

УДК: 519.816

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ
БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Каряка Н.В.

e-mail: nadiia.kariaka@nure.ua

Науковий керівник – канд. пед. наук, доц. Ситникова Ю.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра прикладної математики

м. Харків, Україна

This study is relevant because well-reasoned decisions must be made in complex management systems that require the simultaneous consideration of multiple conflicting criteria. Traditional optimisation methods do not always provide sufficiently accurate results in such conditions; therefore, multicriteria analysis approaches are appropriate. This study aims to examine the mathematical modelling of multicriteria choice and investigate the potential of hierarchical ranking methods, particularly TOPSIS, Fuzzy TOPSIS and AHP, for evaluating and ranking alternatives. The study illuminates the principles of model construction and the determination of criteria weights, as well as the use of ideal and anti-ideal solutions in the decision-making process. The analysis demonstrates the effectiveness of combining AHP and TOPSIS methods to improve the validity of the chosen option. The results obtained may be applied in decision-support systems, enterprise management, and risk assessment.

У класичних задачах математичної оптимізації формулюється задача пошуку мінімуму або максимуму (екстремуму) однієї цільової функції за заданих обмежень, що дозволяє знайти оптимальне рішення за одним критерієм. Такий підхід є основою теорії оптимізації та моделювання операцій, де пріоритетом є покращення одного показника. Проте у реальних прикладних задачах, зокрема в системах управління підприємствами, технічними та соціально-економічними процесами, таке формулювання недостатнє, оскільки одночасно потрібно врахувати кілька цілей, які можуть суперечити одна одній. Так, наприклад, необхідно скоротити витрати та підвищити надійність товару або ж одночасно підвищити швидкість доставки та зменшити транспортні витрати у логістичній системі. Зрозуміло, що в таких випадках класичний екстремум не визначений, оскільки різні критерії можуть суперечити один одному, і одночасно максимізувати або мінімізувати їх неможливо. Тому виникає потреба у багатокритеріальному аналізі, який дозволяє визначити компромісні або оптимальні рішення, враховуючи всі важливі показники одночасно.

Математичне моделювання багатокритеріального вибору включає побудову множини альтернатив, формування системи критеріїв оцінювання,

нормування показників, що мають різні одиниці виміру та застосування відповідних математичних методів для підсумкової оцінки альтернатив.

Існує велика кількість різних методів багатокритеріального вибору, проте в межах даної роботи розглядаються ієрархічно-рейтингові методи. Такі методи використовуються для задач, коли рішення необхідно приймати з урахуванням кількох показників одночасно, а їх суть полягає у тому, що складну задачу поділяють на окремі рівні, зокрема: мету, критерії оцінювання та можливі альтернативи. Все це дозволяє поступово перейти до визначення вагомості критеріїв і проводити порівняння альтернатив між собою за допомогою математичних процедур [1,3,5]. Загалом, такий підхід дозволяє отримати упорядковану оцінку альтернатив і обрати найбільш обґрунтований варіант. Завдяки цьому ієрархічно-рейтингові методи ефективно використовують у задачах управління, планування та підтримки прийняття рішень [2, 4].

Одним з найпоширеніших та найбільш логічних методів моделювання є метод TOPSIS або «Відстань до ідеалу», суть якого полягає у вимірюванні відстаней альтернатив до умовно створених «ідеальних» та «антиідеальних» рішень і виборі ефективного шляху за критеріями мінімізації [1]. Використання даного методу дозволяє розраховувати геометричну відстань кожної реальної альтернативи до цих двох точок. Найкращим рішенням вважається те, яке знаходиться найближче до «ідеалу» і водночас найвіддаленіше від «антиідеалу». Це дозволяє уникнути зайвих ризиків.

Для вирішення задач з нечіткими або неповними даними застосовується модифікований метод Fuzzy TOPSIS [5]. Розв'язання проблеми неповних даних, полягає у заміні чітких значень нечіткими множинами. Це дає змогу формалізувати лінгвістичні змінні та врахувати суб'єктивні оцінки при прийнятті рішень. Метод є універсальним і чітко виступає частиною гібридних моделей для оцінювання об'єктів у середовищі з високим рівнем невизначеності.

Для вирішення складних систем із суб'єктивними чинниками використовують метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process – AHP). Замість оцінювання окремих параметрів він дозволяє структурувати рішення у вигляді ієрархії критеріїв і альтернатив, використовуючи матрицю попарних порівнянь, де визначає пріоритетність одного критерія над іншим [3, 5]. Дана система є досить стійкою, скільки може виявити помилку у разі логічних суперечностей у судженні.

Поєднання AHP та TOPSIS створює синергію між експертною оцінкою пріоритетів та об'єктивним математичним ранжуванням. Використання AHP для визначення ваг критеріїв і TOPSIS для порівняння альтернатив підвищує стійкість системи управління. Практична цінність комбінації даних методів доведена при використанні стратегічного управління вибором технологій та управління ризиками.

Аналіз показав, що сучасна наукова тенденція орієнтована на автоматизацію процесу оцінювання результатів побудови моделей при використанні розглянутих методів. Реалізація таких моделей у спеціалізованих програмних середовищах дозволяє оперативно обробляти великі масиви даних. Це не лише прискорює процес прийняття рішень у складних системах управління, а й гарантує високу точність та математичну обґрунтованість управлінських кроків.

Таким чином, математичне моделювання багатокритеріального вибору виступає базовим інструментом сучасної теорії прийняття рішень. Воно забезпечує формалізовану оцінку альтернатив у ситуаціях із суперечливими критеріями та нечіткими даними, що дозволяє ефективно розв'язувати складні і прикладні задачі в умовах невизначеності. Варто зазначити, що багатокритеріальні задачі досить часто виникають у системах управління підприємствами, технічних та соціально-економічних процесах, і без продуманого формалізованого підходу їхнє рішення може бути малоефективним.

Список використаних джерел:

1. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. 3-є вид., перероб. Київ : «Видавництво Людмила», 2018. 292 с.
2. Chaube S., Pant S., Kumar A., Uniyal S., Singh M. K., Kotecha K., Kumar A. An overview of multi-criteria decision analysis and the applications of AHP and TOPSIS methods. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. 2024. Vol. 9, № 3. P. 581–615. DOI: <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2024.9.3.030>.
3. Ishak A., Wanli. Analysis of Fuzzy AHP-TOPSIS Methods in Multi Criteria Decision Making: Literature Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 1003. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1003/1/012147> (дата звернення: 04.03.2026).
4. Ogonowski P. Integrated AHP and TOPSIS method in the comparative analysis of the internet activities. *Procedia Computer Science*. 2022. Vol. 207. P. 4409–4418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.504>.
5. Taha H. A. Operations Research: An Introduction. 10th ed. Pearson, 2017. 848 p. URL: <https://zalamsyah.staff.unja.ac.id/wp-content/uploads/sites/286/2019/11/9-Operations-Research-An-Introduction-10th-Ed.-Hamdy-A-Taha.pdf> (дата звернення: 04.03.2026).