

Моделювання процесу прийняття рішень для оцінки конкурентоздатності

Євдоким Федорчук¹, Остап Кіт², Любомира Кіт³

¹ к. т. н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Ст. Бандери, 12, Львів, e-mail: MyBohdan@ukr.net

² Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Університетська, 1, Львів

³ Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України, вул. Дж. Дудасва, 15, Львів

Запропоновано принцип побудови математичної моделі процесу прийняття рішень на основі методів нечіткої логіки. Основні операції нечіткої логіки використано в математичній моделі для оцінки конкурентоздатності. Розроблено алгоритм і програмне забезпечення для оцінки впливу різних чинників на конкурентоздатність і формування правил прийняття рішень. Проведено порівняльний аналіз результатів розрахунку, отриманих із допомогою розробленої методики та методики, яка використовує модель на основі лінгвістичних зв'язок.

Ключові слова: нечітка логіка, лінгвістичний зв'язок, кон'юнкція, диз'юнкція, булеві функції, нечітка множина, лінгвістична шкала, деревовидна модель даних, прийняття рішень.

Вступ. До основних операцій нечіткої логіки, які були введені Заде [1], належать операції кон'юнкції $\wedge = \min$ і диз'юнкції $\vee = \max$, яким притаманні всі властивості відповідних булевих операцій. Для операцій кон'юнкції та диз'юнкції Заде запропонував наступне узагальнення булевих функцій

$$x \wedge y = \min(x, y); \quad x \vee y = \max(x, y).$$

Ці операції можуть розглядатися з точки зору моделювання лінгвістичних зв'язок «і», «або», які використовуються людиною [2, 3]. Операції \min і \max є адекватні в порядкових шкалах, у яких, зазвичай, вимірюються лінгвістичні оцінки. Недоліком застосування таких операцій є те, що їх результат дорівнює значенню одного операнда та не змінюється зі зміною значень іншого у визначеному діапазоні величин, наприклад, $0,2 \wedge y = 0,2$ для всіх значень $y \geq 0,2$.

Розгляд логічних операцій кон'юнкції та диз'юнкції як дійсних функцій, які є компонентами нечітких моделей процесів і систем, спонукає до необхідності розгляду широкого класу таких функцій, які покращують гнучкість моделювання. В методику побудови нечітких моделей закладено наступні правила R_1, R_2 [4]

$$R_1: \text{якщо } X \in A_i \text{ й } Y \in B_i, \text{ то } Z \in C_i;$$

$$R_2: \text{якщо } X \in A_i \text{ й } Y \in B_i, \text{ то } Z = f_i(x, y),$$

де X, Y, Z — нечіткі змінні; A_i, B_i, C_i — нечіткі значення цих змінних, визначені як нечіткі підмножини відповідних множин числових значень змінних; f_i — дійсна функція.

У загальному випадку операції та співвідношення на множині нечітких множин визначають також поелементно з допомогою операцій і співвідношень на елементах із множини X . Для прикладу

$$A = B \text{ тоді і тільки тоді, коли } A(x) = B(x) \text{ для всіх } x \in X;$$

$$A \subseteq B \text{ тоді і тільки тоді, коли } A(x) \leq B(x) \text{ для всіх } x \in X.$$

На відміну від звичайної множини нечітка множина дає можливість враховувати ступінь належності поняттям-класам, які не мають чітких границь і характерні для людського мислення.

Поняття нечіткої множини можна замінити поняттям характеристичної функції, а замість булевої алгебри множин розглядати булеву алгебру характеристичних функцій.

Варто звернути увагу на те, що у процесі нечіткого моделювання систем, які задаються сукупністю експериментальних даних, функції приналежності в початковому наближенні можуть бути задані довільно у вигляді трикутних, гаусівських та іншого типу параметричних функцій. У подальшому ці функції можуть бути налаштовані для мінімізації величини розбіжності між нечіткою моделлю та системою, що моделюється.

Операції \min і \max не задовольняють з точки зору моделювання лінгвістичних зв'язок. Це стало поштовхом для впровадження строго монотонних операцій у порядкових шкалах [5, 6], налаштованих експертом за табличними даними [7]. Це стимулювало дослідження з пошуку нових операцій кон'юнкції та диз'юнкції. Розширення класу операцій кон'юнкції та диз'юнкції нечіткої логіки зумовлене необхідністю побудови узагальнених математичних моделей, на основі яких можна з єдиної позиції розглядати, наприклад, імовірнісні та багатозначні логіки, довільні методи прийняття рішень, оброблення даних та інше.

Розширення області застосування нечіткої логіки та можливостей методів нечіткого моделювання призводить до узагальнення цих операцій. Наприклад, розв'язуючи задачі ідентифікації нечітких моделей і проводячи їх оптимізацію за параметрами операцій, необхідно розглядати неасоціативність операцій кон'юнкції та диз'юнкції з метою побудови простих параметричних класів останніх. В іншому випадку, узагальнення операцій кон'юнкції та диз'юнкції нечіткої логіки пов'язане з заміною множини значень достовірності $[0, 1]$ на лінійну впорядковану множину лінгвістичних оцінок достовірності чи на списки таких оцінок достовірності. Узагальнення основних операцій нечіткої логіки може бути спричинене розробкою експертних систем. У таких системах значення істинності, достовірності фактів і правил оцінюються безпосередньо експертом або спостерігачем у лінгвістичній шкалі. Окрім того, узагальнення основних операцій нечіткої логіки викликане зміщенням напрямку активного розвитку нечіткої логіки від моделювання кількісних процесів, що підлягають вимірюванню до моделювання процесів сприйняття та прийняття рішень людиною на основі гранулювання інформації й обчислення словами [8, 11].

1. Постановка задачі

Застосуємо методи нечіткої логіки для моделювання процесу прийняття рішень із метою оцінки конкурентоздатності продукції (товарів, робіт, послуг, наукових розробок та інше). Критерії, що впливають на конкурентоздатність, можна подати у вигляді дерева з ієрархічною класифікацією. Дерево відображає шляхи впливу окремих критеріїв на критерії вищого рівня та на результуючу оцінку конкурентоздатності [9]. Графічно (див. рис. 1) для десяти критеріїв, які впливають на конкурентоздатність, у дереві оцінки можна виділити такий характер впливу окремих критеріїв:

- критерії X_1, Y_1, Y_2, Y_3 впливають незалежно;
- критерії X_2, X_3, X_4 мають взаємний вплив на Y_1 ;
- критерії X_5, X_6, X_7 мають взаємний вплив на Y_2 ;
- критерії X_8, X_9, X_{10} мають взаємний вплив на Y_3 .

Для числової оцінки нечіткості впливу необхідно задати коефіцієнти визначеності KH у вигляді цілих чисел у діапазоні від 1 до 100. Для знаходження результуючих коефіцієнтів скористаємося формулами нечіткої логіки [2]

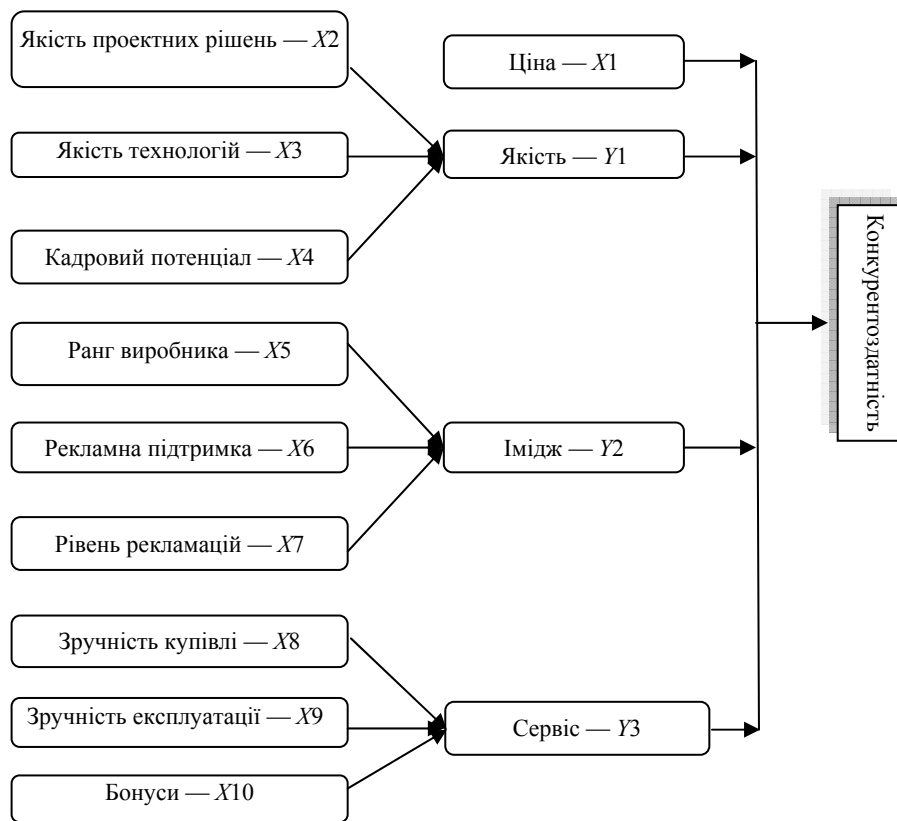


Рис. 1. Дерево оцінки конкурентоздатності

$$KH(Y1) = \min\{KH(X2), KH(X3), KH(X4)\}, \quad (1)$$

$$KH(Y2) = \min\{KH(X5), KH(X6), KH(X7)\}, \quad (2)$$

$$KH(Y3) = \min\{KH(X8), KH(X9), KH(X10)\}, \quad (3)$$

$$KH(K1) = \{KH(X1) + KH(Y1) - KH(X1)KH(Y1)\} / 100,$$

$$KH(K2) = \{KH(Y2) + KH(Y3) - KH(Y2)KH(Y3)\} / 100,$$

$$KH(K) = \{KH(K1) + KH(K2) - KH(K1)KH(K2)\} / 100. \quad (4)$$

Із використанням виразів (1)-(3) можна визначити коефіцієнти взаємного впливу критеріїв для прийняття рішень. Результат незалежного впливу критеріїв $X1, Y1, Y2, Y3$ на нечітку оцінку конкурентоздатності визначається співвідношенням (4).

Шляхом експертного опитування або імітаційного обчислення можна отримати коефіцієнти визначеності. Ці коефіцієнти дозволяють провести тестування моделі в широкому діапазоні нечітких оцінок.

2. Алгоритми оцінки конкурентоздатності та прийняття рішень

Програма для розв'язування задачі з прийняття рішень для оцінювання конкурентоздатності побудована на основі алгоритму, що містить наступну послідовність операцій (рис. 2):

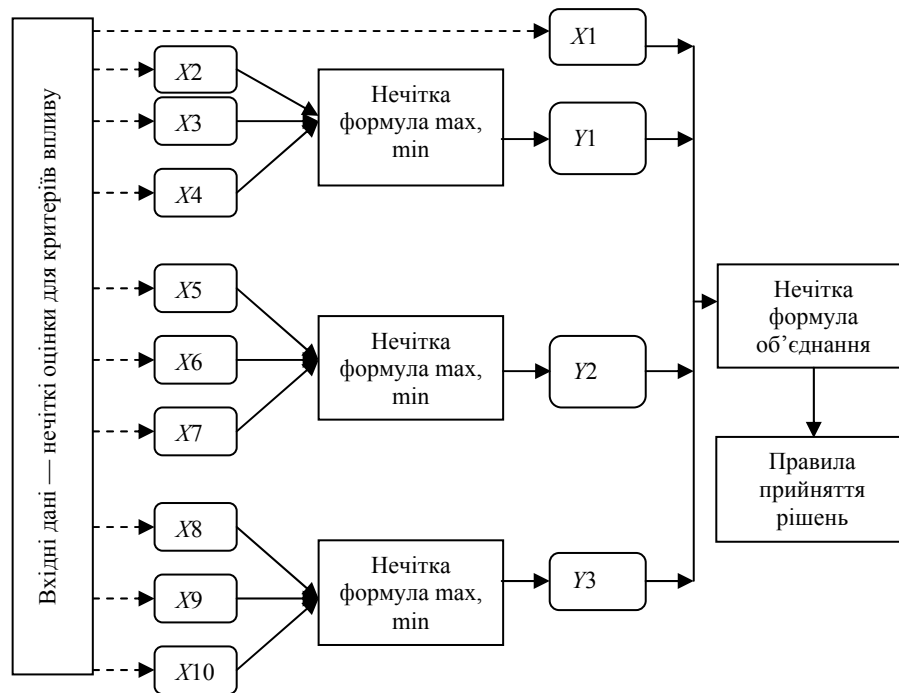


Рис. 2. Алгоритм оцінки конкурентоздатності

- формування множини варіантів вхідних даних;
- розрахунок із використанням розробленої моделі;
- оцінка якості рішень із допомогою правил.

Вхідною моделлю задачі є деревовидна модель даних і формули нечіткої логіки для аналізу даних у вузлах дерева й у кореневому вузлі. Для дерева генеруються різні набори даних і оцінюється конкурентоздатність на основі таких правил:

- вибір способу оцінювання факторів впливу (експертне або імітаційне оцінювання);
- надання довідки про задачу, яка розв'язується (її модель і алгоритм);
- завершення обчислень.

3. Результати досліджень

На основі описаного алгоритму розроблено програмне забезпечення в середовищі VBA, поєднаному з оболонкою Excel. У процесі експериментальних досліджень моделі були враховані такі аспекти:

- вибір критеріїв оцінки факторів впливу (експертне або імітаційне оцінювання);
- надання довідки про задачу, яка розв'язується (її модель і алгоритм);
- спосіб завершення процесу обчислення.

Результати розрахунку подаються у вигляді гістограми, що дає можливість оцінити вплив факторів на конкурентоздатність і допомагає формувати правила

Таблиця

№	Назва критерію	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Оцінка конкурентоздатності — K		48	65	75
1	Якість — $Y1$	15	32	48
2	Імідж — $Y2$	9	15	38
3	Сервіс — $Y3$	18	11	15
4	Ціна — $X1$	18	33	22
5	Якість проектних рішень — $X2$	32	71	61
6	Якість виробничих технологій — $X3$	41	31	48
7	Кадрове забезпечення — $X4$	15	79	68
8	Ранг виробника — $X5$	51	15	88
9	Рекламне забезпечення — $X6$	9	59	37
10	Рівень реклаमाцій — $X7$	20	95	30
11	Зручність купівлі — $X8$	69	24	29
12	Зручність під час експлуатації — $X9$	50	93	15
13	Бонуси — $X10$	18	11	52
Правила прийняття рішення (оцінка конкурентоздатності)		Якщо $K \leq 50$, то низька	Якщо $51 \leq K \leq 70$, то добра	Якщо $71 \leq K \leq 100$, то висока

прийняття рішень про кінцеву оцінку. В процесі досліджень встановлено, що *min*-формули нечіткої логіки дають достовірніші оцінки конкурентоздатності порівняно з *max*-формулами. Для заданої оцінки конкурентоздатності (низька, середня, висока) встановлено правила прийняття рішень.

Розроблене програмне забезпечення дає можливість:

- автоматизувати процедуру експертної оцінки критеріїв впливу;
- моделювати правдоподібність висновків щодо прийняття рішень шляхом зміни апріорних значень коефіцієнтів визначеності.

Таблиця містить результати оцінки конкурентоздатності з урахуванням різних варіантів оцінки. За результатами розрахунку для трьох варіантів оцінки запропоновано правила прийняття рішень.

Висновки. Отримані результати показують, що застосування алгоритму з використанням методів нечіткої логіки підвищує ефективність процесу прийняття рішень для оцінки конкурентоздатності порівняно з методами на основі лінгвістичних змінних. Запропонована математична модель відрізняється простотою обчислень і забезпечує необхідну похибку оцінки процесу прийняття рішень.

Література

- [1] *Заде Л. А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. — М.: Знание, 1979. — С. 5-49.
- [2] *Батыршин И. З.* Общий взгляд на основные черты и направления развития нечеткой логики Л. Заде // Новости искусственного интеллекта. — 2001. — № 2-3. — С. 25-27.
- [3] *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
- [4] *Кожман А.* Введение в теорию нечетких множеств. — М.: Радио и связь, 1982. — 432 с.
- [5] *Батыршин И. З.* Лексикографические оценки правдоподобности с универсальными границами. I. Техническая кибернетика // Известия академических наук. — 1994. — № 5. — С. 28-45.
- [6] *Батыршин И. З.* Лексикографические оценки правдоподобности с универсальными границами. II. Операции отрицания. Теория и системы управления // Известия РАН. — 1995. — № 5. — С. 133-151.
- [7] Экспертные системы. Принципы работы и примеры / Под ред. *Форсайта Р.* — М.: Радио и связь, 1987. — 224 с.
- [8] Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. *Ягера Р. Р.* — М.: Радио и связь, 1986. — 406 с.
- [9] *Штовба Є. В.* Моделювання конкурентоздатності бренду на основі нечітких баз знань // Вісник Житомирського державного технологічного університету. — 2004. — Том. II, № 4(31). — С. 168-179.
- [10] *Леоненков А.* Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTECH. — СПб: БХВ-Петербург, 2003. — 736 с.
- [11] *Zaden L. A.* Fuzzy logic = computing with words // IEEE Trans. on Fuzzi Systems. — 1996. — Vol. 4, № 2. — P. 103-111.

Decision making process modelling for competability assessment

Yevdokym Fedorchuk, Ostap Kit, Lyubomyra Kit

The principle of the mathematical model of decision-making processes was built on the basis of fuzzy logic approach. Main operations of fuzzy logic has been used in the mathematical model for competitiveness assessment. Algorithm and software for assessing the impact of various factors on competitiveness and formation of the decision-making rules have been worked out. Moreover, the comparative analysis of the calculations, received due to the elaborated program, and the results of calculations using the model based on linguistic relations was done.

Моделирование процесса принятия решений для оценки конкурентоспособности

Євдоким Федорчук, Остап Кіт, Любомира Кіт

Предложен принцип построения математической модели процесса принятия решений на основании методов нечеткой логики. Основные операции нечеткой логики использовались в математической модели для оценки конкурентоспособности. Разработан алгоритм и программное обеспечение для оценки влияния различных факторов на конкурентоспособность и формирование правил принятия решений. Проведен сравнительный анализ результатов расчета, полученных с помощью разработанной программы, с результатами, полученными при расчете с использованием модели на основании лингвистических связей.

Отримано 12.03.08