

УДК 004.942

Ольга Зінов'єва, старший викладач
кафедри комп'ютерних наук,
Віталіна Галчанська, асистент
кафедри комп'ютерних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ В УМОВАХ НЕПОВНОЇ ТА НЕВИЗНАЧЕНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Анотація. У статті розглядаються особливості застосування нечітких методів багатокритеріального прийняття рішень в умовах неповної та невизначеної вхідної інформації

Ключові слова: нечітка логіка, метод аналізу ієрархій, метод TOPSIS, підтримка прийняття рішень, багатокритеріальний аналіз, неповна інформація.

Abstract. The article considers the features of the application of fuzzy methods of multi-criteria decision-making in conditions of incomplete and uncertain input information

Keywords: fuzzy logic, analysis of hierarchy method, decision support, multi-criteria analysis, incomplete information.

В сучасних умовах розвитку інформаційних технологій та зростання складності управлінських процесів особливої актуальності набувають задачі підтримки прийняття рішень. У багатьох практичних ситуаціях особа, яка приймає рішення, змушена працювати в умовах невизначеності, неповноти даних, неоднозначності оцінок та впливу суб'єктивних факторів. Для вирішення таких задач застосовуються методи багатокритеріального прийняття рішень. Поєднання нечіткої логіки з методами багатокритеріального аналізу дозволяє враховувати експертні оцінки, лінгвістичні змінні та неповну інформацію, що значно підвищує адекватність та гнучкість процесу прийняття рішень [1].

Теорія нечіткої логіки була запропонована американським вченим Лотфі Заде у 1965 році. Основна ідея нечіткої логіки полягає у тому, що багато реальних

понять не можуть бути описані лише за допомогою класичної двійкової логіки, де значення змінної дорівнює або 0, або 1.

В реальних задачах оцінки часто мають нечітко виражений характер, наприклад: «високий рівень ризику», «середня ефективність», «низька вартість», «достатньо надійна система». Нечітка логіка дозволяє формалізувати такі оцінки за допомогою функцій належності. Елемент може частково належати до множини зі ступенем належності від 0 до 1.

Для представлення нечітких оцінок часто використовують трикутні нечіткі числа, функція належності яких може бути задана виразом:

$$\mu = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & c \leq x, \end{cases}$$

де b – мода або чітке значення трикутного нечіткого числа, a та c - характеризують ступінь розмитості чіткого числа.

Таке представлення дозволяє враховувати невизначеність експертних оцінок та неповноту інформації.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) був запропонований Томасом Сааті та є одним з найпоширеніших методів багатокритеріального прийняття рішень. Суть методу полягає в декомпозиції складної задачі на ієрархічну структуру, яка складається з мети, рівня критеріїв та підкритеріїв, рівня альтернатив. Метод аналізу ієрархій був розроблений для полегшення завдання вибору однієї з наявних альтернатив у тих випадках, коли потрібне багатофакторне порівняння альтернатив, при цьому не завжди таке порівняння проводиться за кількісними характеристикам.

У класичному методі аналізу ієрархій виконується попарне порівняння критеріїв та альтернатив за шкалою Сааті. Наприклад, експерт визначає, наскільки один критерій важливіший за інший.

У реальних задачах експерти часто не можуть надати точні числові оцінки важливості критеріїв. Наприклад, при оцінюванні інформаційної системи експерт може стверджувати, що критерій безпеки є значно важливішим за критерій вартості, однак важко визначити точне числове співвідношення. Саме тому класичний метод аналізу ієрархій був модифікований із використанням нечіткої логіки. В нечіткому МАІ для переведення вербальних суджень експертів у ТНЧ використовується стандартна лінгвістична шкала (табл. 1):

Таблиця 1. Відповідність лінгвістичних оцінок і трикутних нечітких чисел

Лінгвістична оцінка	Шкала Сааті	Трикутні нечіткі числа
Однаково важливо	1	(1,1,1)
Помірна перевага	3	(2,3,4)
Суттєва перевага	5	(4,5,6)
Значна перевага	7	(6,7,8)
Абсолютна перевага	9	(8,9,9)

Нехай задано n критеріїв. Матриця парних порівнянь у нечіткій формі: $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$, де $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ - трикутні нечіткі числа. Алгоритм Чанга [3] передбачає такі кроки:

1) На першому кроці засобами нечіткої арифметики розраховуються суми по рядках матриці:

$$RS_i = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{j=1}^n u_{ij} \right), \quad i = 1 \dots n$$

2) На другому кроці нормалізуються ці суми:

$$\tilde{S}_i = \frac{RS_i}{\sum_{j=1}^n RS_j},$$

3) Розраховується ступінь можливості того, що $S_i \geq S_j$:

$$V(S_i \geq S_j) = \begin{cases} 1, & m_i \geq m_j, \\ \frac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)}, & l_j \leq u_j, \quad i, j = \overline{1, n}; \\ 0 & \text{other} \end{cases}$$

4) Розраховується ступінь можливості того, що S_i переважає всі інші нечіткі числа:

$$V(S_i \geq S_j | j = \overline{1, n}; j \neq i) = \min_{j \in \{1, \dots, n\}, j \neq i} V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j), \quad i = 1, \dots, n.$$

5) Визначається вектор пріоритетів $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ нечіткої матриці:

$$w_i = \frac{V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j | j = 1, \dots, n; j \neq i)}{\sum_{k=1}^n V(\tilde{S}_k \geq \tilde{S}_i | j = 1, \dots, n; j \neq k)}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Результатом є чіткий вектор ваг $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, де нечіткість претворено через ступінь можливості.

Попри значні переваги, метод має певні обмеження:

- складність математичних розрахунків;
- залежність від компетентності експертів;
- значні обчислювальні витрати;
- складність побудови функцій належності;
- можливість різних результатів при використанні різних методів дефазифікації.

Проте завдяки розвитку сучасного програмного забезпечення та систем підтримки прийняття рішень використання Fuzzy АНР стає дедалі доступнішим у практичних застосуваннях.

Нечіткі методи багатокритеріального вибору альтернатив є ефективним інструментом підтримки прийняття рішень в умовах неповної інформації та невизначеності. Використання нечіткої логіки дозволяє враховувати суб'єктивні експертні оцінки, лінгвістичні змінні та неточність даних.

Список використаних джерел

1. Рясна І. І., Сенько І. О., Сенько О. Є. Нечіткий підхід до моделювання та розв'язування задач упорядкування та вибору. *Вісник ХНТУ* 2022. № 3(82). С. 74-82.
2. Da-Yong Chang. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. 1996. Vol. 95, Issue 3. P. 649-655.