

В. О. КРАВЕЦЬ, канд. техн. наук, професор, НТУ «ХП»;

В. В. ШЕВЦОВА, ст. викл., НТУ «ХП»;

А. В. САВЧЕНКО, магістрант, НТУ «ХП»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ФУНКЦІЙ ПРИНАЛЕЖНОСТІ ПРИ ОБРОБЦІ ЕКСПЕРТНИХ ЗНАТЬ

У статті проаналізовані методи обробки експертних оцінок при побудові функцій приналежності нечітких множин. Розроблено програмний комплекс, в якому реалізовані такі методи обробки експертних знань, як: метод опитування, числовий метод, метод лінгвістичних термів, метод парних порівнянь. Програмний комплекс може бути використаний інженерами зі знань при роботі з експертами, тому що розвантажує їх від рутинних розрахунків.

Ключові слова: обробка експертних даних, функція приналежності нечіткої множини, оцінка узгодженості експертних знань, метод парних порівнянь.

Вступ. Найбільш вражаючим властивістю людського інтелекту є здатність приймати правильні рішення в обстановці неповної і нечіткої інформації. Традиційні комп'ютерні обчислення «дуже точні» для реального світу. Людство зіткнулося з проблемами, для вирішення яких неможливо отримати повну інформацію або визначення яких недостатньо повно. Здавалося б ситуація безвихідна, але завдяки розвитку і вдосконаленню так званих нечітких систем в даний час вже досить буденно сприймаються «сверхінтелектуальні» пральні машини та побутові автомати, гіперзвукові літаки і самонавідні ракети і багато іншого.

Математичну основу нечітких систем складають протилежні традиційним комп'ютерним обчисленням, так звані м'які обчислення, однією зі складових яких є нечітка логіка.

Для теорії нечітких множин основоположним поняттям є поняття нечіткої множини, яке характеризується функцією приналежності. За допомогою нечіткої множини можна строго описувати притаманні мові людини розпливчасті елементи, формалізація яких дозволяє моделювати інтелектуальні процеси. Основною трудностю, що заважає інтенсивному застосуванню теорії нечітких множин при вирішенні практичних завдань, є те, що функція належності має бути задана поза самої теорії і, отже, її адекватність не може бути перевірена засобами теорії. У кожному існуючому в даний час методі побудови функції приналежності формулюються свої вимоги й обґрунтування до вибору саме такої побудови.

Мета роботи. Проаналізувати існуючі методи роботи з експертами та методи побудови функцій приналежності. Розробити програмне забезпечення розглянутих методів для обробки експертних оцінок інженерами зі знань.

Основна частина. На рис. 1 представлені методи побудови за експертними оцінками функції приналежності. Вони діляться на дві групи: *прямі* і *непрямі* [1]. Деякі виділяють ще й третю групу методів – *оцінка параметрів типових форм*.

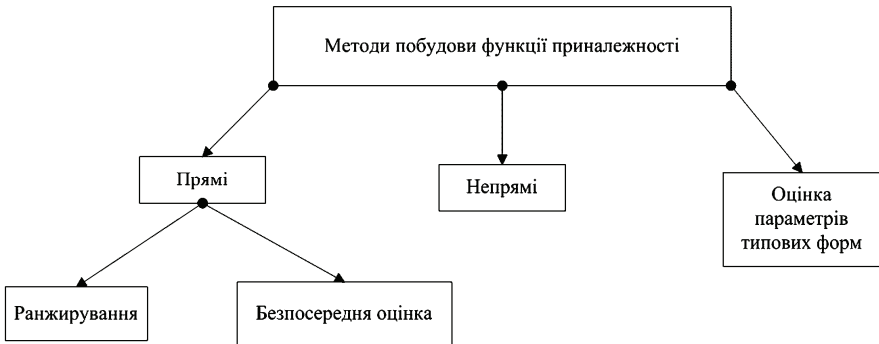


Рисунок 1 – Методи побудови функцій приналежності

Прямі методи визначаються тим, що експерт або група експертів безпосередньо задає правила визначення значень функції приналежності, що характеризує дане поняття. Як правило, прямі методи використовуються для опису понять, які характеризуються вимірними властивостями, такими як висота, зріст, вага, об'єм. У цьому випадку зручно безпосереднє завдання значень ступеня приналежності.

При обробці результатів експертних оцінок, важливо враховувати за якою шкалою вимірюється величина, і використовувати тільки допустимі перетворення шкали. Зокрема для усереднення експертних оцінок важливий вибір виду середніх величин: середнє арифметичне, медіана, мода, середнє геометричне, середнє гармонійне. У шкалі найменувань у якості середнього годиться тільки мода; із всіх середніх по Коші в порядковій шкалі в якості середніх можна використати тільки члени варіаційного ряду (порядкові статистики), зокрема, медіану (при непарному обсязі вибірки; при парному ж обсязі варто застосовувати один із двох центральних членів варіаційного ряду – ліву медіану або праву медіану), але не середнє арифметичне, середнє геометричне й т.д.; у шкалі інтервалів із всіх середніх по Колмогорову можна застосовувати тільки середнє арифметичне; у шкалі відносин із всіх середніх по Колмогорову стійкими щодо порівняння є тільки степеневі середні й середнє геометричне [2].

Прямі методи в свою чергу розділяються на *ранжирування* та *безпосередню оцінку*. При *ранжуванні* експерт розташовує об'єкти в порядку переваги, керуючись одним або декількома показниками порівняння. *Безпосередня оцінка* являє собою процедуру приписування об'єктам числових значень за шкалою інтервалів. Еквівалентним об'єктам приписується одне і те ж число.

Цей метод може бути здійснений тільки при повній інформованості експертів про властивості об'єктів. Замість числової осі може використовуватися бальна оцінка [3].

Непрямі методи визначення значень функції приналежності використовуються у випадках, коли немає елементарних вимірних властивостей, через які визначається нечітка множина. Як правило, це методи попарних порівнянь.

Типові форми бувають трикутна; трапецеїдальна; гауссова; подвійна гауссова; узагальнена колоколообразна; сигмоїдальна; подвійна сигмоїдальна; добуток двох сигмоїдальних функцій; Z-функція; S-функція; Pi-функція [3]. Коли експерти вибрали вид функції, треба отримати оцінку параметрів обраної залежності.

При оцінці об'єктів експерти зазвичай розходяться в думках з вирішуваним питанням. У зв'язку з цим виникає необхідність кількісної оцінки ступеня згоди експертів.

Нехай m експертів зробили оцінку n об'єктів. Результати оцінки представлені у вигляді величин x_{ij} , де j – номер експерта, i – номер об'єкта. Ці величини можуть бути задані з використанням балів або чисел, що належать деякому відрізку числової осі. Коефіцієнт компетентності експертів \bar{k} й узагальнені оцінки об'єктів \bar{x} для тих випадків, коли проводиться безпосереднє числове оцінювання альтернатив, можна обчислити за апостеріорним даними, тобто за результатами оцінки об'єктів. При цьому компетентність експертів оцінюється по ступені узгодженості їхніх оцінок із груповою оцінкою об'єктів. Граничні значення векторів \bar{x} , \bar{k} можна обчислювати як власні вектори матриць B й C при розв'язанні наступних рівнянь:

$$B\bar{x} = \lambda_B \bar{x}, \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1, \quad (1)$$

$$C\bar{k} = \lambda_C \bar{k}, \quad \sum_{j=1}^m k_j = 1, \quad (2)$$

де $B = XX^T$; $C = X^T X$; $X = \|x_{ij}\|$; λ_B ; λ_C – максимальні власні числа матриць B , C .

Нехай думки комісії експертів або якоїсь її частини визнані узгодженими, знайти середню думку можна як рішення оптимізаційної задачі. Оцінка кожного експерта представляється як точка в деякому просторі, в якому введено поняття відстані:

$$d(x_A, x_B) = \sum_{i=1}^n |x_{iA} - x_{iB}|, \quad (3)$$

де x_A , x_B – думка двох експертів A і B відповідно.

Для знаходження усередненої думки експертів с треба мінімізувати сумарну відстань від кандидата в середні до думок експертів:

$$\sum_{j=1}^m k_j \cdot d(x_j, c) \rightarrow \min . \quad (4)$$

Оцінка узгодженості думок експертів також може ґрунтуватися на використанні поняття компактності. Якщо оцінки експертів знаходяться на невеликій відстані один від одного, то можна це інтерпретувати як добру узгодженість суджень експертів. Якщо ж точки розкидані в просторі на великій відстані, то узгодженість – невисока [4].

Опитування експертів представляє собою заслуховування та фіксацію у змістовній і кількісній формі суджень експертів з розв'язуваної проблеми. Основними видами опитування експертів є: анкетування і інтерв'ювання, дискусії, метод «мозкового штурму» («мозкової атаки»), метод Дельфі.

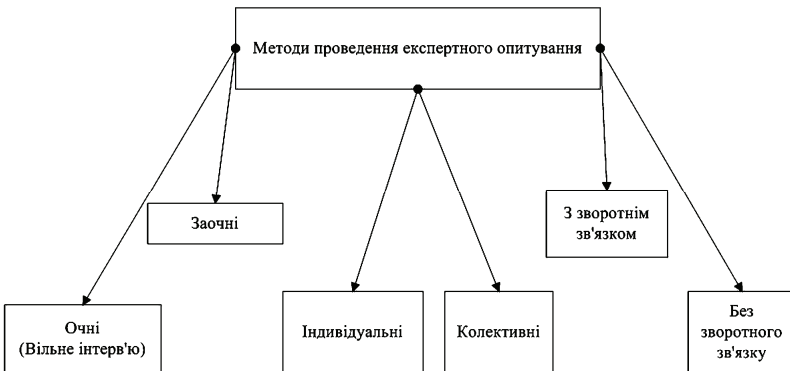


Рисунок 2 – Методи проведення експертного опитування

На рис. 2 представлені методи проведення експертного опитуванні [4]. Головним в організації опитування експертів є створення таких умов, при яких експерти були б забезпечені в максимальному ступені всією необхідною інформацією і могли б повною мірою виявити свою творчу активність і самостійність.

Розробка програмного пакету. Розроблено програмний комплекс для інженерів зі знань при роботі з експертами, в якому реалізовані такі методи обробки експертних знань, як: метод опитування, числовий метод, метод парних порівнянь.

Опитування представляє собою спілкування інтерв'юера і респондента, в якому головним інструментом виступає заздалегідь сформульоване питання. За допомогою цього метода можна сформувати функцію приналежності, яка буде визначена як нормальна або субнормальна; опукла або неопукла; унімодальна, полімодальна або толерантна; дискретна і непараметрична. Такий метод характеризується простотою та зручністю формування функції

приналежності і часто застосовується при вирішенні різних практичних задач.

Числовий метод ґрунтується на опитуванні групи експертів, які визначають числове значення кожному з розглянутому класу значень. Далі обчислюється середнє значення за даними всіх експертів.

Серед непрямих методів визначення функції належності був реалізований метод парних порівнянь [5]. Метод базується на ідеї розподілу ступенів належності елементів універсальної множини згідно з їх рангами гі. Ця ідея раніше використовувалася в теорії структурного аналізу систем, де розглянуті різні способи визначення рангів елементів. У нашому випадку під рангом елемента будемо розуміти число, яке характеризує значимість цього елемента в формуванні властивості, описуваного нечітким термом. Припускаємо, що виконується правило: чим більший ранг елемента, тим більше ступінь приналежності.

Складність використання цього методу полягає в необхідності знаходження власного вектора матриці парних порівнянь, яка задається за допомогою спеціально запропонованої шкали. Оскільки матриця може бути інтерпретована як матриця парних порівнянь рангів, то для експертних оцінок елементів цієї матриці можна використовувати 9 бальну шкалу. У нашому випадку шкала формується як представлено у табл. 1.

Таблиця 1 – Шкала оцінок

Числова оцінка	Якісна оцінка (порівняння r_i і r_j)
1	відсутність переваги r_i над r_j
3	слабка перевага r_i над r_j
5	істотна перевага r_i над r_j
7	явна перевага r_i над r_j
9	абсолютна перевага r_i над r_j
2, 4, 6, 8	проміжні порівняльні оцінки

Зазначимо, що здатність людини виробляти якісні розмежування добре представлена п'ятьма визначеннями: рівний, слабкий, сильний, дуже сильний і абсолютний. Можна прийняти компромісні визначення між сусідніми визначеннями, коли потрібна велика точність. В цілому потрібно дев'ять значень, і вони можуть бути добре узгоджені.

Таким чином, отримуємо обернено-симетричну матрицю, на основі якої розраховуємо вектор пріоритетів. Для обчислення узагальнених експертних оцінок та оцінки узгодженості треба знайти власний вектор матриці та головне власне значення λ_{\max} , яке може бути використовуване для оцінки узгодженості, що відбиває пропорційність уподобань. Чим ближче λ_{\max} до n (число об'єктів в матриці), тим більше узгоджений результат. Відхилення від узгодженості може бути виражене через індексом узгодженості:

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1). \quad (5)$$

Величина індексу узгодженості залежить від розмірності матриці оцінок. Щоб позбавитись цієї залежності, обчислюється відношення узгодженості:

$$RC = IC/RI, \tag{6}$$

де RI – випадковий індекс.

Для обчислення випадковий індекс згенерованої випадковим чином за шкалою від 1 до 9 обернено-симетричної матриці з відповідними зворотними величинами елементів. Згенерували середні RI для матриць порядку від 1 до 15 на базі 100 випадкових вибірок. Як і очікувалося, RI збільшувалися із збільшенням порядку матриці. У табл. 2 представлені порядок матриці (перший рядок) і середні RI (другий рядок).

Таблиця 2 – Середні RI

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

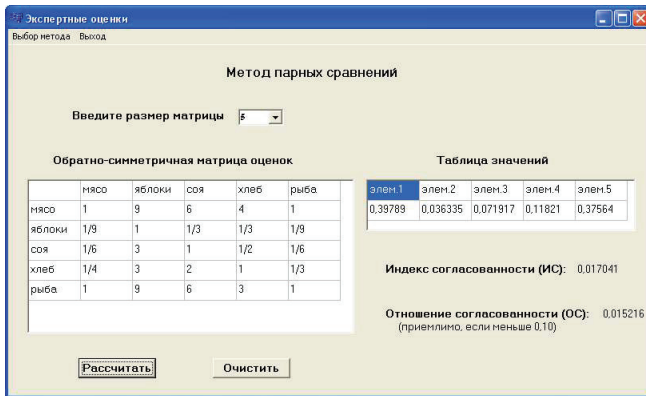


Рисунок 3 – Метод парних порівнянь

Яке значення відношення узгодженості вважати прийнятним, залежить від задачі. У [5] запропоновано значення RC менше або рівне 0,10, вважати достатнім. На рис. 3 представлений скріншот для метода парних порівнянь.

Висновки. Таким чином, розроблений програмний комплекс для інженерів зі знань при роботі з експертами, яка допомагає експертам прийняти рішення такими методами, як: метод опитування, числовий метод, метод попарних порівнянь.

Список літератури: 1. Моргоєв В. К. Метод структурирования и извлечения экспертных знаний: имитация консультаций. Человеко-машинные процедуры принятия решений / В. К. Моргоєв. – М. : ВНИИСИ, 1988. – 44-57 с. 2. Орлов А. И. Нечисловая статистика / А. И. Орлов. – М. : МЭ-Пресс, 2004. – 513 с. 3. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Г. Э. Яхьяева. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2006. – 316 с. 4. Павлов А. Н. Методы обработки экспертной

информации / А. Н. Павлов, Б. В. Соколов; СПб. : ГУАП, 2005. – 42 с. 5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

Надійшла до редколегії 26.10.2012

УДК 004.827

Аналіз методів побудови функцій приналежності при обробці експертних знань/ В. О. Кравець, В. В. Шевцова, А. В. Савченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2012. – № 52 (958). – С. 126-132. – Бібліогр.: 5 назв.

У статті проаналізовані методи обробки експертних оцінок при побудові функцій приналежності нечітких множин. Розроблено програмний комплекс, в якому реалізовані такі методи обробки експертних знань, як: метод опитування, числовий метод, метод лінгвістичних термів, метод парних порівнянь. Програмний комплекс може бути використаний інженерами зі знань при роботі з експертами, тому що розвантажує їх від рутинних розрахунків.

Ключові слова: обробка експертних даних, функція приналежності нечіткої множини, оцінка узгодженості експертних знань, метод парних порівнянь.

We have analysed a number of methods for processing expert appraisals when building fuzzy set membership functions. Developed a software package that implements these methods of processing expertise, as the polling method, numerical method, the method of linguistic terms, the method of paired comparisons. Software package can be used by engineers of knowledge when working with experts because unloads them from routine calculations.

Keywords: expert data, membership function, fuzzy set, consistency of expert knowledge, method of paired comparisons.