

## КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ АЛЬТЕРНАТИВ

*В этой статье проанализированы существующие методы многокритериального анализа альтернатив. Проведена классификация множества критериев оценивания альтернатив. Предложен комбинированный метод многокритериального анализа альтернатив, синтезированный на базе метода Т.Саати и модифицированного метода справедливого компромисса. Данный метод позволяет учитывать при анализе альтернатив как количественные, так и качественные критерии оценивания, критерии с разными единицами измерения, критерии I-го и II-го типов; имеет механизм определения степени важности критериев оценивания.*

### **Вступ**

У будь-якій сфері людської життєдіяльності перед людиною завжди стояла проблема вибору найоптимальнішого, найкращого варіанту з можливого їх різноманіття. В ході воєнних дій, в політиці, при управлінні підприємством, при виборі автомобіля чи варіанта обміну квартири людина аналізує всі наявні альтернативи, але мусить прийняти єдине правильне рішення. Іноді неправильно прийняте рішення може призвести до негативних наслідків, тому актуальним є питання багатокритеріальної оцінки альтернатив, якому присвячено багато праць, зокрема [1-3].

Об'єктом розгляду в даній статті постають багатокритеріальні задачі прийняття рішення. В даному дослідженні особлива увага приділяється задачам прийняття рішень, для вирішення яких необхідно проводити аналіз варіантів з урахуванням як кількісних, так і якісних критеріїв оцінювання. Саме такі задачі є предметом нашого дослідження.

На даний момент існує багато методик прийняття рішення, однак більшість з них не дозволяють враховувати всі особливості критеріїв оцінювання варіантів. Лише невелика кількість відомих методів багатокритеріального прийняття рішення дозволяють враховувати кількісні і якісні критерії оцінювання. Однак вони є досить громіздкими, кількісні критерії розглядають як якісні, що вносить певну долю суб'єктивізму в процес прийняття рішення. Тому метою нашої роботи є розробка методу багатокритеріального аналізу альтернатив, який би

дозволяв враховувати як кількісні критерії оцінювання, так і якісні; був нечутливим до одиниць вимірювання; мав механізм визначення ваг критеріїв оцінювання; мінімізував долю суб'єктивних чинників в процесі прийняття рішення.

### **Аналіз методів багатокритеріального прийняття рішення**

На сьогоднішній день серед найпопулярніших та найпоширеніших методів багатокритеріальної оцінки альтернатив розглядають метод аналізу ієрархій (MAI, англ. назва методу – Analytic hierarchy process), метод парних порівнянь Томаса Сааті [3] та метод ELECTRE [4].

У MAI будь-яка задача попередньо структурується і подається у вигляді мережевої ієрархії. Основна мета дослідження і всі фактори, що в тій чи іншій мірі впливають на досягнення мети, розподіляються по рівнях залежно від ступеня і характеру їх впливу. На першому рівні ієрархії завжди знаходиться одна вершина – ціль проведеного дослідження. Другий рівень ієрархії складають фактори, що безпосередньо впливають на досягнення мети. Третій рівень складають фактори, від яких залежать вершини 2-го рівня, і т.д. По закінченню побудови ієрархії для кожної материнської вершини проводиться оцінка вагових коефіцієнтів, які визначають ступінь її залежності від вершин більш низького рівня. Однак MAI не пристосований до використання якісних критеріїв оцінювання. Метод Сааті як модифікація MAI базується на реалізації процесу аналізу об'єктів за множиною якісних критеріїв при проведенні парного порівняння кожного варіанту за кожним з визначених критеріїв. У результаті оцінювання отримують множини часткових порівняльних характеристик усіх об'єктів. Проте методом Сааті не передбачена можливість визначення інтегрального критерію оцінювання для ранжування об'єктів. Можливість використання різних типів критеріїв у варіантному аналізі об'єктів обумовило популярність розглянутих методів, які, однак, мають суттєвий недолік, що полягає в необхідності знаходження власного вектора матриці парних порівнянь. При чому складність розрахунків збільшується при збільшенні розмірності універсальної множини, на якій задаються лінгвістичні змінні.

Метод ELECTRE також дозволяє враховувати кількісні і якісні критерії оцінювання. Проте тут усі критерії приводяться до типу «чим більше, тим краще» шляхом використання дискретних порядкових шкал для кожного критерію, градуювання яких проводить сам експерт, що вносить деяку суб'єктивність у процес прийняття рішення. Для визначення ваг критеріїв оцінювання метод ELECTRE використовує технологію простого ранжування критеріїв за важливістю (від більш важливого до менш важливого), що в свою чергу обмежує точність визначення ваг. Крім того, цей метод характеризується складними та громіздкими розрахунками, які не завжди дають можливість однозначного визначення найкращої альтернативи.

### **Класифікація множини критеріїв оцінювання альтернатив**

З [4] відомо, що критерії оцінювання альтернатив можуть бути кількісними та якісними. В зв'язку з цим можна виділити такі можливі варіанти множини критеріїв оцінювання:

- *кількісна*: оцінки за всіма критеріями кількісні;
- *якісна*: оцінки за всіма критеріями якісні;
- *кількісно-якісна*: оцінки передбачають комплексний підхід до вибору критеріїв із забезпеченням моделей проведення оцінювання за будь-яким із типів критеріїв.

При аналізі критеріїв виділяють два основних різних типи: I тип – «чим більше, тим краще»; II тип – «чим менше, тим краще».

Критерій типу «чим більше, тим краще» базується на твердженні, що чим вищою є оцінка за цим критерієм, незалежно від його характеристик, тим кращою є альтернатива за цим критерієм (наприклад, «коефіцієнт корисної дії», «зручність користування» і т.д.). Критерій типу «чим менше, тим краще» відповідно характеризується тим, що чим нижчою є оцінка за цим критерієм, незалежно від того кількісна вона, чи якісна, тим кращою є альтернатива за цим критерієм (наприклад, «величина похибки», «складність використання» тощо).

Крім того, множина критеріїв оцінювання може мати однорідну та неоднорідну шкалу вимірювання. В останньому випадку передбачається нормування оцінок критеріїв.

Вибір методу багатокритеріального прийняття рішення залежить від типу множини обраних критеріїв оцінювання варіантів залежно від конкретних вимог поставленої задачі.

### **Комбінований метод багатокритеріального аналізу альтернатив**

З урахуванням розглянутих вище вимог пропонуємо розробку та реалізацію комбінованого методу багатокритеріального аналізу альтернатив, який синтезовано на базі методу парних порівнянь Т.Сааті [3], методу проведення обробки результатів оцінювання Заде [5] та модифікованого методу справедливого компромісу [4]. Такий метод дозволить у процесі прийняття рішення врахувати особливості множини критеріїв оцінювання, а саме: її кількісно-якісний склад, наявність критеріїв I-го та II-го типів, критеріїв з різними одиницями вимірювання. При цьому слід передбачити механізм вагового ранжування критеріїв оцінювання за умов їх нерівноважності.

В основу комбінованого методу багатокритеріального оцінювання покладемо алгоритм:

1. Формується множина альтернатив:

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}.$$

2. Формується множина критеріїв оцінювання:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}.$$

3. Проводиться ранжування критеріїв оцінювання за умови їх нерівноважності.

Вагу  $w_j$  часткових критеріїв  $c_j$  слід визначати, користуючись методикою нечітких парних порівнянь [3].

4. Визначення нормованих інтегральних оцінок альтернатив за кількісними критеріями.

4.1 Кількісні оцінки альтернатив нормуються за кожним з критеріїв оцінювання (в частках від одиниці):

$$e_{\kappa_{ij}}^{nor} = \frac{e_{\kappa_{ij}}}{\sum_{i=1}^n e_{\kappa_{ij}}} \quad (1)$$

4.2 Для критеріїв II-го типу («чим менше, тим краще») оцінки альтернатив знаходяться, як

$$1 - e_{\kappa_{ij}}^{nor} \quad (2)$$

4.3 Визначення інтегральних оцінок альтернатив за кількісними критеріями проводиться з урахуванням ваг критеріїв за модифікованим методом справедливого компромісу:

$$E_{\kappa_i} = \prod_{j=1}^m (e_{\kappa_{ij}}^{nor})^{w_j} \quad (3)$$

4.4 Проводиться нормування кожної інтегральної оцінки за кількісними показниками:

$$E_{\kappa_i}^{nor} = \frac{E_{\kappa_i}}{\sum_{i=1}^n E_{\kappa_i}} \quad (4)$$

5. Визначення нормованих інтегральних оцінок альтернатив за якісними критеріями.

5.1 Для альтернатив за кожним з якісних критеріїв складаються матриці парних порівнянь на основі 9-ти бальної шкали Сааті:

$$A^l = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_1 & v_2 & \dots & v_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11}^l & a_{12}^l & \dots & a_{1n}^l \\ a_{21}^l & a_{22}^l & \dots & a_{2n}^l \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}^l & a_{n2}^l & \dots & a_{nn}^l \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

5.2 Для кожної альтернативи за кожним якісним критерієм проводиться нормування результатів оцінювання:

$$e_{\text{як}_{ij}}^{nor} = \frac{1}{a_{i1}^l + a_{i2}^l + \dots + a_{in}^l} \quad (6)$$

5.3 Визначення інтегральних оцінок альтернатив за якісними критеріями проводиться з урахуванням ваг критеріїв за модифікованим методом справедливого компромісу:

$$E_{\text{як}_i} = \prod_{j=1}^m (e_{\text{як}_{ij}}^{nor})^{w_j} \quad (7)$$

5.4 Проводиться нормування кожної інтегральної оцінки за якісними показниками:

$$E_{як_i}^{нор} = \frac{E_{як_i}}{\sum_{i=1}^n E_{як_i}} \quad (8)$$

6. Визначення найкращої альтернативи.

6.1 За методом справедливого компромісу знаходиться загальний інтегральний критерій оцінювання:

$$E_{заг_i} = E_{к_i}^{нор} \cdot E_{як_i}^{нор} \quad (9)$$

6.2 Найкращою визнається та альтернатива, значення загального інтегрального критерію якої є найбільшим.

### Висновки

Запропонований комбінований метод багатокритеріального аналізу альтернатив базується на використанні експертних оцінок парних порівнянь за 9-ти бальною шкалою Сааті та реалізації модифікованого методу справедливого компромісу для отримання інтегрального критерію оцінювання варіантів. Визначальними характеристиками розробленого методу є можливість використання як кількісних, так і якісних критеріїв I-го та II-типів та простота обробки результатів оцінювання, що не вимагає процедури скаляризації. Метод є незалежним від ширини шкали вимірювання критеріїв. У моделі реалізації розробленого методу передбачено впровадження технології вагового ранжування критеріїв у процес прийняття рішення, що підвищує об'єктивність результатів. Вплив суб'єктивних факторів зведено до мінімуму шляхом використання експертних оцінок лише для аналізу варіантів за якісними критеріями.

Запропонований метод має універсальний характер і може використовуватись в різних галузях для проведення багатокритеріального аналізу об'єктів.

### Література:

1. Ротштейн О.П., ПетухА.М., Петренко М.І., Войтко В.В. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем/ Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах — Хмельницький, 1998, №2. — С.118-125.
2. Саати Т, Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 224с.
3. Saaty T.L. Measurin the fuzziness off sets|| I. Cybernetics.—1974.—vol.4—p.53-61.
4. Колодий В.В. Основи теорії прийняття рішень. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 70с.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближённых решений.—М.: Мир. 1976.—165с.