

УДК 355.814

МОДИФІКОВАНИЙ НЕЧІТКИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

М.М. Потьомкін

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

e-mail: favorite_p@mail.ru

Одним із широко використовуваних у СППР методів порівняльного аналізу є метод аналізу ієрархій (МАІ) [1], який у загальному випадку містить такі етапи: визначення мети задачі, яка розв'язується; її ієрархічне відображення; заповнення матриць парних порівнянь (МПП); визначення відповідних векторів локальних пріоритетів; перевірку узгодженості МПП; визначення вектора глобальних пріоритетів; перевірку узгодженості всієї ієрархії. Розв'язком задачі, отриманим за МАІ, є вектор глобальних пріоритетів альтернатив, який характеризує перевагу кожної альтернативи на визначеній множині критеріїв, ієрархічно пов'язаних з альтернативами.

При цьому необхідно зазначити, що МАІ ґрунтується на гіпотезі, що під час заповнення МПП експерт спроможний достатньо точно вказати ступінь переваги одного критерію порівняння альтернатив над іншим. Однак досить часто, особливо під час аналізу складних проблем, ця гіпотеза не підтверджується, і експерт може вказати лише деякий діапазон, у якому перебуває ступінь переваги, та зазначити в цьому діапазоні деяке значення, яке, на його думку, найбільше відповідає можливому ступню переваги.

Для забезпечення можливості використання МАІ і в таких ситуаціях були зроблені спроби його поєднання з апаратом нечіткої логіки [2]. На початку таке поєднання для визначення найкращих альтернатив здійснювалось послідовним застосуванням МАІ та нечіткої логіки [3], при цьому на першому етапі за МАІ розраховувались значення важливості окремих показників, а на другому (з урахуванням цих значень важливості) здійснювалось порівняння альтернатив за нечіткими правилами.

Подальший розвиток цих досліджень призвів до розробки нечіткого МАІ (НМАІ), принциповою відмінністю якого є формування та оброблення нечітких МПП на основі нечітких суджень експертів. При цьому інші етапи МАІ, зокрема пов'язані з побудовою ієрархії та розрахунком вектору глобальних пріоритетів, у НМАІ залишилися без змін.

Водночас необхідно зазначити, що єдиного варіанта НМАІ на сьогодні не існує, а є група варіантів НМАІ, які різняться за підходами до формування та оброблення нечітких МПП. Наприклад, найпростіший підхід, розглянутий у [4], передбачає розрахунок значень функції належності через суми відповідних стовпчиків звичайної МПП. При цьому від експертів вимагаються звичайні чіткі судження, а ознак нечіткості (на думку авторів) цей підхід набуває внаслідок використання специфічного математичного апарату.

У [5] запропоновано визначати вектор локальних пріоритетів нечіткої МПП шляхом розв'язання задачі максимізації значення функцій приналежності. Його основним недоліком є те, що за такого підходу значення вектора локального пріоритету будуть відповідати максимальним значенням функцій приналежності. У [6] нечіткі судження експерта з використанням додаткових змінних (ступеня впевненості та рівня ризику) одразу переводять у чіткі, що забезпечує формування чіткої МПП та можливість розрахунку вектора локальних пріоритетів за Т. Сааті. Основним недоліком цього підходу є необхідність обґрунтування значень додаткових змінних та проведення декількох циклів розрахунків для їх різних сполучень. У [7; 8] пропонується розраховувати значення елементів вектора локальних пріоритетів шляхом усереднення нечітких суджень експерта по кожному рядку МПП. При цьому нечіткі судження експерта характеризуються трикутними нечіткими числами (ТНЧ), а їх усереднення полягає в зваженому усередненні найменших, найбільших та середніх значень, які визначають ТНЧ. Відмінність між підходами, наведеними в [7; 8], полягає в складності процедури усереднення. При цьому необхідно

зазначити, що більш складний варіант НМАІ, наведений в [8], може сформувати такий вектор локальних пріоритетів, відповідно до якого найбільш важливий критерій буде характеризуватись важливістю 1, а усі інші критерії – 0, що і показано в [8].

Перед тим, як надати оцінку сучасним варіантам НМАІ, на наш погляд, доцільно розглянути загальноприйняту схему нечіткого виводу (рис. 1) [2], відповідно до якої вихідний чіткий вектор X надходить у блок введення нечіткості (фазифікації), де його елементи x перетворюють у нечітку множину A , яка характеризується функцією належності $\mu_A(x)$. У блоці логічного виводу з використанням даних бази нечітких знань та правил із значень функцій належності $\mu_A(x)$ отримують векторну функцію належності $\mu_B(Y)$, яку, в свою чергу, в блоці композиції перетворюють в об'єднання (суперпозицію) множин, яке характеризується функцією належності $\mu(y)$. На заключному етапі в блоці приведення до чіткості з $\mu(y)$ визначають результуючу чітку величину y .

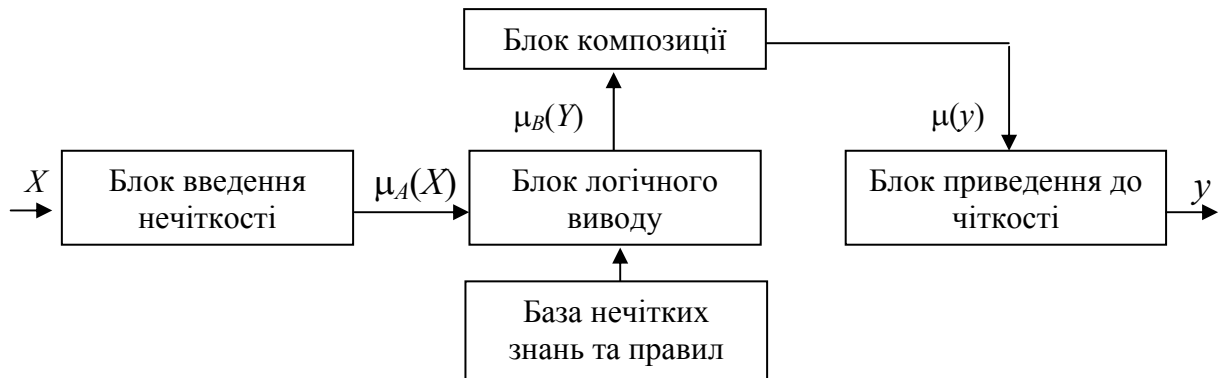


Рис. 1. Функціональна схема нечіткого виводу

Надаючи загальну оцінку сучасним варіантам НМАІ з точки зору повноти реалізації схеми нечіткого виводу, необхідно зазначити, що в них не використовуються база нечітких знань та правил, а також блок логічного виводу. Функції, покладені на ці блоки, в НМАІ реалізуються звичайними математичними операціями, склад та порядок виконання яких пропонується кожним автором на свій розсуд.

Виходячи з викладеного вище, можна зробити висновок, що на сьогодні запропонована достатня велика кількість підходів, спрямованих на вдосконалення МАІ шляхом запровадження механізмів оброблення результатів нечітких експертних оцінювань. Однак ці механізми не базуються на схемі нечіткого виводу, що не дозволяє повною мірою реалізувати в НМАІ переваги нечіткої логіки.

На основі викладеного було поставлене завдання розробити модифікований нечіткий МАІ, який базується на схемі нечіткого виводу.

Як було зазначено вище, НМАІ різниться від МАІ лише процедурою отримання вектора локальних пріоритетів з нечіткої МПП. Тому модифікація НМАІ буде стосуватись саме цієї процедури.

В основу модифікації були покладені такі передумови: заповнення МПП здійснюється експертом відповідно до МАІ; вважається, що вихідна МПП є узгодженою відповідно до МАІ; аналогічно до підходу, викладеному в [1], вважається, що важливість кожного критерію може бути оцінена на основі відповідного йому одного рядка МПП (вектор локальних пріоритетів оцінюється як і в [1] шляхом нормування отриманих оцінок важливості критеріїв); діагональні елементи МПП не розглядаються внаслідок відсутності в них додаткової інформації про важливість критеріїв.

Відповідно до загальної схеми розроблення нечіткого контролера [9], введемо до розгляду дві лінгвістичні змінні: „ступінь переваги критерію” E та „важливість критерію” F . Множина значень змінної E складається з дев'яти елементів відповідно до шкали

порівняння Т. Сааті, а їх функції належності $\mu(x)$ задаються ТНЧ виду (a_1, a_2, a_3) . Аналогічно формується і множина значень змінної F , але її дев'ять елементів містять значення важливості в діапазоні $\{0; 1\}$. Загальні характеристики цих лінгвістичних змінних наведені в табл. 1. Відповідно правила логічного виводу, які пропонуються, наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Загальні характеристики лінгвістичних змінних

Ступінь переваги критерію		Важливість критерію	
Множина значень	ТНЧ	Множина значень	ТНЧ
Обернена до найвищої	0, 1/9, 1/7	Найменша	0, 0.01, 0.125
Обернена до дуже сильної	1/9, 1/7, 1/5	Дуже мала	0.01, 0.125, 0.25
Обернена до сильної	1/7, 1/5, 1/3	Мала	0.125, 0.25, 0.375
Обернена до помірної	1/5, 1/3, 1	Нижча за середню	0.25, 0.375, 0.5
Рівноцінна	1/3, 1, 3	Середня	0.375, 0.5, 0.625
Помірна	1, 3, 5	Помірна	0.5, 0.625, 0.75
Сильна	3, 5, 7	Велика	0.625, 0.75, 0.875
Дуже сильна	5, 7, 9	Дуже велика	0.75, 0.875, 0.99
Найвища	7, 9, 10	Найвища	0.875, 0.99, 1

Формально дані, наведені в табл. 1 та 2, являють собою базу знань та правил. Базуючись на них, можна перейти до формування механізму логічного виводу.

Як зазначалось вище, значення важливості окремого критерію оцінюється на основі аналізу відповідного йому рядка матриці парних порівнянь без діагонального елемента, тобто розглядається $n-1$ елементів рядка (де n – розмірність матриці парних порівнянь).

Таблиця 2

Правила логічного виводу

№ правила	Якщо „ступінь переваги критерію”	Тоді „важливість критерію”
1	Обернена до найвищої	Найменша
2	Обернена до дуже сильної	Дуже мала
3	Обернена до сильної	Мала
4	Обернена до помірної	Нижча за середню
5	Рівноцінна	Середня
6	Помірна	Помірна
7	Сильна	Велика
8	Дуже сильна	Дуже велика
9	Найвища	Найвища

У даному випадку можна використати традиційний механізм логічного виводу, наведений у [9], відповідно до якого значення експертної оцінки a_i як i -й елемент рядка ($i = 1, \dots, n-1$) підставляється в функції належності μ_{ij} ($j = 1, 9$) лівих частин усіх правил, наведених у табл. 2, що забезпечує отримання дев'яти констант $\mu_{ij}(a_i)$, які використовуються для модифікації функцій належності μ_{nj} правих частин усіх правил, наведених у табл. 2.

У результаті застосування такої процедури до всіх елементів одного рядка будуть отримані $9(n-1)$ модифікованих функцій належності правих частин правил логічного виводу

$$\mu_{nij} = \mu_{ij}(a_i) \mu_{nj}, \quad (i = 1, \dots, n-1, j = 1, 9).$$

Наступний етап схеми нечіткого виводу передбачає композицію усіх модифікованих функцій належності μ_{nij} з метою отримання агрегатованої функції належності μ_a . Стосовно НМАІ для цього доцільно використати операцію сумування усіх модифікованих функцій належності

$$\mu_a = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^9 \mu_{nij}.$$

На останньому етапі нечіткого виводу здійснюється перехід від агрегатованої функції належності μ_a до чіткого значення важливості критерію v_i , для чого використовується центроїдний метод.

Застосування наведеної схеми нечіткого виводу до усіх рядків матриці парних порівнянь надає значення важливості v_i для усіх n критеріїв, а розрахунок компонентів вектора локальних пріоритетів w_i , як і в [1], здійснюється шляхом нормування значень v_i .

Наприкінці можна зазначити, що в загальному випадку для формування бази знань та правил може бути доцільним залучення експертів. Це сприятиме підвищенню рівня довіри до результатів, отримуваних за НМАІ.

Таким чином, запропонована модифікація НМАІ реалізує загальновизнану схему нечіткого виводу, що підвищує достовірність отримуваних за ним результатів.

Подальший напрямок досліджень вбачається в програмній реалізації запропонованого варіанта НМАІ та перевірці доцільності його практичного використання на достатньому обсязі тестових прикладів.

Література

1. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
2. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / Винницкий гос. техн. ун – т. – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 1999. – 302 с.
3. Риахи Р. Прогнозирование экологических рисков с использованием анализа иерархий и теории нечетких множеств / Р. Риахи, Ю.А. Безносик, Л.Н. Бугаева, Г.А. Статюха // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 5. – С. 114–118.
4. Ротштейн А.П. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба // Известия Академии наук. Теория и системы управлений. – 2001. – № 3. – С. 150–154.
5. Дубровин В.И. Метод получения вектора пріоритетов из нечетких матриц попарных сравнений / В.И. Дубровин, Н. А. Миронова // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 464–470.
6. Alias M.A. Using fuzzy analytic hierarchy process for southern Johor river ranking / M.A. Alias, S.Z.M. Hashim, S. Samsudin // Int. J. Advance. Soft Comput. Appl. – July 2009. – Vol. 1. – № 1. – P. 62–76.
7. Chatterjee D. Study of fuzzy-AHP model to search the criterion in the evaluation of the best technical institution: a case study / D. Chatterjee, Mukherjee // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2010. – Vol. 2 (7). – P. 2499–2510.
8. Ozdagoglu A. Comparison of AHP and fuzzy AHP for the multicriteria decision making processes with linguistic evaluations / A. Ozdagoglu, G. Ozdagoglu // Istanbul Ticaret Universitesi Fen Bilimleri Dergisi. – Yil. 6. – Sayı. 11. – Bahar 2007/1. – S. 65–85.
9. Корнеев В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: «Нолидж», 2000. – 352 с.