

МРНТИ 20.53.01
УДК 332.14

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.20>

Р.К. Ускенбаева¹, Т.С. Картбаев², Д. Байер³, К.О. Тогжанова⁴

¹*Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан*

²*ҚР ПИМ М. Есболатов атындағы Алматы академиясы, Алматы, Қазақстан*

³*Қолдаңбалы ғылымдар университеті, Германия, Шмалькальден*

⁴*Г. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы*
**email: togzhanova_kuljan@mail.ru*

ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫҢ ТОПТЫҚ ӘДІСТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ

Аңдатпа

Бұл мақалада Smart City дамуын динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу үшін мультимодельдік тәсіл негізінде шешім қабылдаудағы топтық әдістер негізіндегі есептер қарастырылады. Соның ішінде динамикалық жоспарлау процесінде шешім қабылдаудың негізгі құралы-динамикалық жоспардың құрылымын жасауға, жоспарды оңтайландыруға және қалаған шешімді табуға негіз болатын модельдер мен әдістер жүйесі. Жоспарлы шешімдерді ұжымдық әзірлеу кезінде, соның ішінде Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу контекстінде және бірнеше мамандардың келісілген шешімдер қабылдауын талап ететін шешімдерді топтық қабылдау әдістері қолданылады.

Smart city динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу – бұл әртүрлі тәсілдер мен әдіснамаларды жүйелі қолдануды талап ететін және математикалық үлгілеудің қазіргі заманғы әдістерін, адекватты модельдерді әзірлеу үшін, әдістер мен алгоритмдер және олардың негізінде шешімдер қабылдау үшін бағдарламалық құралдарды қолданбай мүмкін болмайтын ғылымды қажет ететін процесс.

Түйін сөздер: Smart City, динамикалық жоспарлау, оңтайландыру әдісі, динамикалық модель шешім қабылдауды қолдау жүйесі.

Аннотация

Р.К. Ускенбаева¹, Т.С. Картбаев², Дитмар Байер³, К.О. Тогжанова⁴

¹*Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан*

²*МИА РК М. Алматинская академия им. Есбулатова, Алматы, Казахстан*

³*Университет прикладных наук, Германия, г. Шмалькальден*

⁴*Алматинский университет энергетики и связи им. Г.Дәукеева, Алматы, Казахстан*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГРУППОВЫХ РЕШЕНИЙ

В статье рассматриваются задачи, основанные на групповых методах принятия решений на основе мультимодального подхода к решению задач динамического планирования развития Умного города. В частности, основным инструментом принятия решений в процессе динамического планирования является система моделей и методов, которые являются основой для создания структуры динамического плана, оптимизации плана и поиска желаемого решения. Методы коллективного принятия решений используются при коллективной разработке планировочных решений, в том числе в контексте решения задач динамического планирования развития Smart City и принятия решений, требующих согласованных решений нескольких специалистов.

Решение проблемы динамического планирования умного города - это процесс, требующий систематического использования различных подходов и методологий и науки, что невозможно без использования современных методов математического моделирования, адекватных моделей, методов и алгоритмов и программного обеспечения для принятия решений на основе на них.

Ключевые слова: Smart City, динамическое планирование, метод оптимизации, система поддержки принятия решений в динамической модели.

Abstract

R.K. Uskenbaeva¹, T.S. Kartbaev², Dietmar Bayer³, K.O. Togzhanova⁴

¹International University of Information Technology, Kazakhstan, Almaty

²МИА РК М. Алматы Академия Есбулатова, Kazakhstan, Almaty

³University of Applied Sciences, Germany, Schmalkalden

⁴Almaty University of Power Engineering and Communications G. Daukeeva, Kazakhstan, Almaty

SOLVING DYNAMIC PLANNING PROBLEMS ON THE BASIS OF GROUP DECISION METHODS

This article discusses problems based on group methods of decision-making based on a multimodal approach to solving the problems of dynamic planning of Smart City development. In particular, the main tool for decision-making in the process of dynamic planning is a system of models and methods, which are the basis for creating the structure of the dynamic plan, optimizing the plan and finding the desired solution. Collective decision-making methods are used in the collective development of planning decisions, including in the context of solving the problems of dynamic planning of Smart City development and group decision-making, which requires the agreed decisions of several specialists.

Solving the problem of dynamic planning of a smart city is a process that requires the systematic use of various approaches and methodologies and science, which is impossible without the use of modern methods of mathematical modeling, adequate models, methods and algorithms and software for making decisions based on them.

Keywords: Smart City, dynamic planning, optimization method, dynamic model decision support system.

Кіріспе

Шешім қабылдау үшін сыртқы ортаны сипаттау қажет, Smart City жүйесінде жүретін процестердің табиғатты, динамика, критерийлер және т.б. тұрғысынан 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 процестер. 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.

Әдістер

Жоспарлы шешімдерді ұжымдық әзірлеу кезінде, топтық қабылдау әдістері қолданылады. Топтық шешім қабылдау деп сараптамалық топ мүшелерінің жеке преференцияларын (артықшылықтарын) келісу негізінде ортақ шешім қабылдау рәсімін айқындайды [1]. Сараптамалық топтық (ұжымдық) таңдаудың негізгі принциптері мен процедуралары жұмыстарда тұжырымдалған және әзірленген [2, 3]. 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 [3, 9-бет]. Топтық шешім қабылдау кезінде ең маңыздысы жеке преференцияларды теңдестіру және оларды топтық артықшылыққа біріктіру проблемасы болып табылады. Бұл, тиісінше, көп өлшемді таңдау мәселесін қою қажеттілігіне әкеледі. Шешім қабылдау тұлғаның (ШҚТ) топтарының әрекеті жағдайында шешім қабылдау мәселесін шешу сараптамалық бағалау мен эмпирикалық мәліметтердің нәтижелерін, оларды топтастыруды, жіктеуді және маңызды факторларды белуді қамтиды. Ресми тұрғыдан алғанда, оны кортеж түрінде ұсынуға болады:

$$\langle S_0, T, Q, S, F, A, B, Y, F(f), L, K, Y_o \rangle, \quad (1)$$

Мұндағы S_0 – проблемалық жағдай;

T – шешім қабылдау уақыты;

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 шарты (бұл ретте қандай да бір қағидатты таңдау үздік келісу ұғымын айқындайды), K – артықшылық берілетін шешімді таңдау өлшемшарттары (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 жағдайында S_0 жағдайды көптеген балама S жағдайлармен алдын-ала анықтау, көптеген мақсаттарды A , шектеулерді B , балама шешімдерді Y 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_0 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.

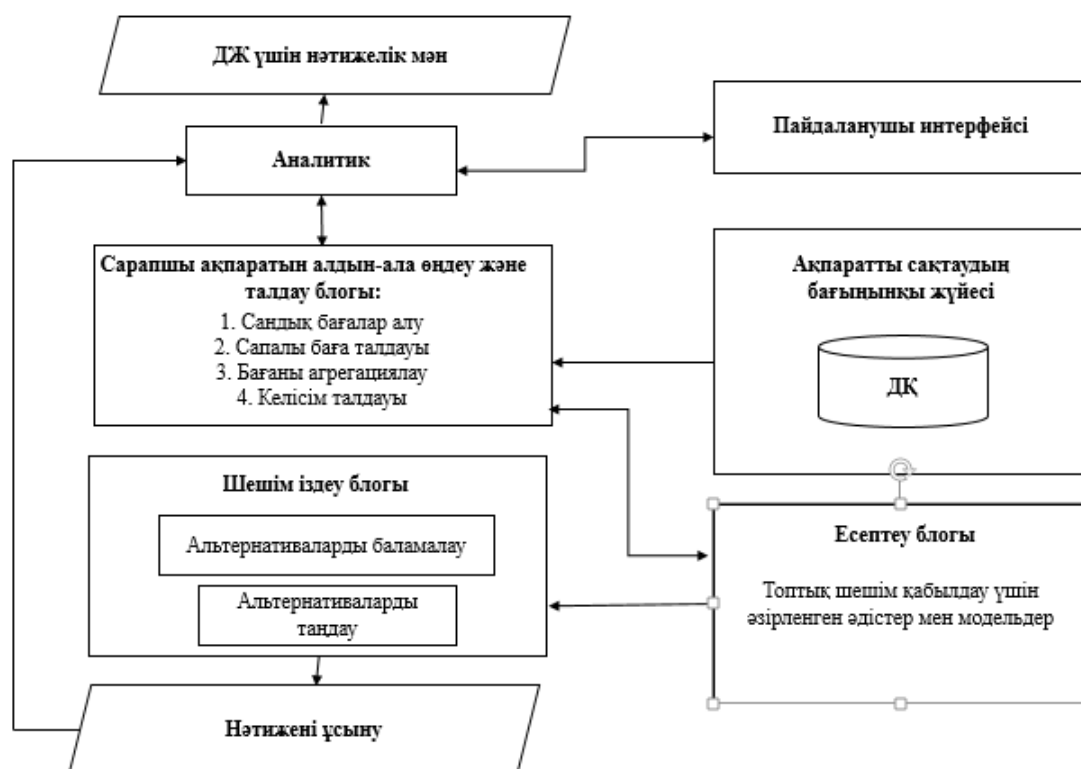
Көп өлшемді шешім қабылдау теориясының бір бағыты - көп мақсатты шешім қабылдау әдістері [4]. Көп мақсатты шешім қабылдау (Multiple objective decision making – MODM) шешім қабылдау теориясы мен операцияларды зерттеудегі қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі болып саналады.

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 шешім қабылдауды қолдау жүйесі (ШҚҚЖ) болуы керек ШҚҚЖ құрылымдық схемасы және топтық шешім қабылдау әдістері негізінде Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу процесінде кезеңдер мен әдістердің арақатынасы 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-ні дамыту мен қолдануға арналған ең маңызды іргелі зерттеулерді атап өткен жөн [5-8]. 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 [7 Б.46-54]. Мұндай жаңа әдістерге, атап айтқанда, ШҚҚЖ көмегімен жағдайды компьютерлік модельдеу жатады [8 Б.12-21].



Сурет 1. ШҚҚЖ құрылымы және Smart City дамыту ДЖ топтық шешімдер қабылдау әдістері бойынша міндеттерді шешу процесі

Көп мақсатты тапсырманы шешу барысында келесі шарттарды тексеру қажет. Біріншіден тәуелсіз айнымалыларды өзгерту мүмкіндігі болуы керек. Бұл осы айнымалылар Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау сапасының критерийлеріне әсер ететіндігіне байланысты. Біз барлық айнымалылардың жиынтығын басқару векторы ретінде қарастырамыз. Екіншіден, мақсаттар кеңістігін (МК) анықтау қажет. МК-бұл 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, көп мақсатты оңтайландыру үшін Smart City үшін энергия үнемдеу жүйелерін 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.

Шешім

Smart City дамуын динамикалық жоспарлаудың көп мақсатты мәселелерін шешудің заманауи тәсілдерін талдағаннан кейін [9, 10] MODM мәселелерін төрт түрлі 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 проблемалар тобын шешудің ең танымал әдістерінің бірі болып табылады. Мұнда міндет - мақсатты функциялардың идеалды шешімнен ауытқуын азайту. Әр түрлі мақсаттар табиғатта әр түрлі

болғандықтан, ауытқуларды азайту процесі басталмас бұрын оларды қалыпқа келтіру керек [6, 21-32 бет].

MODM міндеттерінің екінші тобына шешім қабылдау процесі басталмас бұрын саны немесе сапасы бойынша реттелген ақпарат жинау кіреді. Мысалы, көптеген зерттеушілер кеңінен қолданатын мақсатты бағдарламалау әдісінде [6, Б.45-54, 7, б. 26-32], ШҚТ мақсатты функцияның ең аз деңгейін анықтайды. MODA міндеттерінің үшінші тобы тиімді шешімдер жиынтығын ұсынады, онда ШҚТ тиімді шешімдер арасында ең жақсы шешімді таңдай алады. Бұл топтағы көп мақсатты сызықтық бағдарламалау (MILP) және көп өлшемді симплекс әдісі осы топ үшін ең танымал және қолданылатын MODM әдістеріне жатады. MODA-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 [11]:

- жеңілдетілген интерактивті көп мақсатты бағдарламалау (SI MOLP);
- кадамдық 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. 2-суретте Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу барысында көп мақсатты оңтайландыру және шешім қабылдау әдістері сұлба түрде көрсетілген. ШҚҚЖ әзірлеген архитектурада қолданылатын әдістер көгілдір тіктөртбұрышпен берілген.



Сурет 2. ШҚҚЖ-де қолданылатын көп мақсатты оңтайландыру және шешім қабылдау әдістері

Қорыта келе, жоғарыда аталған барлық жағдайлар Smart City-дің дамуын динамикалық жоспарлау тапсырмалары үшін көп мақсатты шешімді қабылдауды қолдау жүйесін жасауға мүмкіндік береді.

Бұл көп мақсатты тапсырма екенін ескере отырып, келешекте ұсынылатын жүйемізді көп модульді және ашық сәулет принципіне сәйкес құруға болады. Бұл жаңа модульдер құрылған кезде ШҚҚЖ функционалдығын кеңейтуге болады. Жаңадан қосылған ШҚҚЖ модульдері Smart City динамикалық жоспарлаумен байланысты жалпы алдыға қойған 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.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Радченко В. И., Рачек С. В., Бельский А. Ю. *Методология согласования управленческих решений. Экономика железных дорог*, 2012. № 3. С. 97-98.
- 2 Смирнов Э. А., *Управленческие решения*. М.: ИНФРА-М, 2001. - 264 с.
- 3 Шевцова С. *Техника принятия управленческих решений*, 1994. № 5. С. 2-11.
- 4 Hwang C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. *A new approach for multiple objective decision making. Computers & operations research*, 1993. № 20(8), - 889 p.
- 5 Berner E. S. *Clinical decision support systems* New York: Springer Science+ Business Media, LLC, 2007. Vol. 233. – 22-30 p.
- 6 Sprague R. H., & Watson, H. J. (Eds.). *Decision support systems: putting theory into practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986. 43– 45 p
- 7 Power D. J. *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group, 2002. 205-210 p
- 8 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. 250– 260 p
- 9 Лахно В.А., Картбаев Т.С., Тогжанова К.О., Ахметов Б.Б. *Анализ методов и информационных технологий для динамического планирования сложных систем Вестник КазНПУ им. К.И.Сатпаева*, 2020. №4 (136). С. 251-260
- 10 Lakhno V.A., Kasatkin D.Y., Kartbayev T.S., 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. № 9(5) P. 7496-7505
- 11 Haksever, C., & Ringuest, J. L. *Computational efficiency and interactive MOLP algorithms: an implementation of the SIMOLP procedure. Computers & operations research*, 1990, № 17(1), P. 39-50.

References:

- 1 Radchenko V. I., Rachek S. V., Belski A. Iy. (2012) *Metodologiya soglasovaniya upravlencheskih resheni. Ekonomika jeleznyh dorog*. [Methodology for coordinating management decisions. Railroad economics]. № 3. 97-98. (in Russian)
- 2 Smirnov, E. A., (2001) *Upravlencheskie resheniia*. [Management decisions] M.: INFRA-M, - 264 s. (in Russian)
- 3 Shevtsova, S. (1994) *Tehnika priniatia upravlencheskih resheni*, [Technique for making management decisions] № 5. 2-11. (in Russian)
- 4 Hwang, C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. (1993) *A new approach for multiple objective decision making. Computers & operations research*. № 20(8), 889.
- 5 Berner, E. S. (2007) *Clinical decision support systems* New York: Springer Science+ Business Media, LLC. Vol. 233. P. 22-30.
- 6 Sprague, R. H., & Watson, H. J. (Eds.) (1986) *Decision support systems: putting theory into practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. P.43- 45.
- 7 Power, D. J. (2002) *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group. P 205- 210 .
- 8 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. P. 250- 260.
- 9 Lahno V.A., Kartbaev T.S., Togzanova K.O., Ahmetov B.B. *Analiz metodov i informatsionnyh tehnologii dlia dinamicheskogo planirovaniia slojnyh system*. [Analysis of methods and information technologies for dynamic planning of complex systems] *Vestnik KazNITU im. K.I.Satpaeva*, 2020. №4 (136). P. 251-260 (in Russian)
- 10 Lakhno V.A., Kasatkin D.Y., Kartbayev T.S., 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. № 9(5) P. 7496-7505
- 11 Haksever, C., & Ringuest, J. L. *Computational efficiency and interactive MOLP algorithms: an implementation of the SIMOLP procedure. Computers & operations research*, 1990, № 17(1), P. 39-50.