

ПОБУДОВА СППР НА ОСНОВІ МЕТОДІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

© Гожий О., 2011

Проаналізовано головні типи методів багатоцільового прийняття рішень. Розглянуто головні проблеми, які виникають під час виконання багатоцільових завдань. Запропоновано архітектуру системи підтримки прийняття рішень. Розглянуто головні етапи та особливості реалізації СППР на базі багатоцільових методів. Наведено приклади використання СППР для оцінювання та вибору варіантів у інноваційних проектах.

Ключові слова: багатоцільове прийняття рішень, система підтримки прийняття рішень.

Analyzed the main types of methods, multi-objective decision making. We consider the main types of problems that arise in dealing with multi-tasks. The proposed architecture of decision support systems. We consider the main stages and characteristics of process the DSS based on multi-objective methods. The examples of the use of DSS for evaluating and selecting options in innovative projects.

Key words: multi-objective making decision, system of support of making decision.

Вступ. Постановка проблеми

Розвиток технічних та економічних систем ставить перед фахівцями завдання ефективного та оптимального вирішення проблем, що виникають. Це є характерною рисою сучасного етапу розвитку науки в сфері дослідження та моделювання соціально-економічних систем, які в умовах невизначеності, конфліктів та породженого ними ризику адекватно враховують динаміку їх розвитку. До цих характерних рис слід віднести також необхідність створювати моделі, що орієнтуються на декілька цілей стосовно розвитку системи, а оцінювання якості альтернативних стратегій розвитку системи здійснюється з позицій множини різних, часто несумісних, критеріїв. В багатьох галузях науки та техніки, а також у системних дослідженнях використовуються методи багатокритеріального аналізу та прийняття рішень. Одним з напрямів теорії багатокритеріального прийняття рішень є багатоцільові методи прийняття рішень. Вважається, що багатоцільове прийняття рішень (*Multi-objective making decision-MODM*) є однією з областей в теорії прийняття рішень та дослідженні операцій, що найшвидше та динамічно розвиваються. Головною причиною такого розвитку є те, що багато проблем прийняття рішень можна сформулювати як багатоцільову задачу.

Мета MODM – задач в математичному програмуванні – оптимізація k різних цільових функцій з врахуванням ряду обмежень системи, а в багатоцільовому прийнятті рішень – вибір найефективнішого варіанта, за умови врахування всіх критеріїв конфліктних цілей. Математичне формулювання проблеми MODM також відоме як проблема векторної максимізації (або мінімізації). Складність багатоцільового вибору полягає передовсім у суперечності цілей. З огляду на це необхідно використовувати деяку схему розумного компромісу, який покращить якість рішень, що приймаються, за всіма локальними критеріями та показниками ефективності [1, 12, 13]. Окрім того, необхідно досліджувати проблему за допомогою багатьох методів та вибирати раціональне рішення, порівнюючи результати досліджень. Тому для таких досліджень необхідно мати інструментальні засоби, які б дали змогу якісно дослідити проблему багатоцільового вибору.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Вивчення властивостей і методів вирішення багатоцільових завдань стосується чимала кількість робіт [5–7, 13]. Ці питання розглянуто також у багатьох роботах з теорії ігор, теорії статистичних рішень, дослідженні операцій, теорії оптимального управління, економетриці та інших наукових дисциплін, в яких вивчаються різні багатокритеріальні та багатоцільові моделі прийняття раціональних рішень. Проаналізувавши сучасні підходи до вирішення багатоцільових задач, можна зазначити, що проблеми MODM можна поділити на чотири різні групи.

У **першій групі** проблем MODM не потрібно отримувати будь-яку інформацію від ОПР (особа, яка приймає рішення) протягом процесу пошуку ефективного рішення. Ці види методів та алгоритмів залежать лише від попередніх припущень про переваги ОПР. Методи лінійного програмування є одними з найпопулярніших методів для вирішення цієї групи проблем, їхнє завдання – мінімізація відхилень цільових функцій від ідеального рішення. Оскільки різні цілі в природі є відмінними, то їх треба нормалізувати перед тим, як почнеться процес мінімізації відхилень [2].

Друга група проблем MODM передбачає збір інформації, яка є впорядкованою за кількістю або якістю, перед тим як ініціюється процес прийняття рішення. У методі функції корисності, що є найпопулярнішим, ми повинні визначити корисність ОПР залежно від цілі функцій, і тоді максимізуємо загальну функцію згідно з початковими обмеженнями. Інші методи, серед яких цільове програмування та цільовизначення, є сумішню інформації, що впорядкована як за кількістю, так і за порядком. У методі цільового програмування, який широко використовує багато дослідників, ОПР визначає найменш (найбільш) бажаний рівень максимуму (мінімуму) функції. Здобуття цих значень може призвести до того, що обмеження можуть перевищуватися, але ми намагаємося звести до мінімуму зважені відхилення [2].

Третя група MODM проблем пропонує набір ефективних рішень, в яких ОПР має можливість вибирати найкраще рішення серед ефективних. Багатоцільове лінійне програмування (MOLP) і багатокритеріальний симплекс в цій групі є методами, які широко використовуються [4].

Четверта група пропонує рішення, що базуються на інтерактивній безперервній взаємодії з ОПР і дають змогу поступово досягти кращого рішення наприкінці цього алгоритму. До цієї групи належать багато розроблених методів, таких як:

- Спрощене інтерактивне багатоцільове програмування (SIMOLP).
- Покроковий метод (STEM).
- Послідовне багатоцільове прийняття рішень (SEMOPS).
- Методи теорії ігор.
- Еволюційні методи.

Крім того, відзначимо багато переваг використання інтерактивних методів, деякі з них:

- немає необхідності отримувати інформацію від ОПР до того, як ініціюється процес прийняття рішення;
- процес прийняття рішення допомагає ОПР більше дізнатися про характер проблеми;
- оскільки ОПР постійно аналітично впливає на проблему, він швидше приймає остаточне рішення;
- існує менше обмежень у вирішенні такого типу проблем порівняно з іншими групами в MODM методах.

Однак є деякі недоліки, пов'язані з цими типами алгоритмів, найважливіші серед яких:

1. Точність остаточного рішення цілком залежить від точності відповіді ОПР. Інакше кажучи, якщо ОПР не аналізує проблему ретельно, в результаті остаточне рішення може бути неправильним.
2. Немає ніякої гарантії, що буде знайдено бажане рішення за скінченну кількість ітерацій.
3. ОПР необхідно докладати більше зусиль у процесі реалізації цих методів і алгоритмів порівняно з іншими групами методів багатоцільового прийняття рішень.

Формулювання мети статті

Метою дослідження є розроблення архітектури та реалізація системи підтримки прийняття рішень на основі системного використання методів багатоцільової оптимізації та багатоцільового прийняття рішень для оцінювання ефективності проектів.

Основний матеріал

Дослідження методів багатоцільової оптимізації та прийняття рішень

На рис.1 подано головні методи розв'язання багатоцільових задач.

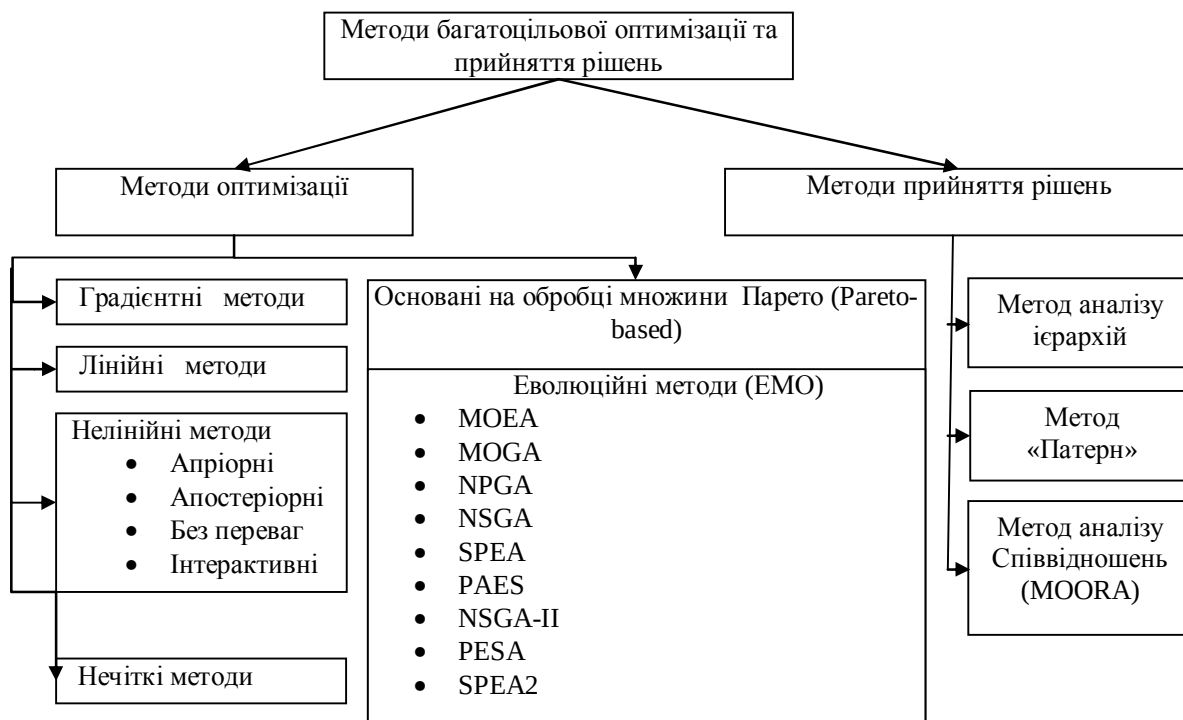


Рис. 1. Методи багатокритеріальної оптимізації і прийняття рішень

Багатоцільові задачі оптимізації та прийняття рішень виникають в різних галузях: виробництві, в процесах проектування, фінансування, проектування повітряних суден, нафтовій та газовій промисловості, автомобільного дизайну або там, де оптимальні рішення мають бути прийняті з компромісами між двома або більше суперечливими цілями. Максимізація прибутку та мінімізація витрат на продукт; максимальна продуктивність та мінімізація витрат палива транспортних засобів є прикладами багатьох об'єктивних проблем оптимізації. Якщо багатоцільове рішення добре сформоване, не повинно бути єдиного рішення, що одночасно мінімізує повноту кожної цілі. Шукають таке рішення, для якого кожна ціль буде оптимізована, і якщо ми намагаємося оптимізувати його далі, то через це постраждають інші цілі. Знайти таке рішення – мета створення та розв'язання багатоцільових задач оптимізації та прийняття рішень.

У математичному вигляді багатоцільову постановку задачі можна подати так:

$$\min_x [m_1(x), m_2(x), \dots, m_n(x)], \quad (1)$$

де μ_i – i -та цільова функція; g, h – обмеження, відповідно, і X вектор оптимізації або змінних рішення. Розв'язком зазначеної задачі є набір точок з множини Парето, для яких, поліпшуючи одну ціль, погіршують принаймні одну іншу ціль. Отже, замість того, щоб знайти єдине рішення проблеми (як зазвичай у традиційному математичному програмуванні), рішенням багатоцільової проблеми є (можливо, нескінченна) множина точок Парето. Цей підхід є основою багатьох багатоцільових методів.

Більшість методів оптимізації, такі як градієнтні, лінійні та нелінійні, відомі з літератури. З погляду реалізації та використання інтерес становлять еволюційні методи, нечіткі методи та окремі

методи прийняття багатоцільових рішень, такі, наприклад, як метод аналізу співвідношень (MOORA).

Еволюційні алгоритми є дуже популярними підходами в багатоцільовій оптимізації. Сьогодні більшість еволюційних методів оптимізації застосовують схеми ранжування, які базуються на обробці множини Парето. Багатоцільові еволюційні алгоритми (МОЕА) – це стохастичні методи оптимізації. Як і інші алгоритми оптимізації, МОЕА використовують для знаходження парето оптимальних рішень для конкретної проблеми, але вони відрізняються підходами. Більшість еволюційних алгоритмів використовують концепцію планування в своїх діях [8, 9].

Оптимізаційний механізм багатоцільового еволюційного алгоритму (МОЕА) дуже схожий на еволюційний алгоритм (ЕА), за винятком використання відносин домінування. На кожній ітерації значення цілі розраховується індивідуально, а потім використовується для визначення домінування відносин всередині сукупності, щоб вибрати потенційно ефективні рішення. Як правило, багатоцільові алгоритми (МОЕА) мають справу з двома основними питаннями. Перше питання полягає в тому, щоб наблизитись до множини Парето. Друге питання – як зберегти різноманітність серед рішень в отриманому наборі. Ці два питання стали загальним критерієм для більшості поточних алгоритмів порівняння продуктивності. Різноманітність набору рішень дає більше можливостей для ОПР.

Генетичні алгоритми, такі як генетичний алгоритм сортування-II (NSGA-II), що не домінує, і SPEA-2, стали стандартними підходами, хоча деякі зі схем, які основані на оптимізації групи рішень та імітації нормалізації, є багатозначним. Головна перевага генетичних алгоритмів – їх можна використати для пошуку рішень у дуже великих та складних просторах пошуку з різними цілями [13].

Метод MOORA створили Брауерс і Задавакіс у 2006 р. [3]. Це система співвідношень, у якій кожне відношення альтернативи до цілі порівнюється зі знаменником, який є сумою всіх відношень альтернатив до цієї цілі. Для цього знаменника найкращим вибором буде квадратний корінь з суми квадратів відношення кожної альтернативи до цілі:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}, \quad (2)$$

де x_{ij}^2 – відношення альтернативи j до цілі i ; $j = 1, 2, \dots, m$; m – кількість альтернатив; $i = 1, 2, \dots, n$; n – кількість цілей; x_{ij}^* – безвимірне число, а саме нормоване відношення альтернативи j до цілі i .

Безвимірні числа, що не мають конкретної одиниці вимірів, отримують, наприклад, відніманням, множенням чи діленням. Нормовані відношення альтернатив до цілей лежать в інтервалі $[0;1]$. Однак іноді інтервал може бути $[-1;1]$. Дійсно, наприклад, у разі зростання продуктивності праці деякі сектори, регіони або країни можуть показати зниження, замість збільшення продуктивності, тобто від'ємне безвимірне число. Наприклад, замість нормального росту продуктивності залишається можливим його зменшення. Отже, інтервал стає $[-1;1]$.

Розглянемо приклад продуктивності, яка має тенденцію до збільшення (позитивна).

Для оптимізації такі реакції будуть додані в разі максимізації та відняті при мінімізації:

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{j=g} x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{j=n} x_{ij}^* \quad (3)$$

де: $i = 1, 2, \dots, g$ – цілі, що мають бути максимізовані; $i = g+1, g+2, \dots, n$ – цілі, що треба звести до мінімуму; y_j^* – нормована оцінка варіанта j з урахуванням всіх цілей.

Порядкове ранжування y_j^* показує остаточний вибір. Дійсно, головні ваги можуть порівнюватись з порядковим ранжуванням, відповідно до Ерроу [1].

Одним з ключових моментів у методі MOORA є визначення важливості цілі в методі. Одна з цілей в x_{ij}^* не може бути важливішою за інші (див. формулу 3). Однак іноді необхідно підкреслити,

що деякі цілі є важливішими, ніж інші. Для того щоб надати цілі більшого значення, її можна помножити на коефіцієнт важливості. На рис. 2 подано блок-схему алгоритму MOORA. Детальніше алгоритм MOORA розглянуто у [3, 11].

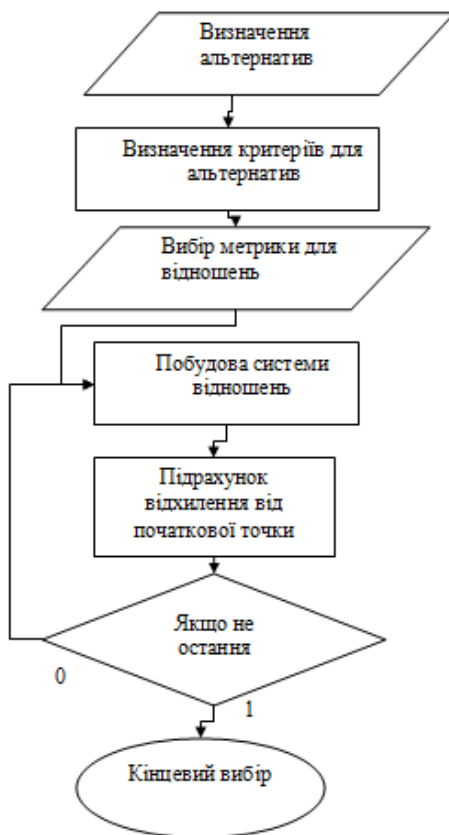


Рис. 2. Блок-схема алгоритму методу MOORA

Розроблення системи підтримки прийняття рішень

Структура СППР, яка реалізує багатоцільові методи, подана на рис. 3. Система підтримки прийняття рішень складається із трьох підсистем (S.1, S.2, S.3), які реалізують групи методів багатоцільової оптимізації та прийняття рішень.

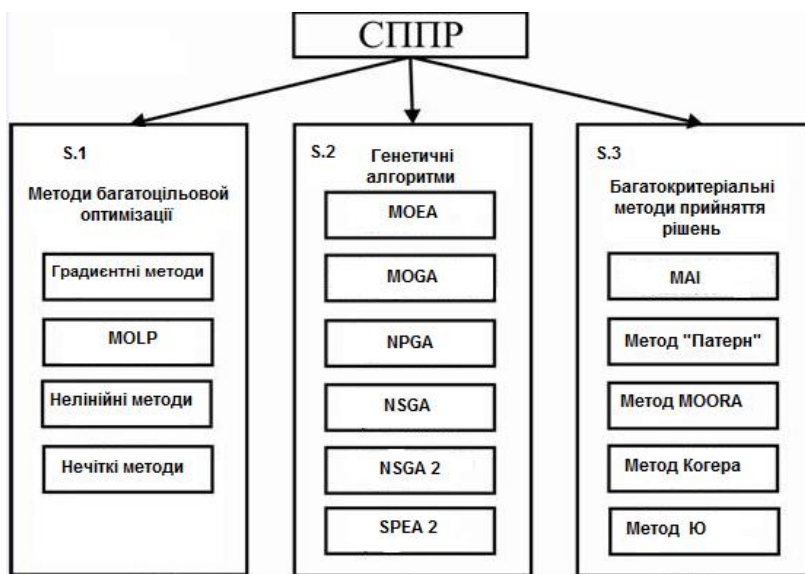


Рис. 3. Структура СППР для розв'язання багатоцільових задач

У підсистемі S.1 реалізовано методи багатоцільової оптимізації, такі як градієнтні методи (метод спряженого градієнта, градієнтний метод), метод багатоцільового лінійного програмування (MOLP), методи нелінійного програмування та методи нечіткої оптимізації.

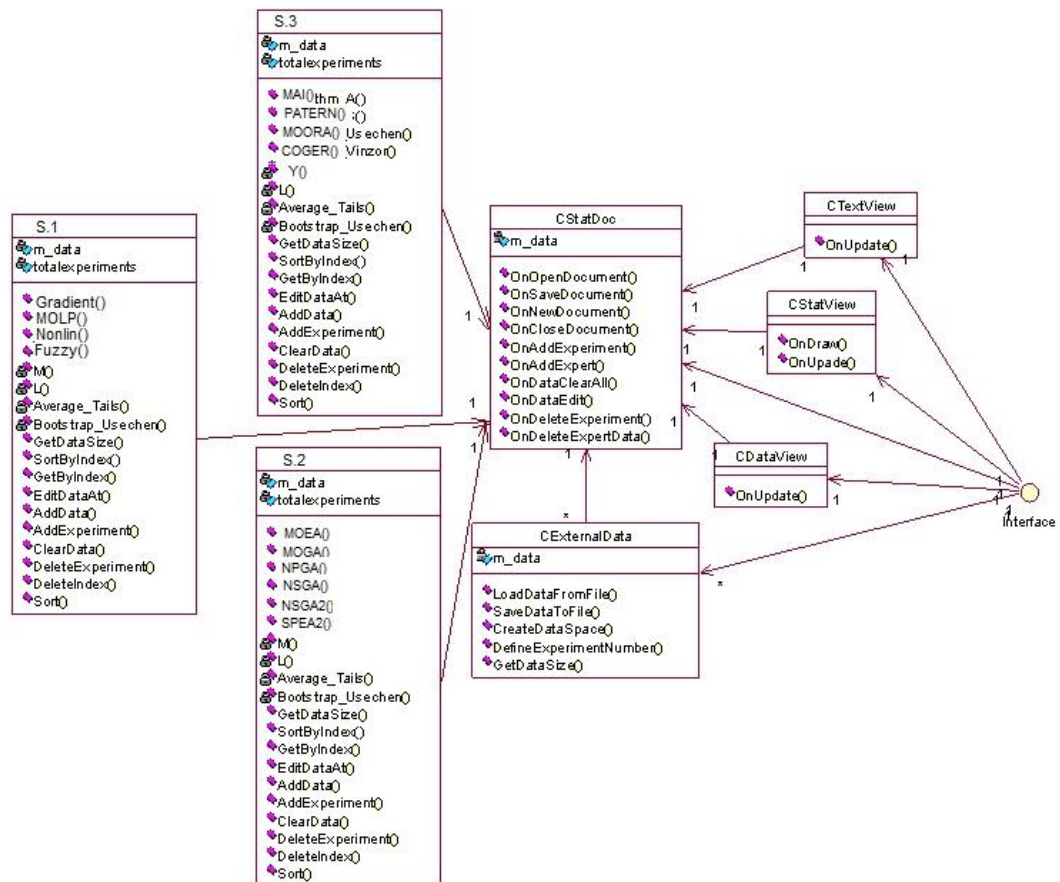


Рис. 4. Діаграма класів СПМР

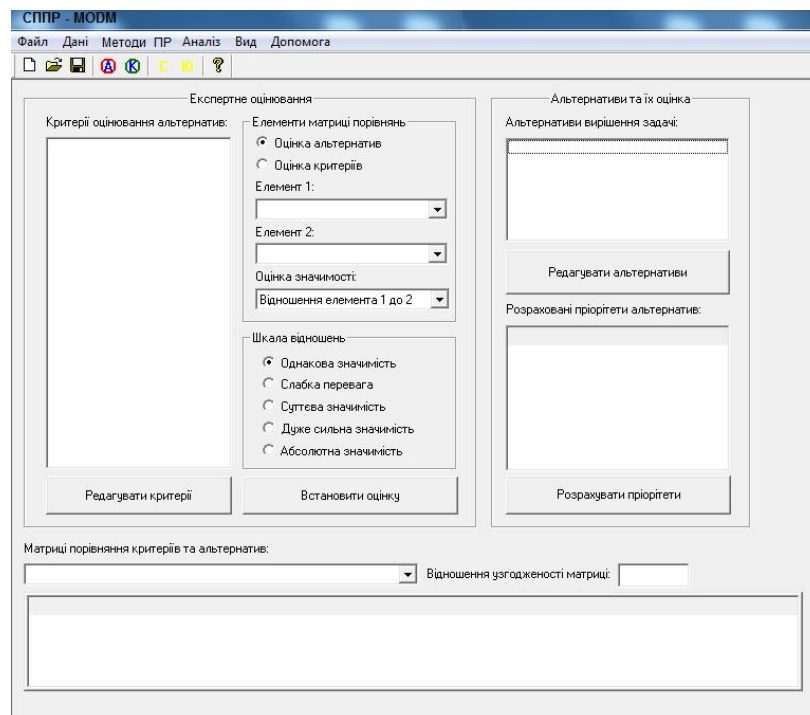


Рис. 5. Вигляд інтерфейсу СПМР

У підсистемі S.2 реалізовано еволюційні методи та генетичні алгоритми, які адаптовані для розв'язання багатокритеріальних задач.

У підсистемі S.3 реалізовано методи багатокритеріального прийняття рішень, такі як метод аналізу ієрархій, методи «Патерн», аналізу співвідношень, а також метод Когера і метод Ю.

Система підтримки прийняття рішень реалізована на C++. Проект розроблено за допомогою Rational Rose. Діаграма класів системи подана на рис. 4.

Вигляд інтерфейсу СППР подано на рис. 5.

Розроблений робочий проект системи проходив апробацію та тестування на розрахунок елементів інноваційних проектів. За допомогою розробленої системи були прораховані варіанти вибору етапів реінжинірингу інформаційних систем для підприємств теплопостачання [11]. Обчислено варіанти розвитку елементів міської інфраструктури. Результати роботи систем підтвердили ефективність багатоцільових методів для розв'язання багатокритеріальних задач.

Висновки

Для всебічного дослідження та вирішення багатоцільових завдань необхідно застосовувати системно методи багатоцільової оптимізації і багатоцільові методи прийняття рішень. Це можливо за умови побудови системи підтримки прийняття рішень. Ця система дає змогу розв'язувати багатоцільові задачі та задачі багатокритеріального прийняття рішень. Ефективність системи підтверджена розрахунками для інноваційних проектів.

1. Корнеев В.П., Рамеев О.А. Методы оптимизации: методы решения многокритериальных задач. – М.: ИКСИ, 2007. – С. 380.
2. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
3. Karel W., Brauers M., Zavadskas E., Peldschus F., Turskis Z. Multi-objective decision-making for road design // *TRANSPORT*. – 2008. – С.183–193.
4. Nijkamp P., University F., Spronk A. Interactive multiple goal programming // *Rotterdam Preliminary and Confidential Research Memorandum nr. 1978*.
5. Sadjadi S.J., Habibian M. and Khaledi V. A Multi-Objective Decision Making Approach for Solving Quadratic Multiple Response Surface Problems // *Int. J. Contemp. Math. Sciences*. – Vol. 3. – 2008. – №32. – С. 1595 – 1606.
6. Jared L. Cohon – *Multiobjective Programming and Planning*, – Academic press London 1978.
7. Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях: учебн.-метод. пособие. – СПб., 2007.
8. Lu J., Zhang G., Wu F. Multi-objective group decision making // *Imperia; college press*.
9. *Nonlinear Multi-objective Optimization*, Kluwer Academic. Publishers, Boston.
10. Гожий О.П. Використання методу «патерн» для вирішення задач багатокритеріального вибору та оцінювання // *Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили*. – Миколаїв, серія: Комп'ютерні технології. – Вип.104, Т.117 – С.80–87.
11. Гожий А.П., Краснов Н.Е. Организация выбора вариантов реинжиниринга информационных систем для предприятия теплоснабжения // *Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили* : Миколаїв, серія: Комп'ютерні технології. – Вип.143, Т.130 – С.100–108.
12. Chankong, V. and Haimes, Y. (1983). *Multiobjective decision making theory and methodology*.
13. New York: North-Holland. Van Veldhuisen D. A. (1999). *Multiobjective Evolutionary Algorithms: Classifications, Analyses and New Innovations*. PhD thesis, Department of Electrical and Computer Engineering. Graduate School of Engineering. Air Force Institute of Technology, Ohio.
14. Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill series in Quantitative Methods for Management.