақтаудың бағыныңқы жүйесінен бөлінген. Есептеу кезінде деректерді сақтау мен алудың мұндай ұйымы белгілі бір практикалық тапсырма үшін деректерді басқарудың оңтайлы жүйесін таңдауға мүмкіндік береді және жаңа, заманауи ДҚБЖ енгізу кезінде ШҚҚЖ болашақ құрылымдық қайта құру қажеттілігін жояды.

ШҚҚЖ негізгі бағыныңқы жүйесі тиісті модульді таңдау мәзірі арқылы көп мақсатты есептерді шешудің жалпы құрылымына сәйкес нақты мәселені талдау және шешу үдерісін жүзеге асыруды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, белгілі бір процедураларды орындау үшін функционалды модульдердің бағыныңқы жүйесін құрамына кіретін тиісті модульдер қосылады және қолданылады. Мұндай модульдер көп мақсатты шешім қабылдау үдерісінде қолданылатын әзірленген әдістер мен тәсілдерді енгізуге арналған және ШҚҚЖ-нің басқа элементтерін түзету қажеттілігінсіз осы программалы өнімді одан әрі жетілдіру және дамыту мүмкіндігін қарастырады.

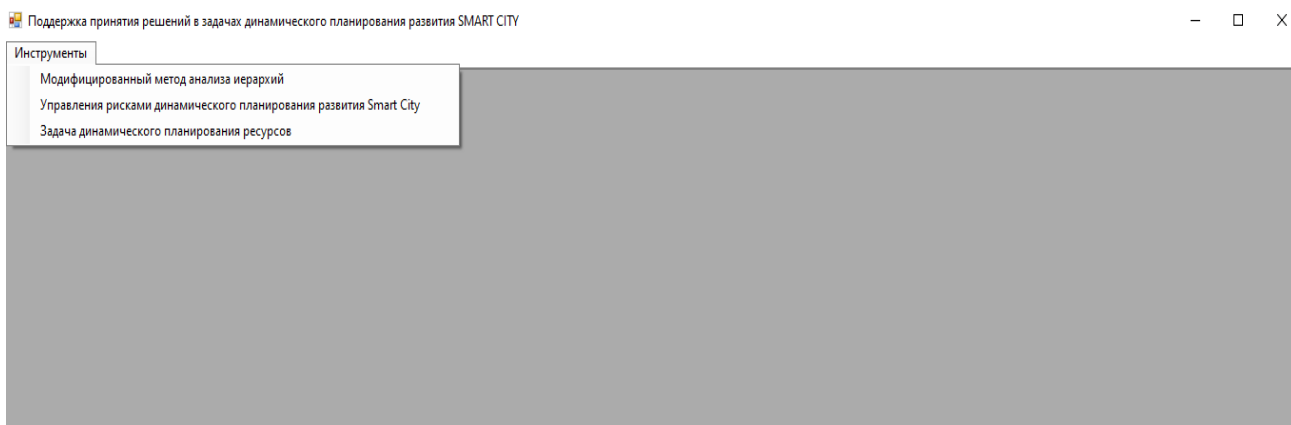
Әзірленген ШҚҚЖ архитектурасы шешім қабылдаудың басқа мәселелерін шешуге, сондай-ақ көп мақсатты оңтайландыру мен шешім қабылдаудың басқа әдістерін қолдану мүмкіндіктеріне оңай өзгертіледі.

Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау міндеттеріне арналған көп модульді ШҚҚЖ (бұдан әрі – ШҚҚЖ) негізгі нысаны MDI қосымша ретінде жобаланды. Барлық модульдер Visual Studio 2019 программалау ортасында C# тілінде орындалды. Деректер қоры (ДҚ) Access ДҚБЖ көмегімен жүзеге асырылды. Бірақ қажет болған жағдайда, мысалы, платформаға ауысқан кезде, деректер қорын MS SQL ДҚБЖ ретінде қайта конфигурациялауға болады.



Сурет 4.3 – Smart city үшін жобаларды дамыту бойынша динамикалық жоспарлау және шешімдер қабылдау үшін әзірленген ШҚҚЖ құрылымы

ШҚҚЖ үшін MDI формасының негізгі терезесінің жалпы көрінісі 4.4 суретте көрсетілген.



Сурет 4.4 – Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау тапсырмаларына арналған ШҚҚЖ нысанының MDI басты терезесінің жалпы көрінісі

Негізгі терезе және жеке ШҚҚЖ модульдерінің терезелері классикалық Windows Form типті қосымшалар ретінде жүзеге асырылды. Бұл потенциалды пайдаланушыға қосымша функционалдылыққа назар аудармай, осы программалық өнімді пайдалануды барынша жеңілдету үшін жасалды.

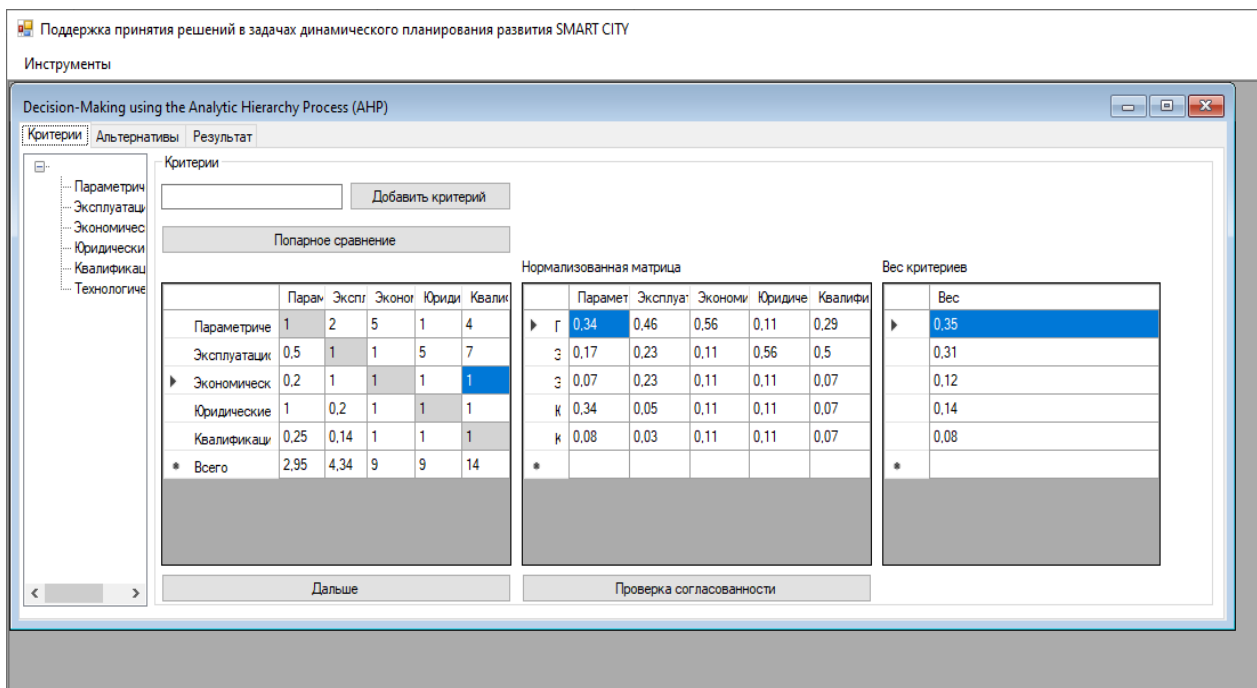
Жоғарғы сол жақ бұрышта қазіргі уақытта жұмыс істеп тұрған ШҚҚЖ модульдері көрсетілген, оларда жұмыстың екінші және үшінші бөлімдерінде бұрын сипатталған модельдер енгізілген.

Бұл екінші бөлімде бұрын сипатталған иерархиялық талдаудың модификацияланған әдісін, Smart city-ді дамытудың динамикалық жоспарлаумен байланысты жобаларды іске асыру барысында талдау бойынша тапсырмаларды талдамалық шешуді және тәуекелдерді басқаруды іске асыратын әдіс пен модель (диссертацияның үшінші бөлімінде сипатталған) және Smart city үшін жобаларды іске асыру үшін қажетті ресурстарды динамикалық жоспарлау міндетіне арналған модуль (жұмыстың 2 және 3-тарауларының модельдері үшін алынған мақсатты функцияларды оңтайландыру тапсырмаларына арналған классикалық симплекс әдісі).

Төменде жоғарыда көрсетілген ШҚҚЖ модульдерінің әрқайсысының жұмысы дәйекті түрде сипатталған.

4.5 – суретте иерархиялық талдаудың модификацияланған әдісін жүзеге асыратын модуль көрсетілген. Диссертацияның осы параграфы аясында диссертацияның екінші бөлімінде айтылған – Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау үшін иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісін қолдану мысалы толығырақ қарастырылады. Әрине, иерархияларды талдаудың модификацияланған әдісі әмбебап болып табылады. Ол Smart city дамытуды динамикалық жоспарлаумен байланысты тапсырмаларды барлық дерлік спектрі үшін

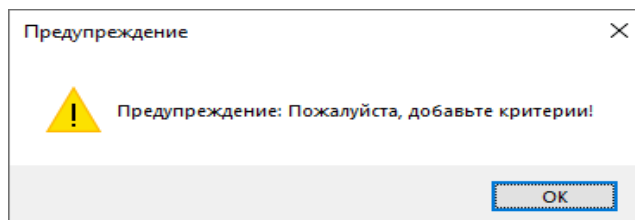
пайдаланылуы мүмкін. Мұндай тапсырмаларға мыналарды: көлік инфрақұрылымын; электрондық төлем жүйелерін; тұрғындардың қауіпсіздігіне қатысты инциденттерге мониторинг жүргізу жүйелерін; экологиялық жағдайды; денсаулық сақтау, білім беру жүйелерін және т. б. дамытуды жатқызуға болады.



Сурет 4.5 – Smart city иерархиясын талдаудың модификацияланған әдісін іске асыратын модуль терезесінің жалпы түрі

ШҚҚЖ-мен жұмыс істеудің осы кезеңінде критерийлерді қосу және жұптық салыстыру матрицаларын толтыру процедурасы иерархияны талдаудың классикалық әдісіне ұқсас.

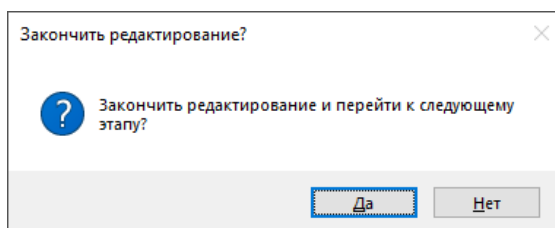
Жұптық салыстыру матрицасын толтыру процедурасында толтырудың дұрыстығын синтаксистік бақылау бар, яғни оператор (сарапшы) тарапынан қате болған жағдайда модуль түзетуді ұсынатын қате туралы ескерту береді (4.6 – суретте көрстеліген).



Сурет 4.6 – ИТМӘ модулімен жұмыс істеу кезінде қате туралы хабарламаның мысалы

Smart city иерархиясын талдаудың модификацияланған әдісін іске асыратын модуль формасының осы бетбелгісінде солдан оң жаққа жобаның таңдалған критерийлері үшін жұптық салыстырулардың матрицасын, нормаланған матрицаны және өлшемдер салмағы бар кестені визуализациялайтын кестелік компоненттер орналасқан. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлаудың жалпы міндеті шеңберінде талданатын әрбір жобаны жеке талдау қажет екенін ескертеміз.

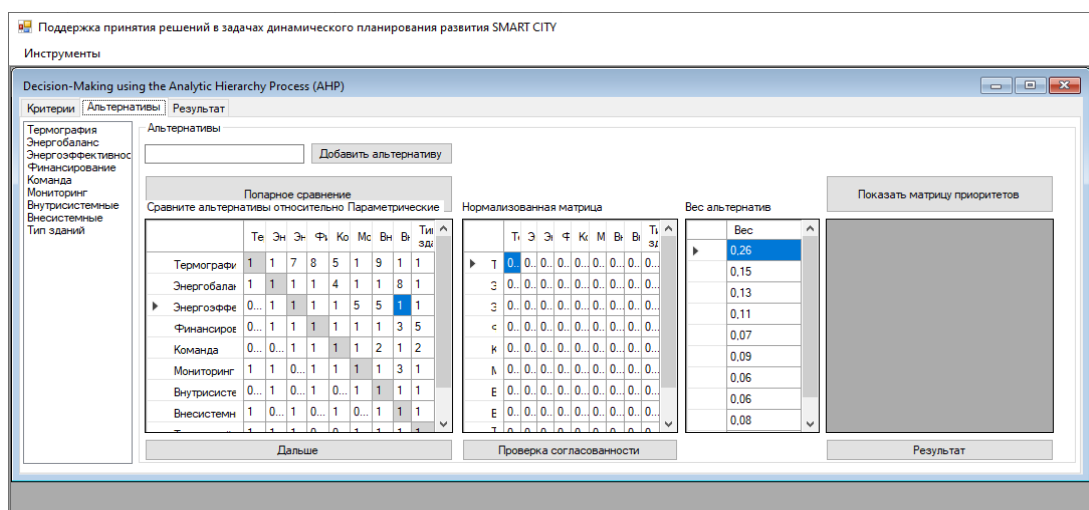
Жұмыстың ыңғайлылығы үшін Smart city иерархиясын талдаудың модификацияланған әдісін жүзеге асыратын модульдің кезеңдері немесе терезе бетбелгілері арасындағы ауысу операторға арналған кеңестері бар терезелермен жабдықталған (4.7- суретте көрстеліген).



Сурет 4.7 – Жобаны талдаудың келесі кезеңіне өту қажеттілігі туралы ақпараттық хабарламаның мысалы

Критерийлерді белгілегеннен кейін Smart city дамыту жобасы шеңберінде мәселені табысты шешу үшін мүмкін болатын баламаларды қою қажет.

Осы бөлімде Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалауға байланысты жобаны талдау мысалы қарастырылатындықтан, баламалар да осы тапсырмаға сәйкес таңдалады (4.8 – суретте келтірілген).



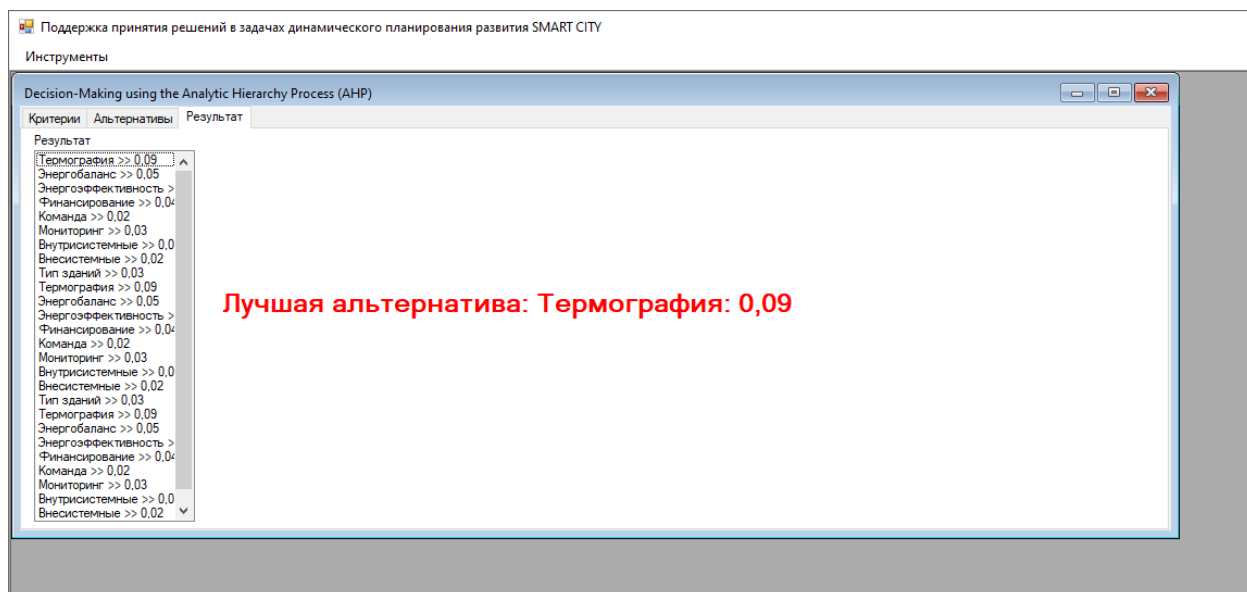
Сурет 4.8 – Берілген альтернативалар үшін деректерді (альтернативаларды) және алынған нәтижелерді толтыру мысалы

Бірінші кадамда таңдалған критерийлерге альтернатива тағайындау процедурасы алдыңғы кадамға ұқсас. Модульдің осы бетбелгідегі жұмысының нәтижесі ретінде біз солдан оң жаққа орналасқан кесте компоненттерін көреміз. Бұл компоненттерде операторға (шешім қабылдаушы немесе сарапшы) – альтернатива тізімі, альтернативаның жұптық матрицасы, қалыпқа келтірілген матрица және альтернатива салмақтары бар кестені қарау немесе өңдеу қол жетімді.

ИТӘ түпнұсқасынан модификацияланған әдістің (ИТМӘ) айырмашылығы және оның осы бөлімде сипатталған программалық жасақтамасында айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін ескереміз. Модификацияның мәні мынада: ИТМӘ-де нәтиже жеке критерийлерде индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын құру, критерийлерді салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде глобальды критерийді анықтау арқылы алынады.

Екінші бетбелгідегі тиісті компоненттерді толтырғаннан кейін – «Альтернативы» немесе "Результат" батырмасын басуға немесе соңғы үшінші бетбелгідегі - "Результат" бөліміне өтуге болады.

Оператор енгізген критерийлер, альтернативалар мен деректер үшін 4.9- суреттегідей нәтиже алынады. .



Сурет 4.9 – Smart city дамыту жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау тапсырмасында берілген критерийлер мен альтернативалар үшін нәтижелердің мысалы

Әрине, критерийлер мен альтернативаларды таңдау ШҚҚЖ - мен жұмыстың бастапқы кезеңінде, оларды сарапшылар арасында үйлестіруді қамтиды. Немесе сарапшылардың әрқайсысы ШҚҚЖ-мен дербес жұмыс істейді, содан кейін алынған нәтижелерді топтық бағалау үшін классикалық

бағалау әдістерін қолдана отырып салыстыруға және қорытындылауға болады.

Ең жақсы альтернатива (немесе альтернативалар) анықталғаннан кейін сіз ШҚҚЖ қолданудың екінші сатысына өтуіңізге болады. Бұл қадам жобаларды іске асыру барысында талдау және тәуекелдерді басқару мәселесін аналитикалық шешімді жүзеге асырылатын модульді іске қосудан тұрады (диссертацияның үшінші бөлімінде сипатталған).

Бұл модульдің жалпы көрінісі 4.10 – суретте көрсетілген.

4.10 – суретте терезелер әдейі толтырылмаған. Бұл осы модульдің әртүрлі жұмыс режимдерін көрсету үшін жасалады. Осылайша, Smart city-мен байланысты жобаларға инвестициялау тәуекелдерін бағалау бойынша міндетті іске қосу кезінде операторға (сарапшыға) не бастапқы деректерді өз бетінше енгізу немесе бұрын қарастырылған деректерді таңдау мүмкіндігі беріледі.

Егер сарапшы, мысалы, бұрын қарастырылған және дерекқорда сақталған деректерді алдыңғы модельдеу нәтижелерімен таңдауды шешсе, онда ол "Прошлые результаты" батырмасын басуы керек. Осыдан кейін сарапшыға өткен есептеулердің нәтижелері бар деректер қоры қол жетімді болады (4.11– суретте келтірілген).

	Инвестор 1	Инвестор 2
Ресурсы на проект Smart City	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Темп роста инвестирования в проект	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Коэффициент риска для проекта	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Корректирующий коэффициент	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Достоверность возврата средств, затраченных на проект	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Волатильность вложения	<input type="text"/>	
Прошлые результаты	Построить	

Сурет 4.10 – Жобаларды іске асыру барысында талдау және тәуекелдерді басқару бойынша тапсырмаларды аналитикалық шешуге арналған модульдің жалпы түрі

Өткен нәтижені іске қосу үшін дерекқордың тиісті жолын екі рет шертіңіз және нәтиже автоматты түрде 4.10 – суретте көрсетілген формаға жіберіледі. Мысалы, біз дерекқорда 85 нөмірі бар жазбаны таңдаймыз және тінтуірдің сол жақ батырмасымен шертеміз. Нәтижесінде Smart city жобасына жұмсалған қаржы ресурстарын жоғалту тәуекелдерін модельдеу үшін 4.11– суретте келтірілген деректерді аламыз.

Smart city белгілі бір жобасын қаржыландыратын инвестордың қаржы ресурстарын жоғалту тәуекелдерін модельдеу және талдаудың бұрынғы нәтижелері автоматты түрде қысқартылып, MDI жобаның негізгі форманың төменгі бөлігінде қолжетімді болып қалатынын атап өтеміз.

Егер сарапшы ықтимал шешімді өз бетінше талдауға шешім қабылдаса, онда 4.8 – суретте көрсетілген формадағы бос компоненттер өздігінен толтырылады. Алайда, бұл жағдайда да оны шешудің барлық нәтижелері автоматты түрде деректер қорына енгізіледі.

ШҚҚЖ үшін ДҚБЖ ретінде Access таңдалды. Алайда, бүкіл ШҚҚЖ-сін клиент-сервер платформасына ауыстыру қиын емес. Егер сіз Microsoft SQL Server ДҚБЖ ретінде таңдасаңыз. Дерекқорды Access-тен Microsoft SQL Server форматына ауыстырудың қарапайым қолданушы да бұл әрекетті деректерді жоғалтпай орындауға мүмкіндік береді, өйткені бастапқы дерекқордың құрылымы өте қарапайым.

	Инвестор 1	Инвестор 2
Ресурсы на проект Smart City	10000	15000
Темп роста инвестирования в проект	1.5	2
Коэффициент риска для проекта	0.2	0.3
Корректирующий коэффициент	0.8	0.8
Достоверность возврата средств, затраченных на проект	0.8	0.8
Волатильность вложения	10	

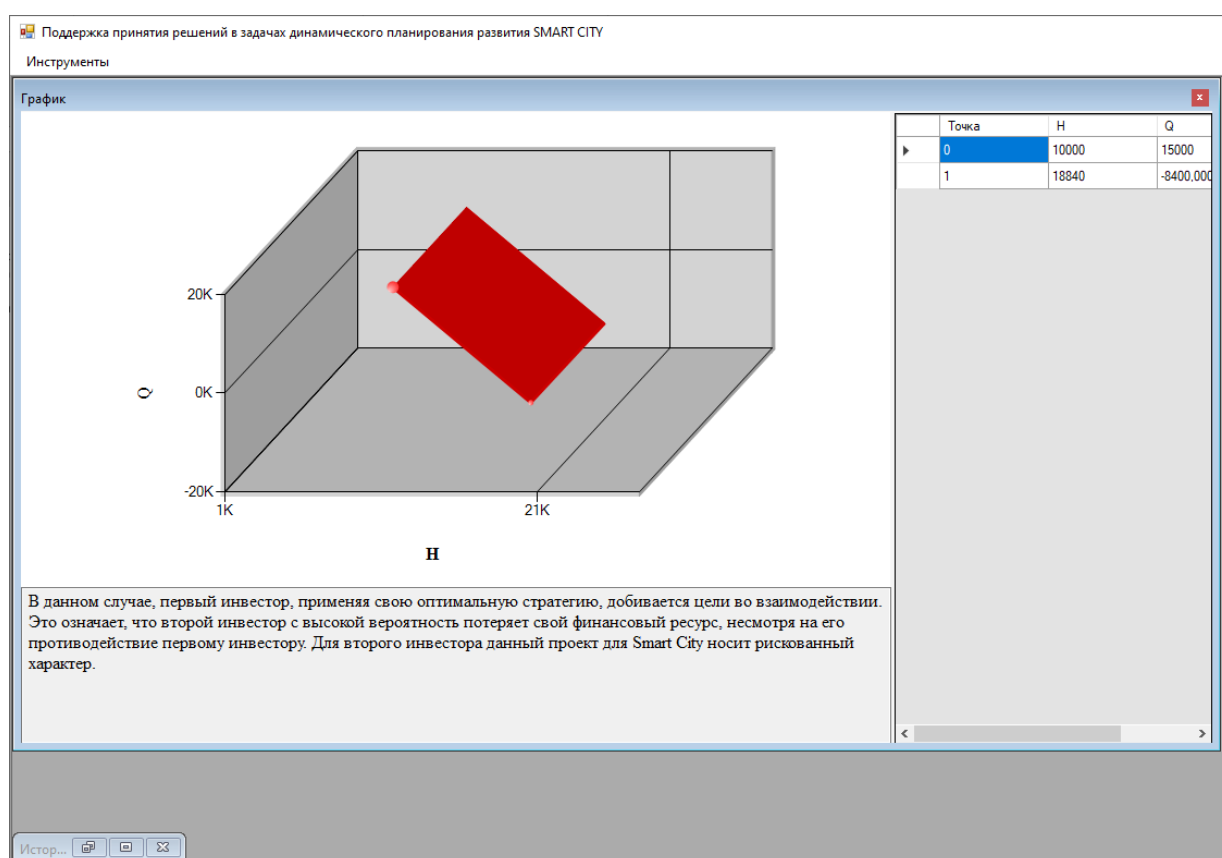
Buttons:

Сурет 4.11 – Smart City - ге байланысты жобаларға инвестициялау тәуекелдерін бағалау бойынша өткен есептеулермен нәтижелері бар ДҚ-нан алынған бастапқы деректерді автоматты түрде толтыру мысалы



Бірақ есептеу нәтижелерін ұсынудың кестелік форматы жеткіліксіз болғандықтан, бұл модуль ШҚҚЖ негізгі модульдерінің бірі ретінде нәтижені түсіндірумен график түрінде визуализациялауға арналған формамен жабдықталған (4.12 – суретте келтірілген).

Сонымен, 4.12 – суретте көрсетілген форманың төменгі бөлігінде біз талдау нәтижесінің түсіндірмесін көреміз – «Бұл жағдайда алғашқы инвестор өзінің оңтайлы стратегиясын қолдана отырып, өзара әрекеттесуде максатқа жетеді. Бұл екінші инвестор бірінші инвесторға қарсы болғанына қарамастан, өзінің қаржылық ресурсын жоғалтуы мүмкін дегенді білдіреді. Екінші инвестор үшін бұл жоба тәуекелді». Жобаның тәуекелділігін бағалауға тікелей қатысқысы келетін сарапшы немесе инвестор үшін мұндай түсініктеме форманың оң жағында көрсетілген нәтижелері бар кестені түсіндіруден гөрі қол жетімді болады.



Сурет 4.12 – Smart city-мен байланысты жобаларға графикті визуализациялау үлгісі және инвестициялау тәуекелдерін бағалау бойынша алынған нәтижені түсіндіру

Сарапшы ұсынған мәліметтерге байланысты модельдеу нәтижесі әрдайым график форматында бола бермейді. Мысалы, 4.13-суретте көрсетілген деректер үшін ШҚҚЖ ойыншының (инвестордың) осы деректер үшін өзінің артықшылық аймағы болмайтыны туралы хабарлама жасайды. Яғни мұндай деректермен жобаға инвестицияны жоғалту тәуекелі тым үлкен.

	Инвестор 1	Инвестор 2
Ресурсы на проект Smart City	<input type="text" value="11000"/>	<input type="text" value="15000"/>
Темп роста инвестирования в проект	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="2.6"/>
Коэффициент риска для проекта	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.3"/>
Корректирующий коэффициент	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.8"/>
Достоверность возврата средств, затраченных на проект	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.7"/>
Волатильность вложения	<input type="text" value="10"/>	
<input type="button" value="Прошлые результаты"/>	<input type="button" value="Построить"/>	

✕

**Первый игрок не может в этом случае иметь свое множество предпочтительности.**

Сурет 4.13 – Инвесторға инвестициялардың берілген мөлшері және олардың қайтарылуының дұрыстығы кезінде көптеген артықшылықтың жоқтығы туралы хабарлау мысалы

Бұл модульде 4.13 және 4.14 суреттерінде көрсетілгендей сарапшыға арналған кеңестер мен хабарламалардың дамыған жүйесі бар.

✕

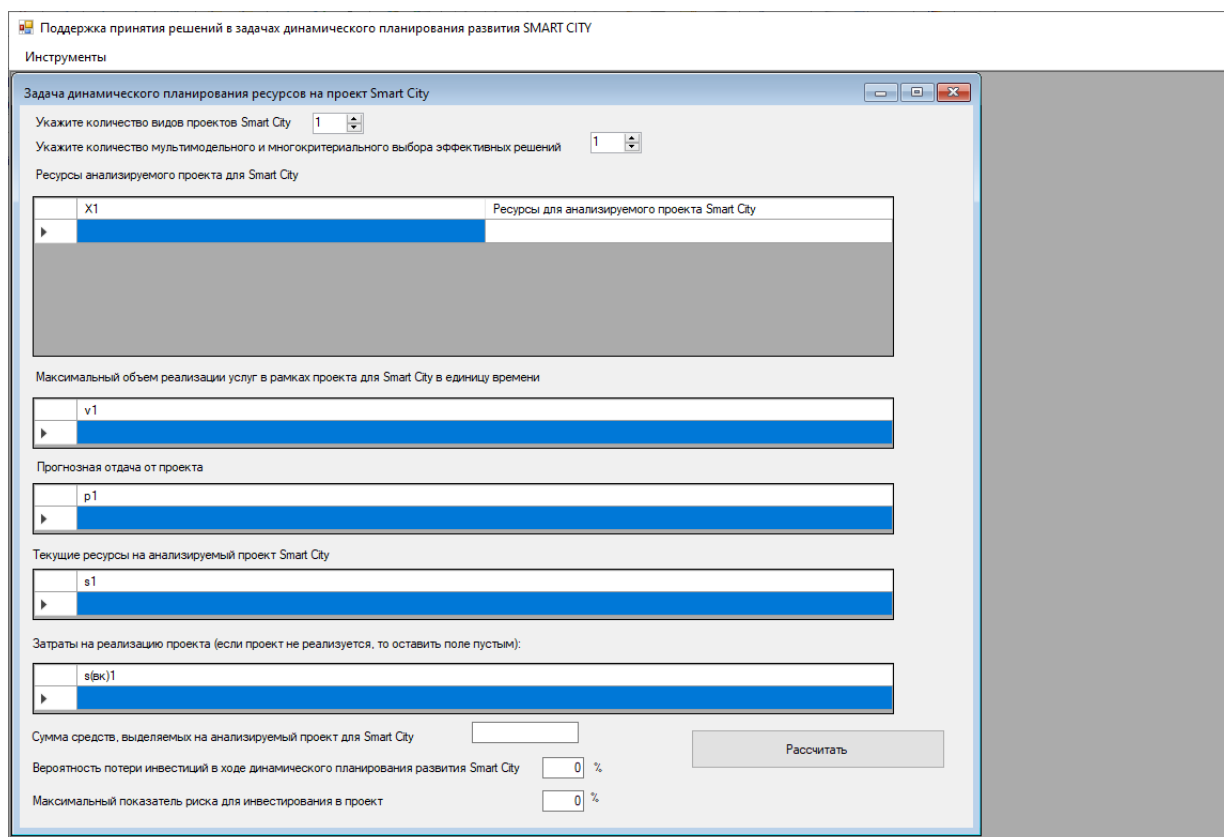
**Любые состояния игроков являются для них предпочтительными, а оптимальными стратегиями являются их любые стратегии.**

Сурет 4.14 – Инвесторға берілген бастапқы деректер кезіндегі кез келген жағдай оңтайлы болатындығы туралы хабарламаның мысалы

Осылайша, осы ШҚҚЖ модулінде диссертацияның үшінші тарауында сипатталған модель жүзеге асырылады. Атап айтқанда, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде ШҚҚЖ есептеу ядросы үшін модель іске асырылды. Қолданыстағы программалық шешімдерден (мысалы, программалық өнімдер үшін – Expert Project, omnitracker Risk Management және т.б.) айырмашылығы, ШҚҚЖ модулі үшін ұсынылған модель Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде нақты ұсынымдар беретінін ескереміз.

Жоғарыда айтылғандай, бұл модуль алгоритмінің негізі бірнеше терминалды беттері бар көп сатылы сапалы ойындардың математикалық аппараты болып табылады. Инвестор үшін тәуекелдердің қанағаттанарлықсыз болжамы кезінде тараптардың қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізуі мақсатында инвестициялау үдерісінің параметрлерін икемді түзету мүмкін болады.

Сонымен, үшінші ШҚҚЖ модулі белгілі бір жобаға бағытталған ресурстарды динамикалық жоспарлауға байланысты мәселені шешуге қолдау көрсетуге жауап береді. Бұл модульдің жалпы көрінісі 4.15 суретте көрсетілген.



Сурет 4.15 – Жобаға жұмсалатын ресурстарды талдауға арналған модульдің жалпы түрі

Жоғарыда айтылғандай, ШҚҚЖ үшінші модулі Smart city үшін нақты жобаға бөлінген ресурстарды динамикалық жоспарлау мәселесін шешуге арналған. Ескереміз, бұл үшін осы модуль емес, міндетті түрде ақпарат алуға ШҚТ іздеу барысындағы тиімді шешім. Үшінші модуль тек алғашқы екі модульдің жұмысы нәтижесінде алынған тұжырымдарға бағытталған. Және, мысалы, егер Smart city энергиялық тиімді технологияларды қолдану стратегиясының оңтайлы нұсқасын таңдау бойынша шешім қабылдауды қолдау жөніндегі міндетті шешуді жалғастыратын болса, онда жобаны бағалаудың реті мынадай болады:

1 Кезең (1 Модуль). Эксперт (немесе ШҚТ) ИТМЭ базасында модульді қолдана отырып, жобаның әртүрлі факторларын (критерийлерін) және альтернативаларын сараптамалық бағалау рәсімін іске асырады.

2 Кезең (2 Модуль). Көп сатылы дәрежелі ойындардың және бірнеше терминалды беті бар сапалы ойындардың математикалық аппараты базасында жобаланған модульді қолдана отырып, сарапшы (немесе ШҚТ) таңдалған жоба бойынша (мысалы, Smart city энергия тиімді технологияларын қолданумен байланысты жоба үшін) инвестицияларды жоғалту тәуекелдеріне бағалау жүргізеді. Егер алынған нәтиже қанағаттанарлықсыз болжамды тәуекелдерді көрсетсе, онда тараптар инвестор үшін немесе Smart city муниципалдық органдары үшін қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізу мақсатында инвестициялау үдерісінің параметрлерін икемді түзетуге болады.

3 Кезең (3 Модуль). Үшінші кезеңде [114, 115 32 б.] еңбектерінде көрсетілгендей мақсатты функцияларды оңтайландыру әдістерін немесе сызықтық программалау әдістерін қолданған жөн. Міндет - мақсатты функциялардың идеалды шешімнен ауытқуын азайту. Үшінші модуль үшін негізгі әдіс ретінде жобаға ресурстарды жоспарлау міндетіне бейімделген классикалық симплекс әдісі қолданылды.

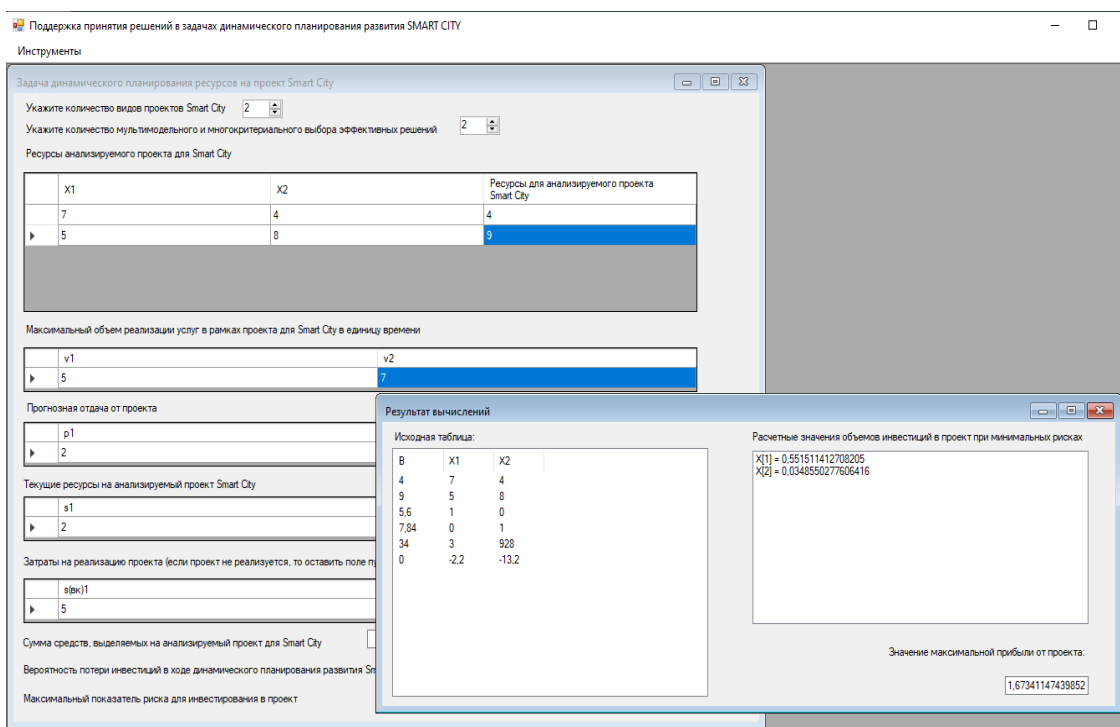
Smart city жобасына бөлінетін ресурстарды оңтайландырудың осы әдісін таңдау оның қарапайымдылығы мен айқындылығына байланысты. Бұл әдістің кемшілігі бар екенін атап өткен жөн. Симплекс әдісінің кемшілігі - Smart city нақты жобасына бөлінген ресурстарды сипаттайтын теңдеулердің толық жүйесінің барлық коэффициенттері мен еркін мүшелерін қайта есептеу қажеттілігі. Алайда, Smart city динамикалық жоспарлауды көп өлшемді оңтайландырудың бір немесе басқа әдісін таңдау бастапқыда диссертацияның басым міндеті емес екенін ескереміз. Осы тапсырма шеңберіндегі зерттеу осы жұмыстың тақырыбынан тыс жеке талдау мен тәуелсіз зерттеуді қажет етеді.

Сонымен, үшінші модуль үшін бастапқы деректерді сарапшының (немесе ШҚТ) толтыруы әдіс симплексі үшін классикалық болып табылады. ШҚҚЖ модулінің осы формасын осындай толтыру нәтижесінің мысалы 4.16 суретте көрсетілген.

Форманың жоғарғы жағында Smart city дамыту жоспарының энергия тиімділігі деңгейін бағалау шеңберінде жобаға бөлінген ресурстар

көрсетілген (қалыпқа келтіру рәсімі алдын ала орындалған, яғни барлық ресурстар ақшалай эквивалентке келтірілген). Айнымалылар бойынша ресурстардың шығындары шартты бірліктерде көрсетілген, дегенмен осы көрсеткіштің абсолюттік мәндері де пайдаланылуы мүмкін, мысалы, млн.теңгеде немесе инвестициялаудың өзге валютасында.

Бұл жағдайда мақсатты функция бірнеше айнымалылардың функциясы болып табылады, олар модификацияланған ақпаратты талдау әдісі көмегімен ШҚҚЖ жұмысының бірінші кезеңінде критерийлер немесе факторлар ретінде талданады. Мақсатты функция Smart city жобасына бөлінетін ресурстардың оңтайлы санын бағалау үшін оңтайландыруға жатады.



Сурет 4.16 – Талданатын жоба бойынша бастапқы деректер үшін компонентті сарапшының толтыру нәтижелері бар форма мысалы

Smart city жобасына бағытталған ресурстарды табуға арналған үшінші оңтайландыру модулі үшін симплекс әдісін таңдаудың артықшылығы-мәселені канондық түрде ұсыну - кестенің симплексі. Сонымен, сарапшы, тіпті минималды математикалық дайындықпен де, айнымалылар қай бағандарда орнатылатындығын және шектеулердің бос мүшелері қайда жазылатынын, сонымен қатар мақсатты функцияның мәндерін интуитивті түсінеді.

3-модуль формасымен жұмыс істеу барысында және ШҚҚЖ-мен жұмыстың осы соңғы кезеңінде сарапшы немесе ШҚТ мыналарды көрсетуі тиіс:

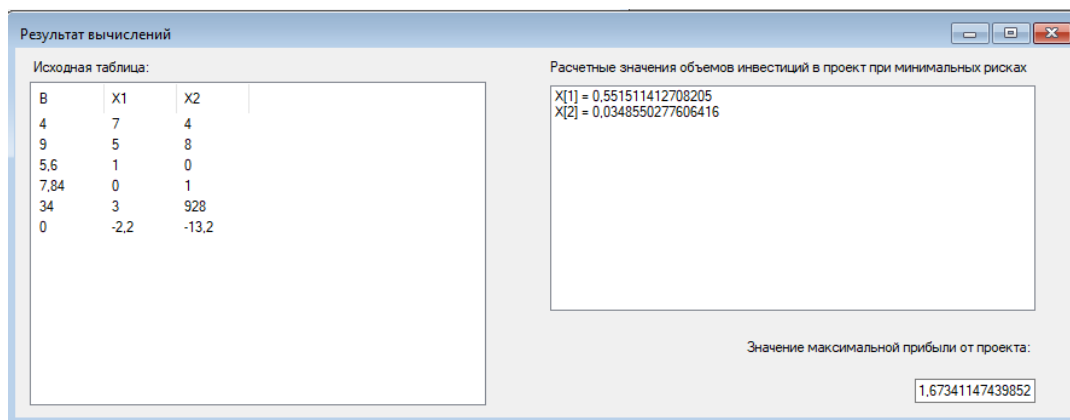
- Smart city үшін бір бағыт шеңберінде жобалар түрлерінің саны;

- Smart city үшін жобаны іске асырудың альтернативалары бойынша мультимодельді және көп өлшемді таңдаудың нұсқалар саны;
- жоба шеңберінде көрсетілетін қызметтерді немесе өнімдерді өткізудің ең жоғары көлемі;
- жобадан болжамды қайтарым (күтілетін пайда);
- симплекс әдісі үшін қарастырылған басқа да деректер.

Осы формадағы көрсетілген пайыздық мәндер теріс болуы мүмкін екенін ескереміз.

"Рассчитать" түймесін басу арқылы сарапшы немесе ШҚТ модуль түрінде бастапқы симплекс кестесін де, талданатын жоба бере алатын максималды пайда көлемін де көреді.

Көруге ыңғайлы болу үшін есептеу нәтижелері талданатын жобаның кірісі немесе шығыны туралы интуитивті тұжырымы бар жеке формада шығарылады (4.18 – суретте келтірілген).



Сурет 4.18 – Талданатын жоба бойынша қажетті ресурстарды есептеу нәтижесі

ШҚҚЖ терезе интерфейстерінің минималистік дизайнының артықшылықтарының бірі - локализация әр түрлі тілдердегі форма. Мысалы, 3 тарауда формалар ағылшын тілінде көрсетілген. Ағылшын тіліне локализациялау осы программалық өнімді Еуропа елдерінде, атап айтқанда Польшада ұсынуға мүмкіндік берді.

Барлық модульдер Visual Studio 2019 программалау ортасында C# алгоритмдік тілінде жүзеге асырылады. Б қосымшасында осы жұмыс бөлімінде сипатталған модульдің тізімі берілген.

Сондай-ақ, әзірленген ШҚҚЖ 2020 және 2021 жылдар кезеңінде Киев қаласы үшін Smart city тұжырымдамасын іске асыру шеңберінде бірнеше инвестициялық жобалар үшін апробациядан өткенін атап өткен жөн. Осы апробация барысында ШҚҚЖ алдыңғы қатарлы ақпараттық-коммуникациялық технологияларды іске асыру үшін инвестициялық тартымдылыққа талдау жасады. Атап айтқанда, әзірленген ШҚҚЖ қолдану арқылы Smart city үшін Еуропалық университеттің бизнес колледжі

базасында Kyiv Smart City School онлайн коммуникациялық-білім беру платформасын құру, сондай-ақ осы коллежде "ақылды жарықтандыру" жүйесін енгізу жобасы сияқты бағыттарды дамытудың инвестициялық тартымдылығы қаралды. Осы жоба шеңберінде ШҚҚЖ енгізу және апробациялау туралы актілер Б қосымшасында келтірілген.

Kyiv Smart Education онлайн платформасы шеңберінде университетаралық бұлтты ортаны дамыту жобасы Украинаның биоресурстар және табиғатты пайдалану ұлттық университетінде (Киев қ.) ШҚҚЖ көмегімен оның инвестициялық тартымдылығын талдау нәтижелерінен кейін талданды және енгізілді. Осы нәтижелерді енгізу актісі қосымшада ұсынылған.

Kyiv Smart City School және Kyiv Smart Education жобалары-бұл қаланың түрлі бағыттарда дамуына мүдделі оқушыларға арналған білім беру платформалары. Kyiv Smart City School және Kyiv Smart Education тұжырымдамасы білім беру жүйесіне мүлдем жаңа көзқарасты, демек, осындай жобаларға инвесторлар тарапынан қызығушылықтың жаңа деңгейін болжайды.

Көрсетілген екі жоба бойынша жинақталған мәліметтер кестесі төменде көрсетілген.

Кесте 4.1 – Kyiv Smart City School тұжырымдамасы шеңберінде іске асырылатын екі жоба үшін ШҚҚЖ қолданудың жинақталған нәтижелері

№	Көрсеткіш	Әзірленген ШҚҚЖ қолдану барысында қол жеткізілген нәтиже
<b>Kyiv Smart City School үшін</b>		
1	Осы жобаны іске асыру үшін жоспарланған инвестициялардың жалпы мөлшері (ш. б)	100-120
2	Kyiv Smart City School бір бағыты шеңберіндегі жобалар түрлерінің саны	4-5
3	Kyiv Smart City School үшін жобаны іске асырудың альтернативалары бойынша мультимодельдік және көп критериалдық таңдаудың нұсқалар саны	5-7
4	Kyiv Smart City School жобасы шеңберінде қызметтерді немесе өнімдерді іске асырудың ең жоғары көлемі	115-120
5	Жобадан болжамды қайтарым (Kyiv Smart City School жобасын іске асырудан күтілетін пайда)	17-20

## Кесте 4.1 жалғасы

Kyiv Smart Education онлайн платформасы аясында университетаралық бұлтты ортаға инвестиция салу		
1	Осы жобаны іске асыру үшін жоспарланған инвестициялардың жалпы мөлшері (ш.к.б)	150-160
2	Kyiv Smart City School бір бағыты шеңберіндегі жобалар түрлерінің саны	6-8
3	Kyiv Smart City School үшін жобаны іске асырудың альтернативалары бойынша мультимодельдік және көп критериалдық таңдаудың нұсқалар саны	8-10
4	Kyiv Smart City School жобасы шеңберінде қызметтерді немесе өнімдерді іске асырудың ең жоғары көлемі	250-270
5	Жобадан болжамды қайтарым (Kyiv Smart City School жобасын іске асырудан күтілетін пайда)	35-40

### 4.3. Төртінші тарау бойынша қорытынды

Диссертацияның төртінші тарауында келесі нәтижелер алынды.

1. Топтық шешім қабылдау әдістері негізінде динамикалық жоспарлау мәселелерін қарау барысында шешім қабылдауды қолдаудың көп модульді жүйесін программалық іске асырудың практикалық аспектілері қарастырылды.

2. Программалық шешім және иерархияны талдаудың модификацияланған әдісін C# тілінде жүзеге асыратын ШҚҚЖ модуліне арналған негізгі формалар сипатталды. Иерархияларды талдаудың модификациялау әдісін (ИТМӘ) программалық іске асыру жекелеген критерийлерде (немесе факторларда) индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде жаһандық критерийлерді айқындау жолымен орындалды.

3. Осы модульді тестілеу барысында Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау тапсырмасының мысалында, жұмыстың 2-тарауында бұрын сипатталған осы ұсынылып отырған әдісті және жалпы әдістемені қолдану, әртүрлі аталған факторларды сараптамалық бағалау рәсімін реттеуге, алгоритмдеуге және түзетуге және Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдау үдерісін қалыптастыруға алынатын нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді.



4. ШҚҚЖ-нің модуліне арналған программалық шешім мен негізгі формалар сипатталды. Smart city дамуын динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезіндегі модель C# тілінде жүзеге асырылды. Ұсынылған модельдің және оның программалық іске асырылуы, қолданыстағы бар шешімдерден айырмашылығы, Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау барысында инвестициялардан айырылу тәуекелдерін бағалау кезінде нақты ұсыныстар береді. Модуль көп сатылы дәрежедегі ойындардың математикалық аппаратын және бірнеше терминалды беттері бар сапалы ойындарды қолдану негізінде жүзеге асырылды. Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігіне байланысты жобаны бағалау мысалымен, тәуекелдердің қанағаттанарлықсыз болжамы кезінде тараптардың қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізуі мақсатында инвестициялау үдерісінің параметрлерін икемді түзетуге болатындығы көрсетілді.

Тарау бойынша негізгі зерттеу нәтижелері келесі ғылыми жарияланымдарда келтірілген [121].

## ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертацияда жүргізілген зерттеулер негізінде қойылған міндеттер шешіліп, келесі жаңа ғылыми және практикалық нәтижелер алынды:

1. Smart city-ге жатқызуға болатын күрделі жүйелерді дамытудың қолданыстағы ДЖ әдістері мен технологиялары белгілі бір кемшіліктерсіз болмайтындығы көрсетілді. Бұл жағдай олардың жұмысын жақсарту, жаңа әдістер мен алгоритмдер құру мүмкіндігі туралы айтуға мүмкіндік берді. Тұтастай алғанда, ДЖ технологияларын талдау және Smart city-ді дамыту бойынша шешімдер қабылдау мынадай шешілмеген мәселелердің бар екенін көрсетті: әртүрлі типтегі белгісіздіктер мен тәуекелдерді ескере отырып, ДЖ тапсырмаларын шешудің және Smart city-ді дамыту жөнінде шешімдер қабылдаудың жалпы теориясы мен әдіснамасының болмауы; сыртқы ортаның белгісіздіктері мен тәуекелдерін ескере отырып, Smart city дамыту жөніндегі динамикалық жоспарлардың құрылымдық элементтерін құрудың (синтездеудің) теориялық сипаттамасының болмауы; Smart city дамуының динамикалық жоспарды құрудың әртүрлі кезеңдерінде қажет болатын әртүрлі, күрделі білім мен үдерістерді модельдеудің адекватты әдістері мен ақпараттық технологияларын әзірлеу қажеттілігі.

2. Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлаудың басты міндеттері мен кезеңдері айқындалды. Динамикалық жоспарлау мәселелерін шешудің жасалау реті әзірленді. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тапсырмасының математикалық қойылымы ұсынылды. Smart city-ді дамыту бойынша динамикалық жоспарлар құрудың негізгі қадамдары ресмилендірілді. Көп өлшемді таңдау есептерінің түрлері мен көп өлшемді таңдау механизмдерінің жіктелуі ұсынылды. Smart city-ді дамыту бойынша динамикалық жоспарлау және шешімдер қабылдау тапсырмаларына таңдау әдіснамасы мен процедурсы әзірленді.

3. Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау тапсырмаларын тиімді шешуді қамтамасыз ету үшін ақпараттық технологиялардың мынадай түрлерін әзірлеу және пайдалану қажет: ақпаратты талдау және бағалау; динамикалық жоспарларды модельдеу; болжау; шешім қабылдауды қолдау. Деректерді талдау, модельдеу, болжау және шешімдер қабылдау әдістерін жүйелі пайдалану негізінде Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау тапсырмаларын шешу үшін ақпараттық технологияларды синтездеу әдісі әзірленді.

4. Smart city дамытуды жоспарлау тапсырмаларының әртүрлі түрлері үшін АТ-ны пайдалану әдістемесі ұсынылды. Факторларды иерархияға саралау мәселесін шешудің және Smart city даму параметрін бағалаудың көп қабатты моделін құрудың мысалы қарастырылды. Осындай параметр ретінде объектілердің энергия тиімділігі қарастырылды және факторларды саралау үдерісі сипатталды. Жекелеген факторлардағы индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық

бағалау негізінде глобалды критерийді айқындау жолымен иерархияларды талдау модификациялау әдісі. Ұсынылып отырған әдістемені пайдалану әр түрлі факторларды сараптамалық бағалау процедурасын реттеуге, алгоритмдеуге және түзетуге және Smart city дамытуды динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдау үдерісін қалыптастыруға алынатын нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді.

5. Smart city-ді дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында жобалық тәуекелді тиімді басқару әдісі, сондай-ақ көп жобалы ортада жобалық тәуекелді модельдеу ұсынылды. Әдістің тиімділігін тексеру үшін имитациялық модельдеу жасалды. Көп жобалы ортада Smart city үшін АТ дамытудың екі жобасы арасында ресурстарды тиімді бөлу мысалдары қарастырылды. Сипатталған әдісті бәсекелестік жағдайында көп жобалы ортада жұмыс істейтін жобалар арасында жаңартылмайтын ресурстарды бөлу үшін қолданған жөн.

6. Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде шешімдер қабылдауды қолдау жүйесінің (ШҚҚЖ) есептеу ядросына арналған модель ұсынылды. Ұсынылған модельдің қолданыстағы шешімдерден айырмашылығы, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау кезінде көп сатылы дәрежелі ойындардың математикалық аппаратын, сондай-ақ бірнеше терминал беті бар сапалы ойындарды пайдалану негізінде нақты ұсынымдар берілді. Тәуекелдердің қанағаттанарлықсыз болжамы кезінде тараптардың қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізуі мақсатында инвестициялау үдерісінң параметрлерін икемді түзетуге мүмкіндігі болады.

7. Алғаш рет көп сатылы ойындардың жаңа класын қолдану ұсынылды. Бұл класс Smart city жобаларына ойыншылардың қаржы ресурстарын орналастыру бойынша динамикалық жоспарлау мысалында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау үдерісін адекватты сипаттауға мүмкіндік берді. Қарастырылған тәсілдің ерекшелігі - бірнеше терминалды беттері бар сапалы бейсызықты көп сатылы ойынды шешуге негізделген құралдарды қолдану және аралас стратегиялар класында шешілетін дәреже ойыны. Есептеу эксперименттері Maple математикалық модельдеу пакетін қолдану арқылы жүргізілді. Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы - ШҚҚЖ әзірлеген. ШҚҚЖ көп сатылы ойындар теориясының әдістерін қолдануға негізделген тәуекелдерді бағалау моделін жүзеге асырды. Әзірленген ШҚҚЖ Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау және инвестициялаудан нақты қайтарым барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін болжау деректерінің алшақтығын азайтуға мүмкіндік береді.

8. Топтық шешім қабылдау әдістері негізінде динамикалық жоспарлау мәселелерін қарау барысында шешім қабылдауды қолдаудың көп модульді жүйесін программалық іске асырудың практикалық аспектілері қарастырылды. Программалық шешім және иерархияны талдаудың

модификациялайтын әдісін C# тілінде жүзеге асыратын ШҚҚЖ модуліне арналған негізгі формалар сипатталды. ИТМӘ программалық іске асыру жекелеген өлшемшарттарда (немесе факторларда) индикаторларды жұптық салыстырудың келісілген матрицаларын қалыптастыру, факторларды салыстырудың келісілген матрицасын құру және факторлық-индикаторлық бағалау негізінде глобальды өлшемшартты айқындау жолымен орындалды. Осы модульді тестілеу барысында Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігі деңгейін бағалау тапсырмасының мысалында ұсынылып отырған әдісті және жалпы әдістемені пайдалану әртүрлі аталған факторларды сараптамалық бағалау рәсімін реттеуге, алгоритмдеуге және түзетуге және Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында шешімдер қабылдау үдерісін қалыптастыруға алынатын нәтижелердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді. Smart city дамуын динамикалық жоспарлау барысында инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау моделі C# тілінде жүзеге асырылды. ШҚҚЖ модуліне арналған программалық шешім мен негізгі формалар сипатталды. Ұсынылған модель және оның программалық іске асырылуы, қолданыстағы шешімдерден айырмашылығы, Smart city дамуындағы динамикалық жоспарлау барысында инвестициялардан айырылу тәуекелдерін бағалау кезінде нақты ұсынымдар берді. Модуль көп сатылы дәрежедегі ойындардың математикалық аппаратын және бірнеше терминалды беттері бар сапалы ойындарды қолдану негізінде жүзеге асырылды. Тәуекелдердің қанағаттанарлықсыз болжамы кезінде тараптардың қолайлы қаржылық нәтижеге қол жеткізуі мақсатында инвестициялау үдерісінің параметрлерін икемді түзетуге болатындығы (Smart city даму жоспарларының энергия тиімділігіне байланысты жобаны бағалау мысалы үшін) көрсетілді.

## ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Albino V., Berardi U., &Dangelico R. M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives // Journal of Urban Technology. –2015. – Vol. 22, №1. – P.3-21.
- 2 Angelidou M. Smart cities: A conjuncture of four forces // Cities. –2015. – Vol. 47 – P.95 – 106.
- 3 Glasmeier Amy and Susan Christopherson. "Thinking about smart cities.", 2015. – P. 3 – 12.
- 4 Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., &Zorzi M. Internet of things for smart cities // IEEE Internet of Things journal. –2014. –Vol. 1, №1. – P. 22-32.
- 5 Paroutis S., Bennett M., &Heracleous L. A strategic view on Smart City technology: The case of IBM Smarter Cities during a recession. // Technological Forecasting and Social Change. . –2014. –Vol. 89 – P. 262-272.
- 6 Hollands R. G. Critical interventions into the corporate Smart City // Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. –2015. –Vol. 8, №1. – P. 61-77.
- 7 Angelidou M. Smart City policies: A spatial approach // Cities. –2014. – Vol. 41– P.3-11.
- 8 Блюмин С.Л. Модели и методы принятия решений в условияхнеопределенности / С.Л. Блюмин, И.А.Шуйкова, Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
- 9 Гожий А.П. Многокритериальные эволюционные методы и алгоритмы в задачах принятия решений сценарного планирования / А.П.Гожий // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов, – 2012. – №2. – С. 20-29.
- 10 de Neufville R. S. Dynamic Strategic Planning for Technology Policy // MIT Press, Cambridge, MA, – 2008.
- 11 de Neufville R. S. Applied Systems Analysis - Engineering Planning and Technology Management // McGraw-Hill, New York, NY, – 1990.
- 12 Nijkamp P. Interactive multiple goal programming // P. Nijkamp. – F. University, A. Spronk: Rotterdam Preliminary and Confidential Research Memorandum, – 1978.
- 13 Кучеров Ю. Н., Бушуев В. В., Иванов А. В., Корев Д. А., Утц С. А., &Шихина А. В. Комплексное развитие новых технологий энергожизнеобеспечения SmartCities // Окружающая среда и энерговедение, – 2019. – № 3.
- 14 Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., & Куприяновский П. В. Стандартизация Умных городов, Интернета Вещей и Больших Данных. Соображения по практическому использованию в России // International Journal of Open Information Technologies, – 2016. – Т.4, № 2.
- 15 Anderson C. Coditional effects in Graphplan / С.Anderson, D.Smith, D.Weld // In Proc. 4th Int. Conf.AI Planning System. –1998.

16 Fikes R. STRIPS: A new approach to the application of theorem proving to problem solving / R.Fikes, N.Nilsson // Artificial Intelligence.–1971.– Vol.2.– P.189-208.

17 Chapman D. Planning for conjunctive goals / D.Chapman // Artificial Intelligence. –1987. –Vol. 32, №3. – P.333-377.

18 Fuchs J.J. Plan- ERS.1: An expert planning system for generation of spacecraft mission plans / J.J.Fuchs, A.Gasquet, B. Olalainty, V.W. Currie // In 1st Int.Conf. on Expert Planning Systems, Brighton. – 1999.

19 Penberthy J. UCPOP: A sound, complete, partial order planner for ADL. /J.Penberthy, D.Weld // In Proc. 3th Int. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning. – 1992. – P. 103-114.

20 Tate A. Generating Project Networks / A.Tate // In Proc. 5th Int. Joint Conf.on AI, 1977. – P. 888-893.

21 Sacerdoti E.D. The nonlinear nature of plans./E.D.Sacerdoti // In Proc. Of IJCAI Tbillisi, Georgia. –1975. – P. 208-214.

22 Aarup M. OPTIMUM-AIV: A knowledge-based planning and scheduling system for spacecraft AIV: In Fox M. and Zweden M. editors, Knowledge Based Scheduling / M.Aarup. – Publisher: Morgan Kaufman, San Mateo, California, 1994.

23 Vere S. Planning in time: windows and durations for activities and goals /S.Vere // Pattern Analysis and Machine Intelligence. –1983. –Vol. 5. P. 246-267.

24 Penberthy J. Planning with continuous change / J.Penberthy: Ph.D.dissertation 93-12-01, Dept. of Computer Science and Engineering, U.Washington. – 1993.

25 Wolfman S. Combining Linear Programming and Satisfiability Solving for Resource Planning/S.Wolfman,D.Weld. – Knowledge Engineering Review. – 1999.

26 Weld D. An introduction to least commitment planning / D.Weld // In AI Magazine. –1994. –Vol. 15, №4. – P.27-61.

27 Majercik S.M. Contingent planning under uncertainty via stochastic satisfiability / S.M.Majercik, M.L. Littman // In AAAI.- 1999.

28 Blum A., Langford J. Probabilistic planning in the Graphplan framework. /A. Blum, J. Langford // In AIPS-98 Workshop on Planning as Combinatorial Search. – 1998. – P. 8-12.

29 Majercik S.M. MAXPLAN: a new approach to probabilistic planning /S.M.Majercik, M.L. Littman // In AIPS. – 1998. – P. 86-93.

30 Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегия и методы решения сложных проблем / Дж.Люгер. – М. Вильямс, – 2003. – 864 с.

31 Akhmetov B.S., Akhmetov B.B., Lakhno V.A., Malyukov V.P. Adaptive model of mutual financial investment procedure control in cybersecurity systems of situational transport centers // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. –2019. –Vol. 3. – P.159-172.

32 Николис Г. Самоорганизация в неравновесных структурах: пер. с

- англ./ Г. Николис, И. Пригожин. - М.: Мир, 1979. –327 с.
- 33 Haimes Y. Y. Risk modeling, assessment, and management. JohnWiley&Sons. –2005. –Vol. 40 .
- 34 Khodakarami V., & Abdi, A. Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items // International Journal of Project Management . –2014. –Vol. 32, №7. – P. 1233-1245.
- 35 Grandell J. Aspects of risk theory. Springer Science & Business Media. – 2012.
- 36 Daykin C. D., Pentikainen T., & Pesonen, M. Practical risk theory for actuaries. ChapmanandHall/CRC. – 1993
- 37 Kaas R., Goovaerts M., Dhaene, J., & Denuit, M. Modern actuarial risk theory: using R // Springer Science & Business Media. – 2008. – Vol. 128.
- 38 Bühlmann H. Mathematical methods in risk theory // Springer Science & Business Media. – 2007. – Vol. 172
- 39 Глушков В.М. Автоматизированная комплексная территориально-отраслевая система планирования (АКТОСП) [Текст] : краткое излож. : [ст.] / В. М. Глушков. - К., 1978. – 67 с.
- 40 Глушков В.М. Социально-экономическое управление в эпоху научно-технической революции [Текст] / Глушков В. М. - К. : Ин-т кибернетики, 1979. – 52 с.
- 41 Поспелов Г. С., Ириков В. А. Программно-целевое планирование и управление / Г. С. Поспелов, В. А.Ириков.- М., «Сов. радио», 1976. – 440 с.
- 42 Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций / Ю.Б.Гермейер. - М., Наука, 1971. – 383 с.
- 43 Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений / Л.Г. Евланов. - М.: Экономика, 1984. – 166 с.
- 44 Краснощеков П.С. Принципы построения моделей / П.С.Краснощеков, А.А. Петров - М.: МГУ, 1983. – 208с.
- 45 Штоер Р. Многокритериальная оптимизация / Р.Штоер.- М.: Изд. Наука, 1988. – С. 395.
- 46 Кини Р., Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: пер. с англ. / Р.Кини ,Х.Райфа .- М.: Радио и связь, 1981. –560 с.
- 47 Борисов В.В. Нечеткие модели и сети / В.В.Борисов, В.В. Круглов, А.С.Федулов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.
- 48 Айзерман М. А. Выбор вариантов: основы теории / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 240 с.
- 49 Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений / С.В.Емельянов, О.И. Ларичев.- М.: Знание, 1985. – 32 с.
- 50 Березовский Б.А. Многокритериальная оптимизация: Математические аспекты / Б.А. Березовский, Ю.М.Барышников, В.И.Борзенко, Л.М.Кемпнер. М:Наука, 1989. – 128 с.
- 51 Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В. Д. Ногин. – Москва: Наука, 1982. – 256 с.

- 52 Вилкас Э. Й. Решения: теория, информация, моделирование / Э. Й. Вилкас, Е. З. Майминас. – М.: Радио и связь, 1981. – 328 с, ил.
- 53 Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а Также Хроника событий в Волшебных Странах: Учебник / О. И. Ларичев. - М.: Логос, 2005. – 336 с.
- 54 Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
- 55 Hollands R. G. Will the Real Smart City Please Stand Up? // City. – 2008. –Vol. 12, №3. – P.303 –320.
- 56 Energy and Urban Innovation [Electronic resource] // World Energy Council - London, Great Britain, Mode of access: <http://www.worldenergy.org/publications/default.asp>. – 2010. – 183 p.
- 57 Akhmetov, B., Balgabayeva, L., Lakhno, V., Malyukov, V., Alenova, R., Tashimova, A., Mobile platform for decision support system during mutual continuous investment in technology for Smart City // Studies in Systems, Decision and Control. –2019. –Vol. 199, – P.731-742.
- 58 Котенко Н.О., Жирова Т. О., Десятко А. М., Хорольская К. В., Тогжанова К.О., Ух-дизайн информационной системы торгового предприятия, Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. –2020. –Vol. 3. – P. 67-74
- 59 Деруссо П. Пространство состояний в теории управления / Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. – М., Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». 1970. – 620 с.
- 60 Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Д.А. Поспелов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 232 с.
- 61 Тогжанова К.О., Smart City даму жолын динамикалық жоспарлауға арналған ақпараттық технологиялар // Студенттер мен жас ғалымдар XV Халықаралық ғылыми конференциясы «GYLYM JANE BILIM – 2020» – 2020. 478-480 б.
- 62 Картбаев Т.С., Тогжанова К.О., Smart City даму жолын динамикалық жоспарлау үрдісінің тапсырмалары мен кезеңдерін талдау, «Ғылым және инновациялар: жаңалықтар, мәселелер мен жетістіктер» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының жинағы. –2020
- 63 Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич; – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
- 64 Weisi F. U., & Ping P. E. N. G. A discussion on Smart City management based on meta-synthesis method // Management science and engineering. – 2014. – Vol. 8, №1. – P. 68-72.
- 65 Chung T. L., Xu, B., Zhang, P., Tan, Y., Zhu, P., & Wubulhasimu, A. Constructing city ontology from expert for Smart City management // In Joint International Semantic Technology Conference (pp. 187–194). Springer, Cham. – 2013. – P. 187- 194.
- 66 Kourtiti K., Macharis, C., & Nijkamp, P. A multi-actor multi-criteria



analysis of the performance of global cities // *Applied Geography*. – 2014. – Vol. 49 – P. 24-36.

67 Nabeeh N. A., Abdel-Basset, M., El-Ghareeb, H. A., & Aboelfetouh, A. Neutrosophic multi-criteria decision making approach for iot-based enterprises // *IEEE Access*, – 2019. – Vol. 7 – P. 59559–59574.

68 Halepoto I. A., Sahito A. A., Uqaili M. A., Chowdhry B. S., & Riaz, T. Multi-criteria assessment of Smart City transformation based on SWOT analysis // In 2015 5th National Symposium on Information Technology: Towards New Smart World (NSITNSW). IEEE – 2015. – P. 1-6.

69 Sen A., Anand S., & Mishra A. P. Allahabad as a Smart City: SWOT analysis // *The Horizon-A Journal of Social Sciences*, – 2016. – Vol. 8, P. 131–143.

70 Franke T., Lukowicz P., & Blanke U. Smart crowds in smart cities: real life, city scale deployments of a smartphone based participatory crowd management platform // *Journal of Internet Services and Applications*. – 2015. – Vol. 6, №1. – P. 27.

71 Chen N., Chen Y., Ye X., Ling H., Song S., & Huang C. T. Smart City surveillance in fog computing. In *Advances in mobile cloud computing and big data in the 5G era*. Springer, Cham. – 2017. – P. 203-226.

72 Anagnostopoulos T., Zaslavsky A., Medvedev A., & Khoruzhnicov S. Top-k Query Based Dynamic Scheduling for IoT-enabled Smart City Waste Collection // In 2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management – 2015. – Vol.2, – P. 50-55.

73 Yang J., Han Y., Wang Y., Jiang B., Lv Z., & Song H. Optimization of real-time traffic network assignment based on IoT data using DBN and clustering model in Smart City // *Future Generation Computer Systems*. – 2017.

74 Pan G., Qi G., Zhang W., Li S., Wu Z., & Yang L. T. Trace analysis and mining for smart cities: issues, methods, and applications // *IEEE Communications Magazine*, – 2013. – Vol. 51, №6. – P. 120-126.

75 Chen N., Chen Y., You Y., Ling H., Liang P., & Zimmermann, R.. Dynamic urban surveillance video stream processing using fog computing // In 2016 IEEE second international conference on multimedia big data (BigMM) – 2016. – Vol. 8, №1. – P.105-112.

76 Nam T., & Pardo T. A. Conceptualizing Smart City with dimensions of technology, people, and institutions. In *Proceedings of the 12th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times*. – 2011. – P. 282-291.

77 Ejaz W., Naeem M., Shahid A., Anpalagan A., & Jo, M. Efficient energy management for the internet of things in smart cities // *IEEE Communications Magazine*. – 2017. – Vol. 55, №1. – P. 84-91.

78 Куспангалиев, Б. У. Устойчивое развитие в типологии энергоэффективных зданий Казахстана // *Знание*, – 2016. – №7. – С. 84–91.

79 Рывкина Н. В. Развитие энергосберегающих технологий в

строительной отрасли Республики Казахстан.

80 Jung D. K., Lee D., & Park S. Energy operation management for Smart City using 3D building energy information modeling // International journal of precision engineering and manufacturing. – 2014. – Vol. 15, №8. – P. 1717-1724.

81 Capozzoli A., Piscitelli M. S., & Brandi S. Mining typical load profiles in buildings to support energy management in the Smart City context // Energy Procedia. –2017. –Vol. 134, – P.865-874.

82 Ломакин В. В., & Лифиренко М. В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов. Фундаментальные исследования, – 2013. – Т. 11 №9. – С. 1798–1803.

83 Ломакин, В. В., & Лифиренко, М. В. (2014). Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, – 2014. – №29. – С. 172.

84 Vasylevich L. V., & Vyacheslavovich L. M. Supporting tools for decision making in the outdoor lighting control systems // Research Journal of Applied Sciences. – 2014. – Vol. 9, №12. – P. 1185 - 1190.

85 Albino V., Berardi U., & Dangelico R. M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives // Journal of Urban Technology – 2015. – Vol. 22, №1. – P. 3-21.

86 Angelidou M. Smart cities: A conjuncture of four forces. Cities. – 2015. – Vol. 47 – P. 95-106.

87 Тогжанова К.О., Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау кезіндегі тәуекелдерді талдау, М.Тынышбаев атындағы ҚКЖКА хабаршысы – 2020. –№ 4. – Б. 240-245

88 Schleicher J. M., Vögler M., Inzinger C., Fritz S., Ziegler M., Kaufmann T., & Dustdar S. A holistic, interdisciplinary decision support system for sustainable Smart City design // In International Conference on Smart Cities. Springer, Cham. – 2016. – Vol. 14 – P.1-10.

89 Akhmetov B., Lakhno V., Malyukov V., Sarsimbayeva S., Zhumadilova M., & Kartbayev T. Decision support system about investments in Smart City in conditions of incomplete information // International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET)– 2019. – Vol.10, №2. – P. 661 - 670.

90 Paroutis S., Bennett M., & Heracleous L. A strategic view on Smart City technology: The case of IBM Smarter Cities during a recession // Technological Forecasting and Social Change, – 2014. – №89. – P. 262–272.

91 Irani Z., Sharif A., Kamal M. M., & Love P. E. Visualising a knowledge mapping of information systems investment evaluation. Expert Systems with Applications. – 2014. – Vol. 41, №1. – P. 105-125.

92 Lee S. H., Yigitcanlar T., Han J. H., & Leem Y. T. Ubiquitous urban infrastructure: Infrastructure planning and development in Korea // Innovation. – 2008. –Vol. 10, №2-3. – P. 282-292.

93 Malekpour S., Brown R. R. & de Haan F. J. Strategic planning of urban infrastructure for environmental sustainability: Understanding the past to intervene

for the future // *Cities*. – 2015. – №46. – P. 67-75.

94 Hastak M., & Baim E. J. Risk factors affecting management and maintenance cost of urban infrastructure // *Journal of Infrastructure Systems*. – 2001. – Vol. 7, №2. – P. 67-76.

95 Jabareen, Y. Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk // *Cities* – 2013. – №31. – P. 220-229

96 Clark G. L., & Evans J. The private provision of urban infrastructure: financial intermediation through long-term contracts // *Urban Studies*. – 1998. – Vol. 35, №2. – P. 301-319.

97 Wellman K., & Spiller M. *Urban infrastructure: finance and management*. John Wiley & Sons. – 2012.

98 Fox W. F. *Strategic options for urban infrastructure management*. The World Bank. – 1994.

99 Flyvbjerg B. Cost overruns and demand shortfalls in urban rail and other infrastructure // *Transportation Planning and Technology*. – 2007. – Vol. 30, №1. – P. 9-30.

100 Elsayah H., Bakry I., & Moselhi O. Decision support model for integrated risk assessment and prioritization of intervention plans of municipal infrastructure // *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*. – 2016. – Vol. 7, №4. – 04016010.

101 Yohe G. Risk assessment and risk management for infrastructure planning and investment // *Bridge*. – 2010. – Vol. 40, №3. – P. 14-21.

102 Knight F. H. *Risk, uncertainty and profit* // Courier Corporation. – 2012.

103 Langlois R. N., & Cosgel M. M. Frank Knight on risk, uncertainty, and the firm: a new interpretation // *Economic inquiry*. – 1993. – Vol. 31, №3. – P. 456-465.

104 Duenas P., Reneses J., & Barquin J. Dealing with multi-factor uncertainty in electricity markets by combining Monte Carlo simulation with spatial interpolation techniques // *IET generation, transmission & distribution*. – 2011. – Vol. 5, №3. – P. 323 - 331.

105 Millet I., & Wedley W. C. Modelling risk and uncertainty with the analytic hierarchy process, *Journal of Multi- Criteria Decision Analysis* – 2002. – Vol. 11, №2. – P. 97-107.

106 Akhmetov B. B., Lakhno V. A., Akhmetov B. S., & Malyukov V. P. The choice of protection strategies during the bilinear quality game on cyber security financing, *Bulletin of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan*. – 2018. – №3. – P. 6-14.

107 Lakhno V., Malyukov V., Gerasymchuk N., & Shtuler I. Development of the decision making support system to control a procedure of financial investment, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – Vol. 6, №3. – P. 35-41.

108 Радченко В. И., Рачек С. В., & Бельский А. Ю. Методология согласования управленческих решений // *Экономика железных дорог*. – 2012.

– №3. – С. 97.

109 Смирнов Э. А. Управленческие решения. М.: ИНФРА-М, – 2001. – С 264.

110 Шевцова, С. Техника принятия управленческих решений // Директор школы. – 1994. – №5. – С. 2-11.

111 Hwang C. L., Lai Y. J., & Liu T. Y. A new approach for multiple objective decision making. Computers & operations research. – 1993. – Vol. 20 №8. – P. 889-899.

112 Berner E. S. Clinical decision support systems // New York: Springer Science+ Business Media, LLC. – 2007. – Vol. 233.

113 Sprague R. H., & Watson H. J. (Eds.). Decision support systems: putting theory into practice. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. – 1986.

114 Power D. J. Decision support systems: concepts and resources for managers. Greenwood Publishing Group. –2002

115 Shimizu T., de Carvalho M. M., & Laurindo F. J. B. (Eds.). Strategic Alignment Process and Decision Support Systems: Theory and Case Studies: Theory and Case Studies. IGI Global. – 2005.

116 Lahno V.A., Kartbaev T.S., Togzanova K.O., Ahmetov B.B. Analysis of methods and information technologies for dynamic planning of complex systems // Vestnik KazNITÝ im. K.I.Satpaeva. – 2020. – Vol. 4, №136. – P. 251-260.

117 Lakhno V.A., Kasatkin D.Y., Kartbayev T.S., Togzanova K.O., Alimseitova Zh.K., Tussupova B.B. Analysis of Methods and Information Technologies for Dynamic Planning of Smart City Development // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2020. – Vol.9, №5. – P. 7496-7505.

118 Haksever C., & Ringuest J. L. (1990). Computational efficiency and interactive MOLP algorithms: an implementation of the SIMOLP procedure // Computers & operations research. – 1990. – Vol. 17, №1. – P. 39-50

119 Lakhno V., Kartbayev T., Malyukov V., Uskenbayeva R., Togzhanova K.O., Alimseitova Zh., Beketova G., Turgynbayeva A. Risk assessment of investment losses aimed at the development of Smart City systems // Journal Of Theoretical And Applied Information Technology . –2021. –Vol. 99, №15. – P. 3683-3692,

120 Lakhno V., K., Kasatkin D., Kartbayev T., Uskenbayeva R., Togzhanova K.O., Alimseitova Zh., Kashaganova G., Balgabayeva L., The information technologies in the tasks Of planning of Smart City development // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. –2021. –Vol. 99, №14. – P. 3645-3662.

121 Ускенбаева Р.К., Картбаев Т.С., Байер Д., Тогжанова К.О., Шешім қабылдаудың топтық әдістері негізінде динамикалық жоспарлау есептерін шешу // Абай атындағы ҚазҰПУ хабаршысы. – 2021. –№ 3 (75), Б. 167-172

122 Лахно В.А., Малюков В.П., Ускенбаева Р.К., Картбаев Т.С., Байер Д., Тогжанова К.О., Smart City жүйелерін дамытуға бағытталған инвестицияларды жоғалту тәуекелдерін бағалау // ҚР Ұлттық Инженерлік

Академиясы хабаршысы – 2021. – № 4 (82), 2021 ж, 77-85

123 Лахно В.А, Ускенбаева Р.К., Картбаев Т.С., Тогжанова К.О., Многокритериальные и многоцелевые методы анализа и принятия решений в процессе динамического планирования развития сложных систем, XI Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» посвященная 45-летию образования АУЭС имени Гумарбека Даукеева. – 2020. – С. 255-258

124 Картбаев Т.С., Тогжанова К.О., Кашаганова Г.Б., Сыдыбаева М.А. Smart City дамытуда динамикалық жоспарлау барысындағы тәуекелдерді талдау"Логистика, көлік және білім берудегі инновациялық технологиялар" атты Халықаралық конгресі, – 2021. – Б. 255-258

# ҚОСЫМША А

## Ендіру актілері

**ПРИВАТНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ЄВРОПЕЙСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

03112, м. Київ, вул. Академіка Вернадського, 16/в. Е-mail: [office@eu.edu.ua](mailto:office@eu.edu.ua); Тел.: (044) 450-99-71.  
Факс: (044) 452-35-68; p: 76008014040118; факс АТ "Укртелеком": МФО 380333, код 24060800

№ \_\_\_\_\_ м.к. \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
м. № \_\_\_\_\_ м.к. \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### Акт впровадження

Експертна комісія Фахового бізнес-коледжу Приватного вищого навчального закладу (ПВНЗ) «Європейський університет», розглянувши результати роботи докторантки Тогжанової К.О. констатує, що:

Під час аналізу проєктів в межах концепції Kyiv Smart City School для бізнес коледжу ПВНЗ «Європейський університет» було використано програмне рішення (Система підтримки прийняття рішень - СППР), запропоноване Тогжановою К.О.

В ході використання СППР в завданні оцінки рівня прибутковості проєктів Kyiv Smart City School, доведено, що більша частина складових цього проєкту є прибутковою для замовника та інвестора. Орієнтовний економічний ефект від впровадження запропонованої СППР складає близько 22 000 грн.

**Директор  
Фахового бізнес-коледжу  
Приватного вищого навчального закладу  
«Європейський університет»,  
к.ю.н., доцент**

  
**О.О. Кравчук**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по АД  
  
**Б.Т. Бахтияр**  
« 4 » 10 2021 г.



### АКТ

**о внедрении научных результатов диссертационной работы PhD докторанта МУИТ специальности 6D070400 – «Вычислительная техника и программное обеспечение» Тогжановой К.О. на тему «Модели и методы разработки систем динамического планирования развития Smart City»**

Настоящим подтверждаю, что результаты диссертационной работы являются актуальными и представляют практический интерес. Полученные результаты используются при чтении лекций, проведении лабораторно-практических занятий по дисциплине «Принятие управленческих решений с применением ИТ» для студентов 3 курса Образовательной программы 6В11328 – «Управление услугами».

Директор ДАПК  **Ж.К. Алимсеитова**

# ҚОСЫМША А-ның жалғасы

## Ендіру актілері

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ТОО «ITB Line»



Байас Е.Т.

### АКТ о внедрении результатов диссертационной работы докторанта Тогжановой К.О. на тему «Модели и методы разработки систем динамического планирования развития Smartcity»

Настоящий акт составлен в подтвержденном, что теоретические и экспериментальные исследования, программно-аппаратные комплексы приведенные в диссертационной работе докторанта Тогжановой К.О. на тему «Модели и методы разработки систем динамического планирования развития Smart city» применялись для формирования системы контроля и системы безопасности, при проектировании и реализации умных домов.

### АКТ о внедрении научных результатов в учебном процессе

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертационной работы докторанта Тогжановой К.О. на тему «Модели и методы разработки систем динамического планирования развития Smart city» внедрены и используются в учебном процессе на кафедре «Электроника и робототехника», а именно, при чтении дисциплины «Методы планирования и анализа эксперимента» для магистрантов образовательной программы 7M07106– «Приборостроение».



Зам.директора ИТКИ

Зав. кафедрой  
«Электроника и робототехника»

Утелиева Н.К.

Оразалиева С.К.

ҚОСЫМША Ә  
Авторлық куәлік

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ  
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ  
ҚУӘЛІК  
2022 жылғы «18» сәуір № 25193

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басым куәландыратын құжатта көрсетілсе):  
ТОҒЖАНОВА ҚУЛҒАН ОНДРИСОВНА, Лазно Валерий Анатольевич, Қарғбаев Тимур Саатлинович,  
Үскенбаева Раиса Кабировна, Алдамсенова Жұлдыз Кеңесхановна

Авторлық құқық объектісі: ЭЕМ-ге арналған бағдарлама

Объектінің атауы: Система поддержки принятия решений «Smart City»

Объектіні жасаған күні: 20.10.2021





Құжат тексерілуін <http://www.kazpatent.kz/> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болсады. <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды А. Естаев



## ҚОСЫМША Б

программа листингі

```
using System;
using System.Windows;
using System.IO;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using Microsoft.Win32;
// This is the code for your desktop app.
// Press Ctrl+F5 (or go to Debug > Start Without Debugging) to run your app.

namespace ProjectV
{
    public partial class MainForm : Form
    {
        //ACCESS
        Database database;
        //fields
        private double kd ,h, q , g1, g2, f1, f2, m1 , m2, p1
,p2;//задаваемые данные
        Gamers G1, G2;//игроки
        int maxStep = 25;//максимальное количество шагов
        readonly double infinity = int.MaxValue;

        #region свойства
        internal double Kd
        {
            get
            {
                return kd;
            }
            set
            {
                kd = value;
                Kd_TextBox.Text = kd.ToString();
            }
        }
        internal double H
        {
            get
            {
                return h;
            }
            set
            {
                h = value;
                H_TextBox.Text = h.ToString();
            }
        }
        internal double Q
        {
            get
            {
```

## ҚОСЫМША Б-НЫҢ ЖАЛҒАСЫ

```
return q;
    }
    set
    {
        q = value;
        Q_TextBox.Text = q.ToString();
    }
}
internal double G_1
{
    get
    {
        return g1;
    }
    set
    {
        g1 = value;
        G1_TextBox.Text = g1.ToString();
    }
}
internal double G_2
{
    get
    {
        return g2;
    }
    set
    {
        g2 = value;
        G2_TextBox.Text = g2.ToString();
    }
}
internal double F_1
{
    get
    {
        return f1;
    }
    set
    {
        f1 = value;
        F1_TextBox.Text = f1.ToString();
    }
}
internal double F_2
{
    get
    {
        return f2;
    }
    set
    {
        f2 = value;
        F2_TextBox.Text = f2.ToString();
    }
}
internal double M_1
{
    get
    {
        return m1;
    }
    set
    {
        m1 = value;
        M1_TextBox.Text = m1.ToString();
    }
}
internal double M_2
{
    get
```

## ҚОСЫМША Б-НЫҢ ЖАЛҒАСЫ

```

return m2;
    set
        m2 = value;
        M2_TextBox.Text = m2.ToString();
internal double P_1
    get
        return p1;
    set
        p1 = value;
        P1_TextBox.Text = p1.ToString();
internal double P_2
    get
        return p2;
    set
        p2 = value;
        P2_TextBox.Text = p2.ToString();
#endregion
//BUSINESS LOGIC
private void Logic(bool Chart3D)
{
    int i = 0;
    double k = 0;
    double kLast = 0;
    double qChanged = q / kd;
    //игроки
    G1 = new Gamers(kd, h, g1, f1, m1, p1, 1);
    G2 = new Gamers(kd, q, g2, f2, m2, p2, 2);
    if ((G1.GetZ() >= 0 && G2.GetZ() >= 0))//случай а
    {
        double z1 = G1.GetZ();
        double z2 = G2.GetZ();
        if (g1 > g2)
        {
            bool permission = false;
            while (i <= maxStep)
            {
                Thread.Sleep(1);
                if (i == 0)
                {
                    k = 0;
                }//k(0) = 0
                else
                {
                    k = (g1 / g2) * ((z1 + z1 * kLast + kLast * kd) /
(1 + z2 + (z2 / kd) * kLast));
                }
                if (k > z1 / z2 && kLast <= z1 / z2)
                {
                    //достигнуто максимальное количество шагов
                    permission = true;
                    break;
                }
                kLast = k;
                i++;
            }
            if (permission == true)
            {
                int step;
                bool LocalPermission = false;
                for (step = 1; step <= i + 1; step++)
                {

```

## ҚОСЫМША Б-НЫҢ ЖАЛҒАСЫ

```

if (kLast * h <= q && q < k * h)
{
    LocalPermission = true;
    G1.SetUV(1);
    G2.SetUV(1);
    List<PointD> points = new List<PointD>();
    bool increase = false;
    points = Equation(step+2, ref increase);
    //
    database.Insert(this, true,
points[points.Count-1].X(), points[points.Count-1].Y());
    //
    ResultForm resultForm = new
ResultForm(points, increase, Chart3D);
    resultForm.MdiParent = MdiParent;
    resultForm.BringToFront();
    resultForm.Show();
    break;
}
}
if (!LocalPermission)
{
    MessageBox.Show("Ресурсы 2-го игрока не
принадлежат множеству предпочтительности!");
    database.Insert(this, false, h, q);
}
}
else
{
    MessageBox.Show("Невозможно построить график!");
    database.Insert(this, false, infinity, infinity);
}
}

} //подслучай a1
else if (g1 <= g2)
{
    double z = 0;
    //для уравнений
    double x1, x2;
    double a, b, c; //коэффициенты для квадратного уравнения

    a = G2.GetZ();
    b = 1 - G2.GetZ() - (g1 / g2) * G1.GetZ() - (g1 / g2);
    c = -(g1 / g2) * G1.GetZ();
    //квадратное уравнение
    double Y1 = -b + Math.Sqrt(Math.Pow(b, 2) - 4 * a *
c); //x1
    double Y2 = -b - Math.Sqrt(Math.Pow(b, 2) - 4 * a *
c); //x2

    x1 = Y1 / (2 * a);
    x2 = Y2 / (2 * a);

    if (0 < x2)
    {
        z = x2;
    }
    else if (0 < x1)
    {

```

## ҚОСЫМША Б-НЫҢ ЖАЛҒАСЫ

```
        z = x1;
    }
    else if (x1 < x2)
    {
        z = x1;
    }
    else if (x2 < x1)
    {
        z = x2;
    }
    //MessageBox.Show(Convert.ToString(z * h));
    if (q < z * h)//основное условие
    {
        while (true)
        {
            Thread.Sleep(1);
            if (i <= maxStep)
            {
                if (i == 0)
                {
                    k = 0;
                }
                else
                {
                    k = (g1 / g2) * ((z1 + z1 * kLast + kLast
* kd) / (1 + z2 + (z2 / kd) * kLast));
                    //MessageBox.Show(Convert.ToString(k) + "
" + Convert.ToString(k * h));
                }
                if (kLast * h <= q && q < k * h)
                {
                    G1.SetUV(1);
                    G2.SetUV(1);

                    List<PointD> points = new List<PointD>();
                    bool increase = false;

                    points = Equation(i+1, ref increase);
                    //
                    database.Insert(this, true,
points[points.Count-1].X(), points[points.Count-1].Y());
                    //
                    ResultForm resultForm = new
ResultForm(points, increase, Chart3D);
                    resultForm.MdiParent = MdiParent;
                    resultForm.BringToFront();
                    resultForm.Show();
                    break;
                }
            }
            else
            {
                MessageBox.Show("Количество шагов слишком
большое для вывода графика!");
                database.Insert(this, false, infinity,
infinity);

                break;
            }
            i++;
        }
    }
}
```

## ҚОСЫМША Б-НЫҢ ЖАЛҒАСЫ

```
kLast = k;
}

}
else if (q == z * h)
{
    G1.SetUV(1);
    G2.SetUV(1);

    List<PointD> points = new List<PointD>();
    bool increase = false;

    points = Equation(maxStep, ref increase);
    //
    database.Insert(this, true, points[points.Count-
1].X(), points[points.Count-1].Y());
    //
    ResultForm resultForm = new ResultForm(points,
increase, Chart3D);

    resultForm.MdiParent = MdiParent;
    resultForm.BringToFront();
    resultForm.Show();
}
else
{
    MessageBox.Show("Точка находится в области
предпочтительности 2-го игрока!");
    database.Insert(this, false, h, q);
}
} //подслучай a2
} //случай a
else if (G1.GetZ() < 0 && G2.GetZ() < 0)
{
    MessageBox.Show("Любые состояния игроков являются для них
предпочтительными, а оптимальными стратегиями являются их любые стратегии.");
    database.Insert(this, false, infinity, infinity);
} //случай b
else if ((G1.GetZ() > 0 && G2.GetZ() <= 0))
{
    double z1 = G1.GetZ();
    double z2 = G2.GetZ();

    if ((g1 / g2) * (z1 + 1) >= 1)
    {
        MessageBox.Show("Множеством предпочтительности первого
игрока являются все начальные финансовые ресурсы игроков.");
        database.Insert(this, false, h, q);
    } //подслучай c1
    else if ((g1 / g2) * (z1 + 1) < 1)
    {
        double z = (g1 / g2) * z1 * kd / (1 - (z1 + 1) * (g1 /
g2));

        if (q < z * h)
        {
            while (i <= maxStep)
            {
                Thread.Sleep(1);
                if (i == 0)
                {
                    k = 0;
                }
            }
        }
    }
}
}
```

## ҚОСЫМША Б-НЫҢ ЖАЛҒАСЫ

```
else
{
    k = (g1 / g2) * (z1 * kd + z1 * kLast +
kLast);

}
if (kLast * h <= q && q < k * h)
{

    G1.SetUV(1);
    G2.SetUV(0);

    List<PointD> points = new List<PointD>();
    bool increase = false;

    points = Equation(i + 1, ref increase);
    //
    database.Insert(this, true,
points[points.Count-1].X(), points[points.Count-1].Y());
    //
    ResultForm resultForm = new
ResultForm(points, increase, Chart3D);
    resultForm.MdiParent = MdiParent;
    resultForm.BringToFront();
    resultForm.Show();
    break;
}

    kLast = k;
    i++;
}
if (i > maxStep)
{
    MessageBox.Show("Количество шагов слишком большое
для вывода графика!");
    database.Insert(this, false, infinity, infinity);
}
}
else
{
    MessageBox.Show("Ресурсы не принадлежат множеству
предпочтительности!");
    database.Insert(this, false, h, q);
}
} //подслучай с2
} //случай с
else if (G1.GetZ() <= 0 && G2.GetZ() > 0)
{
    MessageBox.Show("Первый игрок не может в этом случае иметь
свое множество предпочтительности.");
    database.Insert(this, false, h, q);
} //случай d
```