

- [5] V. Kozhemyako, L. Timchenko, A. Yarovy, Methodological Peculiarities of Neural-Like Network Model for Pyramidal and Parallel-Hierarchical Processing of Digital Information // Advances in Electrical and Computer Engineering, "Stefan cel Mare" University of Suceava, Romania. – 2008. – №2, Vol 2. – pp.54-60.
- [6] Neural network image synthesis method for use in computer vision, Jia, Jiancheng; Cao, En. Proc. SPIE Vol. 1827, p. 19-28, Model-Based Vision, Hatem N. Nasr; Rodney M. Larson; Eds.
- [7] Texture synthesis by a neural network model, B. B. Chaudhuri Contact Information and P. Kundu, Computer Vision and Pattern Recognition Unit, Indian Statistical Institute, 203 B.T. Road, 700 035 Calcutta, India
- [8] Textured Image Synthesis and Segmentation via Neural Network Probabilistic Modeling, by Jenq-Neng Hwang Eric, Eric Tsung-yen Chen. Information Processing Laboratory. Department of Electrical Engineering, FT-10. University of Washington. Seattle, WA 98195

Програмна реалізація багатокритеріальних методів прийняття рішень

Валерій Льовкін

Кафедра програмних засобів, Запорізький національний технічний університет, Україна,
м.Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, e-mail: lyovkin@card.zp.ua

Abstract: Software support of multicriterion decision making methods is presented in the introduced work. Theoretical base of the Analytic Hierarchy Process, Analytic Network Process, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Method of the Worst Case is given in this paper. The use of these 4 methods is automatized by software product, which is created during the research. With the help of the program the problem of multicriterion decision making can be solved simultaneously by 4 methods. The conditions of methods use were analyzed in the introduced paper.

Keywords: multicriterion decision making, Analytic Hierarchy Process, Analytic Network Process, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Method of the Worst Case, software support.

I. Вступ

Проблема багатокритеріального прийняття рішень полягає в тому, що модель, яка описує множини допустимих рішень, об'єктивна, але якість рішення оцінюється за багатьма критеріями. Для вибору найкращого варіанту рішення необхідно встановити компроміс між оцінками за різними критеріями. В умовах задач відсутня інформація, яка б дозволяла знайти такий компроміс, а тому він не може бути визначений на основі об'єктивних розрахунків.

Аналіз багатьох реальних практичних проблем, з якими зіштовхувались спеціалісти з дослідження операцій, природним чином призвів до появи класу задач багатокритеріального прийняття рішень.

Саме для розв'язання такого класу задач і розроблені багатокритеріальні методи прийняття рішень.

II. Багатокритеріальні методи прийняття рішень

Класичним методом, що використовується для розв'язання проблем багатокритеріального прийняття рішень, є метод аналізу ієрархій (MAI) [1]. Така позиція MAI пояснюється наступними перевагами:

– даний метод дозволяє особам, що приймають рішення (ОПР), вимірювати відносну перевагу

проектів, включаючи прибутки, затрати, ризики та можливості;

– MAI може використовуватися організацією будь-якого ступеня зрілості, адже порівняння виконуються як у числовому вигляді, так і у вигляді суб'єктивних суджень;

– структура моделі для виконання вибору дозволяє систематично виконувати оптимізацію портфолію.

MAI базується на 4 основних аксіомах:

а) зворотна симетричність: якщо $P_C(E_A, E_B)$ – попарне порівняння елементів А та В по відношенню до їх батьківського елемента С, яке відображає, у скільки разів більше елемент А володіє властивістю ніж елемент В, тоді В переважає А у $P_C(E_B, E_A) = 1/P_C(E_A, E_B)$ разів;

б) гомогенність: елементи, що порівнюються, не повинні дуже сильно різнитись, тому що це може призвести до великих помилок у судженнях людей;

в) елементи на нижчих рівнях залежать від рівня ієрархії, що безпосередньо межує з ними, в той час як елементи на вищих рівнях не залежать від елементів на нижчих рівнях;

г) результати аналізу можуть відповідати очікуванням експертів тільки в тому випадку, якщо ці очікування вірно виражені в ієрархії, тобто всі альтернативи як і всі критерії, містяться в ієрархії відповідним чином.

MAI складається з наступних 4 кроків: побудова ієрархії; порівняння критеріїв, виходячи з того, на скільки вони впливають на головну мету; оцінка альтернатив, виходячи з кожного критерію, на основі числових величин, отриманих в результаті попарних порівнянь представлених альтернатив; оптимізація розподілення ресурсів, мінімізуючи затрати та базуючись на добре зрозумілих правилах.

Попарні порівняння виконуються на кожному рівні критеріїв в ієрархії для отримання відносних ваг для всіх цілей та мір. Отримані порівняння мають бути

перевірені на сумісність, під час чого визначається рівень несумісності, який має бути не вище деякого заданого наперед рівня.

Для оцінки узгодженості суджень [2] дослідника необхідно використати відхилення величини максимального власного значення λ_{\max} від порядку матриці попарних порівнянь (МПП) n . Значення λ_{\max} можна обчислити наближеним методом. Для цього спочатку шумується кожний стовпець МПП, потім сума першого стовпця помножується на першу компоненту вектора пріоритетів, сума другого – на другу компоненту і т.д. Значення λ_{\max} буде дорівнювати сумі отриманих чисел:

$$\lambda_{\max} \approx \sum_{j=1}^n (w_j \sum_{i=1}^n a_{ij}). \quad (1)$$

Узгодженість суджень оцінюється індексом узгодженості (CI) або відношенням узгодженості (CR) у відповідності з наступними виразами:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{n - 1}, \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{M(CI)}, \quad (3)$$

де $M(CI)$ – математичне очікування CI випадковим чином сформованої МПП у фундаментальній шкалі.

Допустимими вважаються значення $CR \leq 0,10$. Якщо для МПП відношення узгодженості $CR > 0,10$, це відповідає вагомому порушенню логічності суджень, допущеному експертом під час заповнення матриці, тому експерту пропонується переглянути дані, використані для побудови матриці, щоб покращити узгодженість.

В тому випадку, коли в ієрархії існують зворотні зв'язки між окремими рівнями ієрархії, може бути застосовано модифікований метод МАІ – метод аналітичних мереж (МАН) [3]. Даний метод дозволяє уникнути аксіом в МАІ. МАН надає можливість побудувати модель, яка могла б описати те, яким чином впливають зовнішні фактори на систему, та те, як впливають основні елементи системи один на одного.

МАН складається з 2 частин: вибору управляючих критеріїв з побудовою управляючих ієрархій та мереж, побудови мереж взаємного впливу елементів та кластерів [4]. Елементи задачі прийняття рішень об'єднуються в кластери, між якими можливі довільні зв'язки. Формування кластерів, елементів та зв'язків повинно виконуватись експертами та ОПР в рамках конкретної предметної області.

Основним принципом під час виконання попарних порівнянь відносно керуючого критерію є те, який з 2 кластерів більше впливає на керуючий критерій. Головні власні вектори МПП інтерпретуються в якості векторів пріоритетів порівнюємих об'єктів, з яких формується суперматриця, нормування ствпців якої виконується за допомогою векторів пріоритетів кластерів. Зважена суперматриця підноситься до відповідного ступеня для врахування непрямих впливів. Кожна суперматриця приводиться до сто-

хастичного вигляду множенням на матрицю вагових коефіцієнтів кластерів.

Через невизначеність та неясності у судженнях ОПР виконати попарне порівняння традиційним МАІ, на основі чого безпомилково визначити матрицю суджень, в деяких випадках майже неможливо. Звичайно, що дискретна шкала попарних порівнянь має переваги простоти та легкості. Однак, цього недостатньо для того, щоб врахувати всі елементи сприйняття ОПР у вигляді числа (навіть, якщо потрібно надати вербальне значення, а потім воно буде перетворене у число). В такому випадку використовується нечітка логіка задля виконання попарних порівнянь з метою усунення недоліків традиційного МАІ, яка знайшла своє відображення в нечіткому МАІ (НМАІ). Даний метод вимагає тільки встановлення інтервалу, в якому може бути віддана перевага одному проекту над іншим, при цьому для визначення пріоритету використовуються трикутні нечіткі числа [4]. За допомогою даного методу можна ефективно впоратись з нечіткістю даних у виконанні найкращого вибору, так легше зрозуміти і при цьому ефективно працювати і з кількісними, і з якісними даними в проблемах багатокритеріального прийняття рішень.

Алгоритм НМАІ складається з 4 етапів [5].

Етап 1. Значення нечіткої міри по відношенню до i -ого об'єкту визначається за наступною формулою:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (4)$$

Етап 2. Нехай $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ та $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ 2 трикутні нечіткі числа. Тоді рівень ймовірності того, що $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ може бути визначений наступним чином:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{інакше} \end{cases} \quad (5)$$

Етап 3. Ступінь ймовірності того, що опукле нечітке число більше за k опуклих нечітких чисел M_i ($i=1, 2, k$) може бути визначена так:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (6)$$

Зауважимо, що $d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ для $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$. Далі вектор ваг може бути визначено:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (7)$$

де $A_i = (i = 1, 2, \dots, n)$ – n елементів.

Етап 4. Нормалізовані вектори ваг можуть бути представлені наступним чином:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (8)$$

З метою уникання важких процедур, пов'язаних з побудовою та обробкою матриць попарних порівнянь, може бути застосовано метод найгіршого випадку

(МНВ), який засновано на порівнянні з найгіршою альтернативою та найменш важливими критерієм [6]. Основу даного методу складають принцип переліку нечітких критеріїв Беллмана-Заде та 9-бальна шкала Сааті.

За кожним критерієм обирається найгірша альтернатива, а всі інші порівнюються з нею, на основі чого обчислюються ваги кожної альтернативи.

Згідно принципу Беллмана-Заде, найкращу альтернативу s_{opt} необхідно шукати всередині перетину нечітких множин-критеріїв. В теорії нечітких множин має місце заміна операції перетину на мінімум, тому множина потенційно добрих рішень виглядає так:

$$D = \left\{ \frac{\min\{w_1^{(j)}, \dots, w_1^{(m)}\}}{s_1} \dots \frac{\min\{w_n^{(j)}, \dots, w_n^{(m)}\}}{s_n} \right\}. \quad (9)$$

В якості найкращої альтернативи s_{opt} слід вибрати альтернативу $s_{opt} \in D$ з максимальною вагою:

$$w(s_{opt}) = \max_{i=1,2,\dots,n} \min\{w_i^{(j)}, \dots, w_i^{(m)}\}. \quad (10)$$

III. Програмна реалізація багатокритеріальних методів прийняття рішень

На основі проведеного дослідження теоретичних джерел розроблено програмний продукт "VO 1.0", в якому реалізовано всі 4 представлені методи прийняття рішень.

Створений програмний продукт універсальний і може бути використаний для розв'язання проблем багатокритеріального прийняття рішень з довільної галузі.

На першому етапі роботи з програмою має бути обрана структура розв'язуваної проблеми відповідно до обраного методу (рис.1).

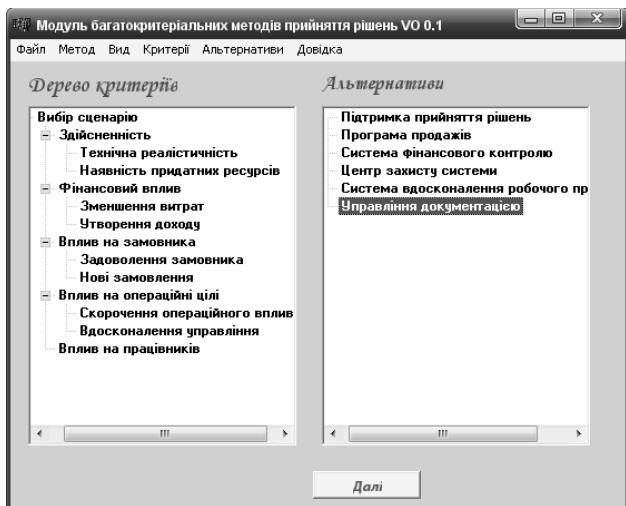


Рис. 1 Вибір структури проблеми

На наступному етапі виконується безпосереднє порівняння ОПР елементів згідно з обраною структурою та поточним методом (рис.2), в результаті розрахунків за якими користувач отримує розраховані ваги кожної альтернативи і в залежності від отриманих даних приймає оптимальне рішення.

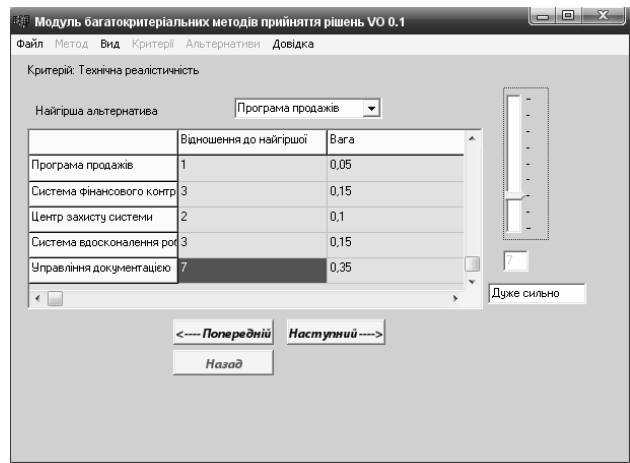


Рис. 2. Порівняння елементів

За допомогою даного програмного продукту може бути проаналізовано розв'язання проблеми одразу за 4 методами, при цьому результати можуть бути порівняні відповідно до тих чи інших умов і обрані для прийняття рішення ті, що найкраще задовольняють вимогам до розглядаємої проблеми. При цьому обране рішення може бути чітко обґрунтовано за рахунок отриманих автоматизованих розрахунків.

Для проведення аналізу використання представлених методів була обрана проблема ризик-менеджменту. Взаємодія ринкових агентів неодмінно пов'язана з невизначеністю та ризиком. Конкуренція призводить до постійної зміни умови, в яких працюють підприємства. В свою чергу це вимагає пошуку нових підходів до розвитку підприємства. Планування можливих шляхів розвитку само по собі призводить до зниження ризиків, адже головною метою прогнозування майбутнього становища виступає ефективна діяльність за будь-яких варіантів розвитку подальшої ситуації.

Кожний з запропонованих сценаріїв має певний вплив на розвиток підприємства, а це дозволяє виконувати порівняння таких сценаріїв за єдиним базисом. Однак, за умов невизначеності найчастіше виокремити сценарій, який би переважав усі інші за всіма можливими критеріями, не вдається.

Для розв'язання проблеми була побудована структура з наступних критеріїв (рис. 1):

- здійсненність: технічна реалістичність, наявність технічних ресурсів;
- фінансовий вплив: зменшення витрат, утворення доходу;
- вплив на замовника: задоволення замовника, нові замовники;
- вплив на операційні цілі: скорочення операційного циклу, вдосконалення управління;
- вплив на працівників.

Було обрано 6 альтернатив, які умовно позначені наступними назвами (рис.1):

- підтримка прийняття рішень (ППР);
- програма продажів (ПП);
- система фінансового контролю (СФК);
- центр захисту системи (ЦЗС);
- система вдосконалення робочого процесу (СВРП);
- управління документацією (УД).

Для порівняння методів дана задача, виходячи з однакових принципів та результатів порівняння, була розв'язана всіма описаними методами. Результати за МАМ не наводяться, бо через відсутність зворотних зв'язків в даній структурі, метод перетворюється на МАІ. Результати проведених розрахунків за допомогою програми "VO 1.0" представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати аналізу

Альтернатива	МАІ		НМАІ		МНВ	
	Вага	Місце	Вага	Місце	Вага	Місце
ППР	0,199	2	0,218	1	0,258	1
ПП	0,15	4	0,165	3	0,179	2
СФК	0,148	5	0,14	5	0,179	2
ЦЗС	0,14	6	0,142	6	0,179	2
СВ РП	0,163	3	0,141	4	0,116	5
УД	0,2	1	0,212	2	0,089	6

Аналізуючи отримані результати, слід вказати на велику розбіжність результатів двох перших методів з МНВ. Очевидно, що істотно зменшуючи кількість дій, що вимагаються від ОПР, його результати можуть задовольнити лише за низьких вимог до точності результатів та одночасних високих вимог до часу виконання.

Результати за МАІ та НМАІ доволі схожі за структурою, однак, у випадках невеликої розбіжності в результуючих вагах домінуючими можуть виявитися різні методи, адже в НМАІ враховується ступінь приналежності елементів одразу до декількох варіантів.

Базуючись на отриманих даних, слід сказати, що використання того чи іншого багатокритеріального методу прийняття рішень має бути чітко обґрунтовано, виходячи з умов застосування методу для даної проблеми. Так за умов нечіткості даних краще використовувати НМАІ, за наявності зворотних зв'язків – МАМ, за низьких вимог до точності та високих до швидкості і простоти – МНВ, в усіх інших (традиційних) випадках краще розв'язати задачу за МАІ.

Висновок

За допомогою проаналізованих в даній роботі теоретичних джерел та розробленого програмного продукту можна зробити наступні висновки щодо ефективності використання багатокритеріальних методів прийняття рішень.

Універсальність МАІ та МАМ дозволяє розглядати їх в якості засобу аналітичної підтримки розв'язання більш складних задач прийняття рішень. Однак, за використання МАМ можна виділити наступні проблеми: необхідність заповнення великої кількості

МПП, можливість пропустити значущі зв'язки під час побудови мереж. Недоліками МАІ та МАМ є нездатність адекватно представляти неточність та невизначеність, пов'язана з тим, що судження ОПР виражаються чіткими числами.

В традиційній постановці МАІ, судження експертів представляються чіткими числами, але під час розв'язання багатьох практичних задач модель уявленя ОПР часто невизначена і представлення суджень у вигляді чітких чисел може виявитися складною або невиконуємою задачею. Під час вибору множини альтернатив ОПР може зіштовхнутись із ситуацією невпевненості в оцінці рівня їх переваги між собою через неповну і/або нечітку інформацію.

Переваги НМАІ в тому, що даний метод дозволяє ефективно приймати рішення за умов невизначених даних. Окрім того, ОПР встановлює не абсолютну перевагу одного елементу над іншим, а те, в якому інтервалі дана перевага може бути віддана одному елементу над іншим. Це дозволяє ефективно працювати як з кількісними, так і з якісними даними.

Порівнюючи МАІ та НМАІ, необхідно відзначити, що за умов чітко визначених даних, необхідно використовувати традиційний МАІ, а за умов нечітких даних – НМАІ. Відповідно, за умов присутності зворотних зв'язків, потрібно застосовувати МАМ. Метод найгіршого випадку доцільно використовувати за умов необхідності зменшення розрахунків, яка проте може відбитись на остаточному результаті.

References

- [1] Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
- [2] Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.: ил.
- [3] Saaty, T. L. Decision Making with Dependence and Feedback. – Pittsburgh: RWS Publications, 2001. – 386 pp.
- [4] İrfan Ertugrul, Nilsen Karakasoglu The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for supplier selection and an application in a textile company // Proceedings of 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems (May 29-31 2006), 2006. – pp. 195-207.
- [5] Ching-Chow Yang, Bai-Sheng Chen Key quality performance evaluation using Fuzzy AHP // Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol. 21, No. 6, 2004. – pp. 543-550.
- [6] Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений. // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2001. – №3. – С. 150 – 154.