

УДК 355.814

**КОМПЛЕКСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОМІРНОГО
ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ В СППР**

М.М. Потьомкін

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

e-mail: favorite_p@mail.ru

Багатокритеріальні задачі прийняття рішень являють собою особливо складний клас задач для системи переробки інформації, притаманній людині. Тому аналіз багатокритеріальних альтернатив, які подають на розгляд особі, що приймає рішення, (ОПР) як рекомендації СППР являє собою нетривіальне завдання. Наявність багатьох критеріїв призводить до великого навантаження на ОПР, примушуючи її використовувати різні евристичні правила. Однак в багатокритеріальних задачах звичні евристики часто призводять до протиріч та порушень раціональності [1]. Тому перед СППР стоїть не тільки завдання пошуку альтернативних раціональних рішень, а й завдання обґрунтування пропозицій, на основі яких ОПР, зробить остаточний вибір.

Одним зі шляхів підвищення обґрунтованості вибору найкращих багатокритеріальних альтернатив із множини заданих, на наш погляд, є комплексне використання декількох методів багатомірного порівняльного аналізу та співставлення результатів, отриманих за ними. Причому, для підтвердження результатів або рельєфного висвітлювання можливих неузгодженостей обрані методи повинні ґрунтуватись на принципово різних концептуальних засадах.

Для перевірки наведених міркувань було вирішено дослідити доцільність комплексного використання трьох багатомірних методів порівняльного аналізу: удосконаленого методу таксономії, модифікованого методу ELECTRE та методу рівної імовірності [2].

Вибір цих методів пояснюється тим, що вони, з одного боку, використовують принципово різні підходи до визначення найкращої альтернативи з множини заданих, а, з іншого, – ґрунтуються на досить простих вихідних ідеях.

Сутність удосконаленого методу таксономії полягає в ранжуванні альтернатив за узагальненим показником переваги

$$\alpha_i = C_{i0} / C_{iz}, i = 1, \dots, N,$$

де C_{i0} , C_{iz} – відстані між найкращою точкою, між найгіршою точкою та точками, які відповідають наявним альтернативам, відповідно; N – кількість альтернатив, що порівнюються;

при цьому менші значення α_i будуть відповідати більш ефективній альтернативі.

За орієнтир для порівняння може слугувати значення $\alpha = 1$. У цьому разі віддалення від найкращого та найгіршого варіантів є однаковим, і таку альтернативу можна охарактеризувати як середню за ефективністю. У разі $\alpha > 1$ можна стверджувати, що альтернатива за більшістю показників наближається до найгіршого варіанта, а для $\alpha < 1$ – до найкращого.

Модифікований метод ELECTRE, що заснований на відносному попарному порівнянні багатокритеріальних альтернатив, розроблений для визначення ядра без додаткового залучення експертів. Особливістю цього методу, як і всієї групи методів ELECTRE [1], є те, що він не визначає кількісний показник переваги альтернативи, а встановлює лише наявність чи відсутність переваги однієї альтернативи над іншою.

Сутність модифікованого методу ELECTRE полягає в попарному порівнянні альтернатив (A та B) з урахуванням важливості показників ефективності, на основі

індексів згоди (C_{AB} , C_{BA}) та незгоди (d_{AB} , d_{BA}) без залучення експертів для побудови ядра.

Для розрахунку зазначених індексів висувається гіпотеза про перевагу альтернативи A над альтернативою B та формуються три підмножини: I^+ - підмножина показників ефективності, за якими A переважає B ; I^- - підмножина показників ефективності, за якими A та B однакові; I^0 - підмножина показників ефективності, за якими B переважає A .

Індекс згоди з гіпотезою про перевагу альтернативи A над альтернативою B підраховується з урахуванням вагових коефіцієнтів показників

$$C_{AB} = \sum_{i \in I^+, I^0} w_i / \sum_{i=1}^R w_i,$$

а модифікований індекс незгоди розраховується за формулою

$$d_{AB} = \max_{i \in I^-} \frac{E_B^i}{E_A^i},$$

та показує максимальну перевагу альтернативи B над A на підмножині I^- .

Значення індексів згоди C_{BA} та незгоди d_{BA} розраховуються аналогічно.

Висновок про перевагу альтернативи A над альтернативою B здійснюється на основі логічних правил, наведених в таблиці 1.

Таблиця 1

Правила, за якими приймається рішення щодо віднесення альтернатив до ядра

Умови	Опис умови	Належність до ядра
$C_{AB} > C_{BA}$, $d_{AB} > d_{BA}$.	За індексом згоди A краща За індексом незгоди A гірша	A, B
$C_{AB} > C_{BA}$, $d_{AB} = d_{BA}$.	За індексом згоди A краща За індексом незгоди однакові	A
$C_{AB} > C_{BA}$, $d_{AB} < d_{BA}$.	За індексом згоди A краща За індексом незгоди A краща	A
$C_{AB} = C_{BA}$, $d_{AB} > d_{BA}$.	За індексом згоди однакові За індексом незгоди A гірша	B
$C_{AB} = C_{BA}$, $d_{AB} = d_{BA}$.	За індексом згоди однакові За індексом незгоди однакові	A, B
$C_{AB} = C_{BA}$, $d_{AB} < d_{BA}$.	За індексом згоди однакові За індексом незгоди A краща	A
$C_{AB} < C_{BA}$, $d_{AB} > d_{BA}$.	За індексом згоди A гірша За індексом незгоди A гірша	B
$C_{AB} < C_{BA}$, $d_{AB} = d_{BA}$.	За індексом згоди A гірша За індексом незгоди однакові	B
$C_{AB} < C_{BA}$, $d_{AB} < d_{BA}$.	За індексом згоди A гірша За індексом незгоди A краща	A, B

Відповідно до [2] сутність оптимізації за методом рівної імовірності полягає в пошуку такої альтернативи, якій відповідає максимальне середнє значення показників ефективності, тобто знаходиться альтернатива, якій відповідає

$$\max_i \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^R Z_{ij} \right], i = 1, \dots, N,$$

де Z_{ij} – значення показників, за якими порівнюють альтернативи; R – кількість показників.

Практичну перевірку доцільності використання запропонованого підходу покажемо на декількох прикладах. При цьому альтернативи, які розглядаються в прикладах, є Парето-ефективними, а розрахунки будемо проводити для нормованих та центрованих значень показників ефективності.

Вихідні дані та результати ранжування за вдосконалим методом таксономії для першого прикладу наведені в табл. 2 ($w_1 = 3$, $w_2 = 2$, $w_3 = 1$, всі показники потребують мінімізації). За модифікованим методом ELECTRE до ядра входить варіант № 2. Розрахунки показали, що за методом рівної імовірності найкращим варіантом також є варіант № 2.

Аналіз даних, наведених у таблиці, свідчить, що на розгляд ОПР доцільно подати варіант № 2 як найкращий, що підтверджено всіма методами розрахунків, тобто така рекомендація вбачається найбільш обгрунтованою.

Таблиця 2

Значення показників ефективності альтернатив та результати їхнього ранжування за таксономією для першого прикладу

№	E_1	E_2	E_3	α_i	Пріоритет
1	180	70	10	1.4376	4
2	170	40	15	0.5852	1
3	160	55	20	1.0000	3
4	150	50	25	0.8711	2

Другим розглянемо приклад, вихідні дані для якого та результати ранжування за таксономією наведені в табл. 3 (показники ефективності мають однакову важливість, показник E_3 підлягає максимізації, а інші – мінімізації). За модифікованим методом ELECTRE ядро складається з однієї альтернативи № 6. Кращою за методом рівної імовірності є альтернатива № 3.

Таблиця 3

Значення показників ефективності альтернатив та результати їхнього ранжування за таксономією для другого прикладу

i	E_1	E_2	E_3	α_i	Пріоритет
1	10	8	0.29	0.6891	7
2	24	16	0.86	0.4650	4
3	30	8	0.86	0.2604	1
4	60	5	0.86	0.4039	3
5	120	3	0.86	0.8098	8
6	1	2	0.26	0.5926	6
7	1	15	0.64	0.4972	5
8	10	15	0.85	0.3856	2
9	10	30	0.95	0.8250	9

Аналіз даних, наведених у табл. 3, свідчить, що результати розрахунків за методом рівної імовірності та таксономією збіглися. В той же час, варіант № 6, який є найкращим за ELECTRE, не є кращим за методом рівної імовірності, а за таксономією знаходиться лише на 6 місці, тобто результати розрахунків є розбіжними. При цьому необхідно зазначити, вибір за ELECTRE (в порівнянні з найкращим за таксономією та за методом рівної імовірності) також не позбавлений логіки: він у 30 разів кращий за першим показником, у 4 рази кращий за другим показником і лише в 3,3 рази гірший за третім.

Наявність такої неузгодженості результатів розрахунків за трьома методами може бути пояснена дуже незбалансованими значеннями показників ефективності, які характеризують альтернативи. Так, перший показник змінюється в 120 разів, другий – в 15, а третій – лише в 3,7. Подолання такої неузгодженості потребує або додаткового введення обмежень на значення показників ефективності, або урахування їхніх відносних важливостей чи обох цих заходів разом.

Наприклад, якщо покласти, що значення першого показника не повинне перевищувати 25, а третій показник не повинен виходити за межі $\{0,7; 0,9\}$, тоді припустима множина альтернатив зменшується до двох (табл. 4). При цьому діапазон змінювання показників не перевищує 2,4 рази.

У цьому разі ELECTRE визначає ядро, до якого входить лише один варіант (№ 8), який є кращим як за таксономією, так і за методом рівної імовірності. Тобто за умови накладення додаткових обмежень найкращі варіанти за трьома методами збіглися.

Таблиця 4

Значення показників ефективності альтернативних варіантів системи та результати їхнього ранжування за таксономією після накладання додаткових обмежень

i	E_1	E_2	E_3	Π	α_i
2	24	16	0.86	2	0.7217
8	10	15	0.85	1	0.6957

Наведені приклади ілюструють можливі варіанти співвідношення розв'язків, отриманих за трьома методами, а також деякі шляхи усунення можливих неузгодженостей.

У разі, коли повної узгодженості результатів досягти не вдалося, або за необхідності надання ОПР для вибору декількох альтернативних варіантів, необхідно враховувати таке. Виходячи з особливостей короткотермінової пам'яті людини [1] та напруженості роботи ОПР, кількість таких варіантів не повинна перевищувати 5. В той же час значення узагальненого показника переваги α_i за таксономією не повинне сягати 1 (для вибору альтернатив, кращих за середню). Тому для подальшого розгляду ОПР доцільно надати лише ті з перших п'яти, для яких умова $\alpha_i < 1$ виконується.

Аналіз проведених розрахунків свідчить, що комплексне використання методів багатомірного порівняльного аналізу в СППР (зокрема, удосконаленого методу таксономії, модифікованого методу ELECTRE та методу рівної імовірності) дозволяє підвищити обґрунтованість рекомендацій СППР шляхом вибору багатокритеріальних альтернатив з множини заданих на основі порівняння результатів розрахунків за трьома методами.

Подальший розвиток проведених досліджень ми вбачаємо в перевірці запропонованого підходу на більшому обсязі вихідних даних та розширенні переліку використовуваних багатомірних методів порівняльного аналізу.

Список літератури

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
2. Балыбин В.М., Лунев В.С., Муромцев Д.Ю., Орлова Л.П. Принятие проектных решений / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 80 с.