

УДК 519.8

Кондрук Наталія Емерихівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

*Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Ужгород***РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБРОБКИ НЕЧІТКОЇ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Розвинена загальна постановка задачі числової оцінки об'єктів до нечіткої задачі експертного оцінювання. На основі теорії нечітких множин розроблено математичний апарат для описання нечітких індивідуальних оцінок експертів, визначення чіткої та нечіткої колективних оцінок та коефіцієнта узгодженості думок експертів.

Ключові слова: *нечітка експертна інформація, колективна оцінка, нечітка множина*

Развита общая постановка задачи числовой оценки объектов к нечеткой задаче экспертного оценивания. На основе теории нечетких множеств разработан математический аппарат для описания нечетких индивидуальных оценок экспертов, определения четкой и нечеткой коллективных оценок и коэффициента согласованности мнений экспертов.

Ключевые слова: *нечеткая экспертная информация, коллективная оценка, нечеткое множество*

Since there is sufficient number of tasks that in the course of addressing need an expert intervention, it is relevant and appropriate to create a powerful modern expert information formalization machine and processing systems thereof. Experts' utilization while discussions of natural language leads to the expediency of using the fuzzy sets for the formalization thereof. This range of problems was analyzed by a number of foreign and national scientists, including L. Zadeh, B. McCulloch, M. Minsky, T. Kohonen, J. Zaychenko, A. Voloshyn. This paper developed the problem classical formulation for objects numerical evaluation in respect of expert evaluation fuzzy task. A mathematical tool developed to process the formalized fuzzy individual experts evaluations based on fuzzy sets with different membership functions; definition of fuzzy collective evaluation using weighted sums method and its defuzzification using center of gravity method to determine object's clear collective evaluation; definition of experts' opinion consistency ratio using generalized Hamming relative distance between fuzzy individual experts' estimates.

Keywords: *fuzzy expert information, collective evaluation, fuzzy set*

Постановка проблеми та аналіз досліджень

Розв'язання багатьох задач науки, техніки, екології, освіти, медицини спираються на інформацію, отриману від експертів. Використання ж природної мови експертами з усім набором наявних у ній засобів для вираження людських способів міркувань і прийняття рішень за допомогою якісних понять і оцінок типу «мало», «не більше», «близько», «в околі» і т.д. дозволяє всебічно і компактно описувати загальну смислову постановку задач прийняття рішення, що виникають у різних прикладних областях.

Ефективним засобом формалізації нечітких понять є теорія нечітких множин. Вона дає

можливість описувати неточні категорії, поняття та знання, оперувати ними і робити відповідні висновки. Наявність таких можливостей для описання різних об'єктів, процесів і явищ визначає інтерес до побудови методів та алгоритмів прийняття рішень на основі теорії нечітких множин.

Основи методів формалізації нечіткої експертної інформації закладено в роботах Л. Заде [1].

У подальшому різним аспектам цього напрямку присвячені роботи багатьох видатних вітчизняних та зарубіжних дослідників [2–6], зокрема Л. Заде, В. Маккаллоха, М. Мінські, Т. Кохонена, Ю. Зайченко, О. Волошина та ін.

Ефективність використання експертної інформації безпосередньо залежить від потужності сучасного апарату її формалізації та обробки,

важливість вдосконалення і розвитку якого важко переоцінити. Розробці математичного апарату представлення нечіткої експертної інформації та її обробки в задачах числових оцінок об'єктів і присвячена дана робота.

Мета і задачі дослідження

Мета – розвинути постановку задачі числової оцінки об'єктів до нечіткої задачі експертного оцінювання. Розробити метод обробки отриманої нечіткої експертної інформації, що включає: описання можливих індивідуальних оцінок експертів на основі нечітких множин із відповідними функціями належності; визначення нечіткої та чіткої колективних оцінок об'єкта; визначення методу знаходження коефіцієнта узгодженості думок експертів.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо «чітку» постановку задачі числової оцінки [7].

Кожен з n експертів задає числову оцінку певного об'єкта. Потрібно знайти колективну оцінку цього об'єкта.

У класичній постановці даної задачі експерти мають задати оцінку певного об'єкта у вигляді числового вектора. Але на практиці експерти частіше висловлюються наступними твердженнями: «оцінка певного об'єкта має бути близька до деякого числа», «оцінка об'єкта скоріше всього буде лежати в межах $[a, b]$ » і т. д.

Очевидно, що врахування при цьому лише одного числа (хоча і найімовірнішого) приводить до втрати частини інформації, що безпосередньо впливає на значення колективної оцінки. Тому доцільно класичну задачу дещо модифікувати, розширивши при цьому множину допустимих оцінок.

Нехай експерти можуть дати оцінку певного об'єкта, використовуючи такі типи тверджень:

1. «Оцінка об'єкта коливається в межах від b до c »;
2. «Оцінка об'єкта близька до числа b » або «Оцінка об'єкта знаходиться в околі числа b »;
3. «Оцінка об'єкта не більша за число b »;
4. «Оцінка об'єкта не менша за число b ».

Таким чином, ставиться нечітка задача числової оцінки об'єкта у такій постановці: експерти визначають оцінку певного об'єкта, використовуючи твердження типу 1–4, на основі отриманих даних потрібно знайти нечітку та чітку колективні оцінки даного об'єкта та коефіцієнт узгодженості думок експертів.

Пропонується використати математичну формалізацію індивідуальних оцінок експертів на основі теорії нечітких множин.

Нехай експерт задав оцінку об'єкта у вигляді твердження типу 1, тоді йому поставимо у відповідність нечітку множину A – «Оцінка об'єкта коливається в межах від b до c » із функцією належності трапецієподібного вигляду (рис. 1).

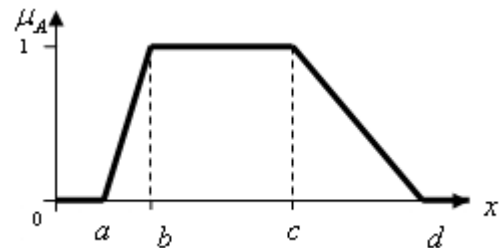


Рис. 1. Функція належності нечіткої множини трапецієподібного вигляду

Для аналітичного задання трапецієподібної функції використовується четвірка чисел $\langle a, b, c, d \rangle$:

$$\mu_A = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{при } a \leq x \leq b; \\ 1, & \text{при } b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{при } c \leq x \leq d; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Якщо ж експерт задав оцінку об'єкта у вигляді твердження типу 2, тоді їй відповідатиме нечітка множина $B = \{\text{Оцінка об'єкта близька до числа } b\}$. Для її описання доцільно використати функцію належності трикутного вигляду (рис.2).

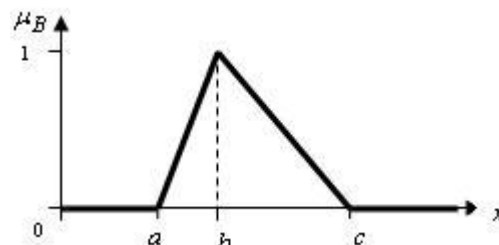


Рис. 2. Функція належності нечіткої множини трикутного вигляду

Аналітичному заданню даної множини відповідає трійка чисел $\langle a, b, c \rangle$, причому:

$$\mu_B = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Оцінка об'єкта у вигляді твердження типу 3 описується нечіткою множиною $C = \{\text{Оцінка об'єкта не більше за число } b\}$ із зигзагоподібною спадаючою функцією належності (рис. 3).

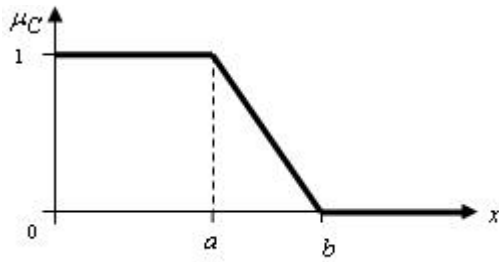


Рис. 3. Функція належності нечіткої множини зигзагоподібного спадаючого вигляду

Для її аналітичного задання достатньо два числа $\langle a, b \rangle$, причому:

$$\mu_C = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases}$$

Нечітка множина $D = \{ \text{Оцінка об'єкта не менше за } b \}$ визначає оцінку за твердженням типу 4 із функцією належності зигзагоподібного зростаючого вигляду (рис. 4), яка визначається набором чисел $\langle a, b \rangle$ та аналітичним рівнянням:

$$\mu_D = \begin{cases} 0, & x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b; \\ 1, & x > b. \end{cases}$$

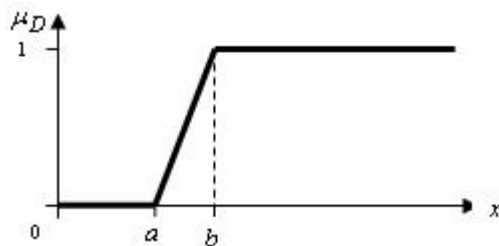


Рис.4. Функція належності нечіткої множини трикутного вигляду

Таким чином, кожен із n експертів задає нечітку оцінку у вигляді одного із чотирьох тверджень, які в свою чергу будуть відповідати одній із вищезначених нечітких множин $A_i, i = \overline{1, n}$.

За розв'язок даної задачі пропонується взяти нечітку колективну оцінку A із функцією належності, що визначається зваженою сумою (математичним сподіванням випадкової величини):

$$\mu_A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \mu_{A_i},$$

де n – кількість експертів; α_i – вагові коефіцієнти експертів; $A_i, i = \overline{1, n}$ – нечіткі оцінки, задані експертами.

Функція належності перетину нечітких множин $A \cap B$ буде мати вигляд [8]:

$$\mu_{A(x) \cap B(x)} = \min(\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}),$$

а об'єднання $A \cup B$:

$$\mu_{A(x) \cup B(x)} = \max(\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}).$$

Очевидно, що для функції належності нечіткої колективної оцінки μ_A буде справедлива нерівність:

$$\mu_{\bigcap_i A_i} < \mu_A < \mu_{\bigcup_i A_i}.$$

При практичній реалізації вищезначеного алгоритму обробки нечітких колективних оцінок експертів, з'ясувалось, що μ_A описується великою кількістю ламаних ліній, що в свою чергу утруднює подальшу роботу з нею. Тому для спрощення подальших розрахунків пропонується перейти до дискретного задання нечіткої множини A :

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}.$$

Для цього можна скористатись таким алгоритмом: необхідно обрати кількість кроків k (кількість точок дискретного задання), визначити розмір кроку $\Delta = \frac{\bar{x} - \underline{x}}{k}$ і для кожного $x_j = x_{j-1} + \Delta, j = \overline{1, k}$ знайти значення функції належності μ_A , причому $x_0 = \underline{x}; \bar{x}$ – точка, правіше якої всі значення функції належності $\mu_A = 0$; а \underline{x} – точка лівіше якої $\mu_A = 0$.

Часто для розв'язання реальних прикладних задач експертного оцінювання достатньо визначити чітку колективну оцінку об'єкта a^* . Для цього потрібно провести процедуру дефазифікації нечіткої множини A , тобто перейти від її нечіткого задання до чіткого числа, що їй відповідає. Різні способи дефазифікації описано в [9]. Враховуючи, що функція μ_A , як правило, не є унімодальною, то пропонується дефазифікацію A провести методом центра тяжіння:

$$a^* = \frac{\sum_{j=0}^k x_j \mu_A(x_j)}{\sum_{j=0}^k \mu_A(x_j)}.$$

Часто в прикладних задачах потрібно оцінити степінь узгодженості думок експертів. Для цього потрібно знати абсолютні величини відхилення оцінок експертів від отриманої колективної оцінки a .

Визначимо узагальнені відносні відстані Хемінга між нечіткими індивідуальними оцінками експертів A_i та нечіткою колективною оцінкою A :

$$d_i = d(A, A_i) = \frac{1}{k+1} \sum_{j=0}^k |\mu_A(x_j) - \mu_{A_i}(x_j)|,$$

$i = \overline{1, n}$.

Степень узгодженості думок експертів будемо визначати як дисперсію:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i d_i^2.$$

Висновок

Оскільки існує значна кількість задач, які потребують в процесі розв'язку експертного втручання, то актуальним і доцільним є створення

потужного сучасного апарату формалізації експертної інформації та систем її обробки.

В роботі представлена система обробки нечіткої експертної інформації, що складається з постановки нечіткої задачі числової оцінки об'єктів; розробки математичного апарату для обробки формалізованих нечітких індивідуальних оцінок експертів; визначення нечіткої та чіткої колективних оцінок об'єкта; визначення коефіцієнта узгодженості думок експертів.

Напрямок подальших досліджень потрібно направити на розробку систем обробки нечіткої та слабоструктурованої експертної інформації в задачах ранжування та попарного порівняння об'єктів.

Список літератури

1. Заде, Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Л.А. Заде // Математика сегодня. – М.: Мир, 1975. – С. 5-49.
2. Кофман, А введение в теорию нечетких множеств [Текст] / А. Кофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
3. Борисов, А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев. – М.: Радио и связь. 1989. – 304 с.
4. Гнатієнко, Г.М. Експертні технології прийняття рішень: Монографія [Текст] / Г.М. Гнатієнко, В.С. Снитюк – К.: ТОВ «Маклаут». – 2008. – 444 с.
5. Землянський, О. М. Оптимізація структури систем пожежного моніторингу на основі експертних висновків / О. М. Землянський, В. С. Снитюк // Управління розвитком складних систем. – 2011. – № 2. – С. 10-15.
6. Зайченко, Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах [Текст] / Ю.П. Зайченко. – К.: «Издательский дом «Слово», 2008. – 344с.
7. Волошин, О.Ф. Модели та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. [Текст] / О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.
8. Множини. Основні поняття теорії множин [Електронний ресурс]. – <http://zaz.gendocs.ru/docs/100/index-108613.html?page=4>
9. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Електронний ресурс]. – <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php>
10. Линейные операторы. Квадратичные формы. [Електронний ресурс]. – <http://matica.org.ua/lineynie-operatori-kvadratichnie-formi/6-5-rasstoyanie-mezhdu-mnozhestvami>

References

1. Zadeh, L. (1975). Foundations of a new campaign to the analysis of complex systems and decision processes. *Math today*, 5-49.
2. Kofman, A. (1982). Introduction to the theory of fuzzy sets. *Radio and communication*, 432.
3. Borisov, A., Alekseev, A. (1989). Handling fuzzy information in decision-making systems. *Radio and communication*, 304.
4. Gnatienko, G., Snytyuk, V. (2008). Expert technology of the decision-making. *TOV "Maklout"*, 444.
5. Zemlianskiy, O., Snytyuk, V. (2011). Optimization of fire alarms systems based on expert opinions. *Management of complex systems*, № 2, 10-15.
6. Zaychenko, Y. (2008). Fuzzy models and methods in intelligent systems. "Publishing House" Word", 344.
7. Voloshin, O., Mashchenko, S. (2010). Models and methods of decision making. "Kyiv University", 336.
8. Sets. Basic concepts of set theory [The electronic resource]. - <http://zaz.gendocs.ru/docs/100/index-108613.html?page=4>
9. Shtovba S.D. Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic [The electronic resource]. – <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php>
10. Linear operators. Quadratic forms. [The electronic resource]. - <http://matica.org.ua/lineynie-operatori-kvadratichnie-formi/6-5-rasstoyanie-mezhdu-mnozhestvami>

Стаття надійшла до редколегії 30.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ф.Е. Гече, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород.