

**ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ  
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА**

© Воробець С.Й., Кічор В.П., Симак А.В., 2012

**Розглянуто методологічні і практичні аспекти побудови експертної системи для моделювання конкурентоспроможності товару з використанням засобів нечітких множин. Технологія моделювання передбачає експертне оцінювання функцій належності лінгвістичних змінних, створення системи ієрархічних баз знань і алгоритмів їх оброблення. В результаті реалізації моделі формулюється експертний логічний висновок.**

**Ключові слова:** конкурентоспроможність товару, нечітка множина, лінгвістична змінна, термножина, функція належності, правила логічного висновку, база знань, експертна система, фазифікація лінгвістичної змінної, дефазифікація лінгвістичної змінної.

**SYSTEM DESIGN AND EVALUATION  
OF PRODUCTION ENTERPRISE COMPETITIVENESS**

© Vorobec S. J., Kichor V. P., Symak A. V., 2012

**The methodological and practical aspects of building an expert system for modeling the competitiveness of the goods with the use of fuzzy sets. Simulation technology provides expert assessment of membership functions of linguistic variables, a system of hierarchical knowledge bases and algorithms for their processing. As a result of the model is formulated expert logical conclusion.**

**Key words:** competitiveness of the goods, fuzzy sets, linguistic variables, thermo-set, membership function, rules of inference, knowledge base, expert system, fazyfikatsiya linguistic variable defazafikatsiya linguistic variable.

**Постановка проблеми.** Товарна політика фірми, головна мета якої полягає у встановленні набору товарних груп, що забезпечують її ефективне функціонування, посідає одне із провідних місць у маркетинговій діяльності. Оцінювання показника конкурентоспроможності товару, як правило, здійснюється в умовах недостатньої кількості інформації і вимагає залучення експертів. Крім того, окремі параметри товару визначаються не числовими, а якісними характеристиками. Реальним дієвим засобом моделювання маркетингових рішень у таких випадках є застосування апарата нечітких множин, який забезпечує представлення невизначеності параметрів системи показників товару через суб'єктивні ймовірності. Отримані в результаті пізнавальної активності експертів (експертних груп) суб'єктивні ймовірності слугують інформаційною базою для визначення оцінки інтегрального показника конкурентоспроможності товару. Для аналізування та оцінювання конкурентоспроможності товару пропонується експертна система, в основу якої покладені сучасні технології роботи з базами знань.

**Аналіз останніх досліджень.** Розв'язування цих задач оцінювання конкурентоспроможності продукції вважається одним з пріоритетних напрямів науково-прикладних досліджень у сфері маркетингу. Питання розвитку методології оцінювання конкурентоспроможності товару і їх практичної реалізації знайшли своє відображення у працях як вітчизняних, так і зарубіжних учених. Інтенсивність таких досліджень зумовлена перманентним удосконаленням підходів до управління маркетинговою діяльністю підприємства і технологій оброблення інформації, покладених в основу їх реалізації.

Стохастичний характер соціально-економічних процесів, брак і неточність інформації, вплив суб'єктивних чинників на вироблення рішень – це визначальні чинники необхідності застосування сучасного математичного інструментарію для подальшого удосконалення методів управління маркетингом загалом і процесами підвищення конкурентоспроможності продукції підприємства зокрема.

Особливо актуальним у цьому напрямі є застосування теорії нечітких множин. Поява теорії нечітких множин була зумовлена “незадоволенням математичними методами класичної теорії систем, яка вимагала домагатись шгучної точності, несумісної з багатьма системами реального світу, особливо в так званих гуманістичних системах, включаючи людей” [2]. Важливим кроком у плані практичного застосування цієї теорії вважається побудова системи нечіткого управління як засобу сучасного менеджменту.

**Цілі статті** – представити підхід до створення експертної системи для оцінювання конкурентоспроможності продукції підприємства, яка ґрунтується на формулюванні логічного висновку на основі нечітких баз знань і реалізується у вигляді нейромережевої технології підтримки прийняття рішень.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для створення експертно-модельної системи визначення конкурентоспроможності товару використано математичний апарат, що ґрунтується на теорії нечіткої логіки та лінгвістичної змінної. Цей метод як взаємопов'язана сукупність математичних моделей, алгоритмів й формалізованих методик дає змогу використовувати експертно-лінгвістичну інформацію для визначення рівня конкурентоспроможності товару. В [1] лінгвістичну змінну визначено як “змінну, заченнями якої можуть бути слова або словосполучення деякої природної мови”. Оцінювання значень лінгвістичних змінних проводиться за допомогою системи якісних термінів. Кожний з цих термінів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Нечітка множина  $\bar{A}$  – це сукупність пар вигляду

$$\bar{A} = \{ \mu(u_i) / u_i \},$$

де  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$  – універсальна скінченна множина значень;  $\mu(u_i)$  – функція належності, яка приймає значення з діапазону  $[0; 1]$  і слугує мірою належності елемента базової шкали  $u_i$  у нечіткій множині  $\bar{A}$ .

У новітніх наукових підходах оцінка конкурентоспроможності товару розглядається через призму його життєвого циклу. У [3] виділено такі елементи функціонального життєвого циклу продукції:

- виробничий цикл – переробка матеріалів, деталей і вузлів у готовий виріб;
- логістичний цикл – рух товару після заключення контракту (від закупівлі матеріалів до їх відвантаження і зміни права власності);
- передпродажний цикл – маркетинг, створення нових товарів, виведення їх на ринок і роботи з продажів до заключення контракту;
- післяпродажний цикл – післяпродажне обслуговування, утилізація товару, гарантійне і післягарантійне обслуговування.

У контексті такого підходу до рівня конкурентоспроможності товару його пропонується представляти за допомогою лінгвістичної змінної  $K$  за співвідношенням:

$$K = f(x_1, Y^1, Y^2, Y^3),$$

де  $x_1, Y^1, Y^2, Y^3$  – лінгвістичні змінні, які описують:  $x_1$  – ціну реалізації товару;  $Y^1 = (x^1_2; x^1_3; x^1_4)$  – якість проектно-виробничих умов виробництва товару, яка агрегує такі параметри: якість проектних рішень ( $x^1_2$ ), технологічний рівень виробництва товару ( $x^1_3$ ), рівень фахової підготовки персоналу ( $x^1_4$ );  $Y^2 = (x^2_5; x^2_6)$  – рівень розвитку логістичної мережі поставок сировини, матеріалів та комплектуючих і мережі реалізації готової продукції: оцінку постачальників сировини, матеріалів та комплектуючих ( $x^2_5$ ), рівень розвитку форм і каналів реалізації товару ( $x^2_6$ ), рівень рекламної підтримки продажу товару ( $x^2_7$ );  $Y^3 = (x^3_8; x^3_9; x^3_{10})$  – рівень обслуговування покупців: сервісне обслуговування під час купівлі товару ( $x^3_8$ ), сервісне обслуговування у процесі експлуатації товару ( $x^3_9$ ), стимулювання продажів шляхом надання знижок і нарахування бонусів ( $x^3_{10}$ ).

Для оцінювання конкурентоспроможності товару пропонується експертна система, в основу якої покладено комплекс ієрархічно підпорядкованих систем баз знань і блок логічного висновку. У такій системі вихід однієї бази знань подається на вхід іншої бази, яка є вищою за рівнем ієрархії. Експерту важко формалізувати причинно-наслідкові зв'язки нечіткими правилами за великої кількості входів, а використання ієрархічно залежних баз знань вирішує проблему уникнення великої розмірності.

Процес оцінювання конкурентоспроможності товару подамо у вигляді дерева логічного висновку, в якому коренем виступає рівень конкурентоспроможності, а початковими вершинами – вхідні фактори. Вхідні фактори об'єднуються в групи, які формалізуються через проміжні вершини графа ( $Y^1, Y^2, Y^3$ ), взаємодія яких визначає шуканий показник – рівень конкурентоспроможності товару  $K$  (рис. 1).

Функціональну структуру експертної системи для формування нечіткого логічного висновку про конкурентоспроможність товару показано на рис. 2.

Першим етапом побудови моделі для оцінювання показника конкурентоспроможності товару є етап визначення лінгвістичних оцінок змінних і необхідних для їх формалізації функцій належності (етап фазифікації). Для визначення функцій належності пропонується використовувати експертний метод.

Введемо такі позначення:

$S$  – кількість експертів;

$M$  – кількість лінгвістичних термів для лінгвістичної змінної;

$v_j (j = \overline{1, m})$  – значення  $j$ -го лінгвістичного терма;

$o_{v_j}^k (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, S})$  – оцінка, надана  $k$ -м експертом  $i$ -му значенню універсальної множини ( $o_{v_j}^k = 1$ ,

якщо  $u_i$  має властивість  $v_j$ , і  $o_{v_j}^k = 0$  – в іншому випадку).

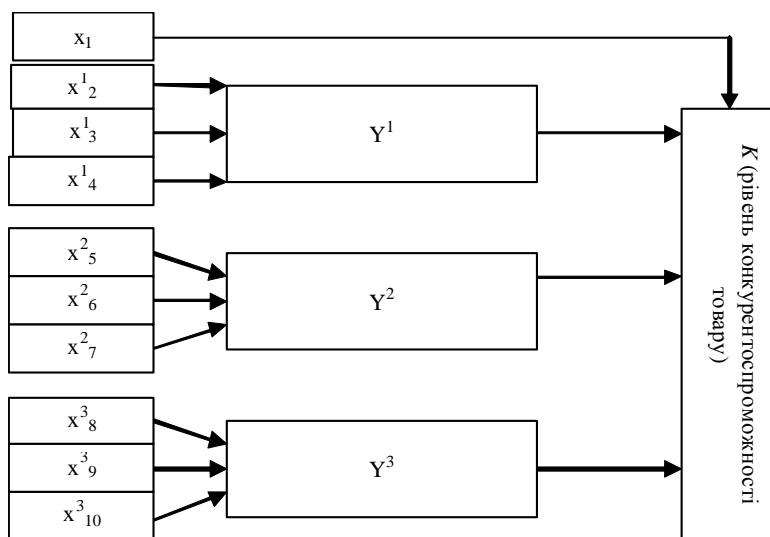


Рис. 1. Дерево логічного висновку

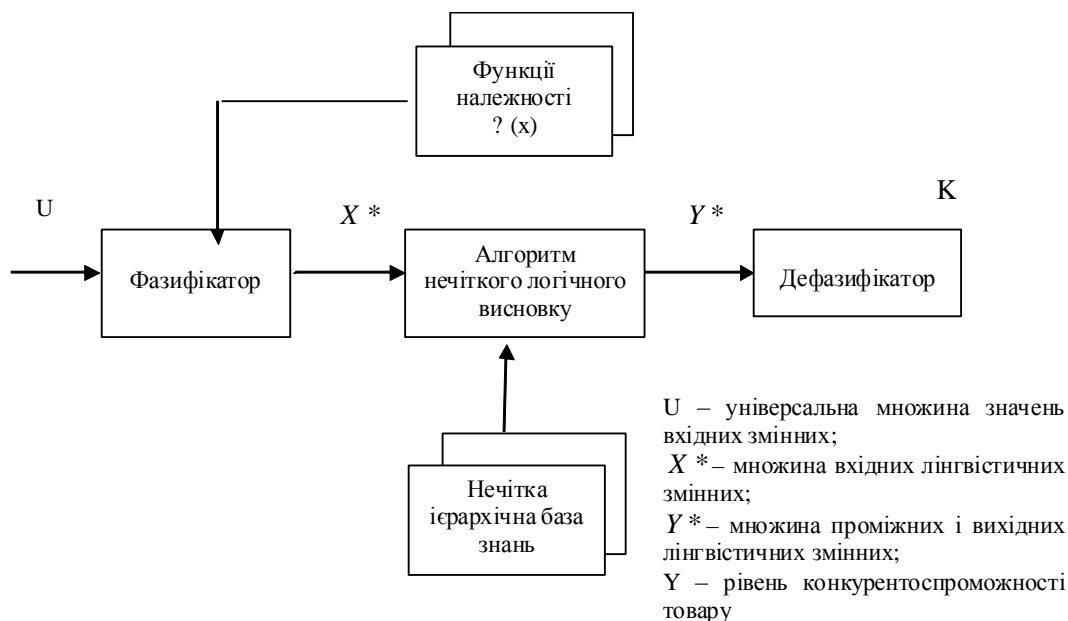


Рис. 2. Функціональна структура експертної системи оцінювання конкурентоспроможності товару

Тоді функція належності кожної з лінгвістичних змінних на основі даних універсальної множини  $U$ , обчислюється за формулою

$$\mu_{v_j}(u_i) = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S o_{v_j}^s i.$$

Оцінювання значень лінгвістичних змінних, які наведено у співвідношенні (2), проводиться за допомогою системи якісних термінів:  $n$  – низький;  $нс$  – нижче середнього;  $с$  – середній;  $вс$  – вище середнього;  $в$  – високий. Кожний з цих термів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість.

Лінгвістичні терми, які відображають властивості лінгвістичних змінних, використаних для оцінювання конкурентоспроможності товару, наведено у таблиці.

Нечітка база знань містить інформацію про залежності  $Y = f(X)$  у вигляді лінгвістичних правил. Якщо  $\langle \dots \rangle \rightarrow To \langle \dots \rangle$ . База знань реалізує умови нечіткого логічного висновку.

Приклад однієї з таких баз знань показано у вигляді лінгвістичних висловлювань, яким відповідає система нечітких логічних рівнянь, що характеризують поверхню належності змінних за відповідним лінгвістичним термом:

$$\mu_n(K) = (\mu_n(Y^1) \wedge \mu_n(Y^2) \wedge \mu_n(Y^3) \wedge \mu_n(x^1)) \vee (\mu_n(Y^1) \wedge \mu_n(Y^2) \wedge \mu_n(Y^3) \wedge \mu_{nc}(x^1)) \vee (\mu_n(Y^1) \wedge \mu_n(Y^2) \wedge \mu_{nc}(Y^3) \wedge \mu_{nc}(x^1)) \vee (\mu_{nc}(Y^1) \wedge \mu_{nc}(Y^2) \wedge \mu_{nc}(Y^3) \wedge \mu_{nc}(x^1));$$

$$(\mu_{nc}(K) = (\mu_{nc}(Y^1) \wedge \mu_{nc}(Y^2) \wedge \mu_{nc}(Y^3) \wedge \mu_{nc}(x^1)) \vee (\mu_{nc}(Y^1) \wedge \mu_{nc}(Y^2) \wedge \mu_{nc}(Y^3) \wedge \mu_c(x^1)) \vee (\mu_{nc}(Y^1) \wedge \mu_{nc}(Y^2) \wedge \mu_c(Y^3) \wedge \mu_c(x^1)) \vee (\mu_{nc}(Y^1) \wedge \mu_c(Y^2) \wedge \mu_c(Y^3) \wedge \mu_c(x^1));$$

$$\mu_c(K) = (\mu_c(Y^1) \wedge \mu_c(Y^2) \wedge \mu_c(Y^3) \wedge \mu_c(x^1)) \vee (\mu_c(Y^1) \wedge \mu_c(Y^2) \wedge \mu_c(Y^3) \wedge \mu_{vc}(x^1)) \vee (\mu_c(Y^1) \wedge \mu_c(Y^2) \wedge \mu_{vc}(Y^3) \wedge \mu_{vc}(x^1));$$

$$\mu_{vc}(K) = (\mu_{vc}(Y^1) \wedge \mu_{vc}(Y^2) \wedge \mu_{vc}(Y^3) \wedge \mu_{vc}(x^1)) \vee (\mu_{vc}(Y^1) \wedge \mu_{vc}(Y^2) \wedge \mu_{vc}(Y^3) \wedge \mu_v(x^1)) \vee (\mu_{vc}(Y^1) \wedge \mu_{vc}(Y^2) \wedge \mu_v(Y^3) \wedge \mu_v(x^1));$$

$$\mu_v(K) = (\mu_v(Y^1) \wedge \mu_v(Y^2) \wedge \mu_v(Y^3) \wedge \mu_v(x^1)) \vee (\mu_v(Y^1) \wedge \mu_v(Y^2) \wedge \mu_v(Y^3) \wedge \mu_v(x^1)).$$

База знань відображає досвід експерта (або групи експертів) і їх розуміння причинно-наслідкових зв'язків, які використовують під час оцінювання конкурентоспроможності товару. На основі цієї бази знань блок логічного висновку формує висновок за одним з можливих алгоритмів (нечіткий логічний висновок Мамдамі або нечіткий логічний висновок Сугено), основу яких становить композиційний алгоритм нечіткого висновку Заде. Кожен з вищезгаданих нечітких логічних висновків представляється як апроксимація залежності "вхід – вихід" на основі лінгвістичних висловлювань. Якщо  $\langle \dots \rangle \rightarrow To \langle \dots \rangle$  і логічних операцій над нечіткими множинами. Результатом роботи алгоритмів нечіткого логічного висновку є агрегування нечітких множин, яке реалізується через операцію максимуму функцій належності для множини логічних змінних.

Для переходу від отриманих нечітких висновків щодо рівня конкурентоспроможності товару до його кількісної оцінки необхідно виконати процедуру дефазифікації, тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму. Дефазифікатор – перетворює вихідну нечітку множину  $Y^*$  у чітке число  $Y$ . З різних методів дефазифікації у системі реалізовано метод "Centroid". Дефазифікація нечіткої множини  $K = \sum \mu_A(u_i) / u_i$

згідно з цим методом здійснюється за формулою

$$Centroid(K) = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_A(u_i) \cdot u_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i(u_i)}.$$

Оскільки реалізована в експертній системі модель оцінювання конкурентоспроможності товару будується виключно на основі висновків експертів, то на завершальному етапі необхідна верифікація моделі. Зміст такої верифікації полягає у параметричній ідентифікації нечіткої моделі за експериментальними даними маркетингових досліджень, тобто в уточненні функцій належності і системи параметрів у правилах логічного висновку.

Програмним інструментом реалізації експертної системи оцінювання конкурентоспроможності товару вибрано середовище Business Intelligence Development Studio, яке входить до складу корпоративної системи управління базами даних MS SQL Server і забезпечує ефективну роботу з нейромережевими технологіями. Реалізація моделей нечітких баз знань виконується засобами мови DMX. На відміну від нейросимуляторів Business Intelligence Development Studio не обмежується моделями нейронних мереж і їх параметрами, які жорстко визначені, а надає можливість самостійно конструювати саме ту мережу, яка є найоптимальнішою для розв'язання прикладної задачі.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Реалізація моделі конкурентоспроможності товару, представленої у вигляді експертної системи з використанням системи нечітких баз знань, забезпечує:

- визначення оцінки конкурентоспроможності товару (число з діапазону [0; 1]);
- реалізацію бізнес-аналітики зміни оцінки показників конкурентоспроможності залежно від варіації чинників, які впливають на неї.

**Лінгвістичні змінні та їх терми, які впливають на рівень конкурентоспроможності товару**

Чинник впливу	Позначення й назва лінгвістичної змінної	Універсальна множина вхідних значень	Терми для оцінювання лінгвістичних змінних	
1	2	3	4	
Y <sup>1</sup> – якість проектно-виробничих умов виробництва товару	x <sup>1</sup> <sub>2</sub> – якість проектних рішень	(1...100)	низька (н), середня (ср), висока (в)	низька (н), нижче середнього (нс), середня (ср), вище середнього (вс), висока (в)
	x <sup>1</sup> <sub>3</sub> – технологічний рівень виробництва товару	(1...100)	низький (н), середній (ср), високий (в)	
	x <sup>1</sup> <sub>4</sub> – рівень фахової підготовки персоналу	(1...100)	низький (н), середній (ср), високий (в)	
Y <sup>2</sup> – рівень розвитку логістичної мережі поставок сировини, матеріалів та комплектуючих і мережі реалізації готової продукції	x <sup>2</sup> <sub>5</sub> – оцінка постачальників сировини, матеріалів та комплектуючих	(1...100)	низька (н), задовільна (з), висока (в)	низький (н), нижче середнього (нс), середній (ср), вище середнього (вс), високий (в)
	x <sup>2</sup> <sub>6</sub> – рівень розвитку форм і каналів реалізації товару	(1...100)	низький (н), помірний (п), високий (в)	
	x <sup>2</sup> <sub>7</sub> – рівень рекламної підтримки продажу товару	(1...100)	низький (н), помірний (п), високий (в)	
Y <sup>3</sup> – рівень реалізаційного і післяреалізаційного обслуговування покупців	x <sup>3</sup> <sub>8</sub> – сервісне обслуговування під час купівлі товару	(1...100)	низьке (н), задовільне (з), високе (в)	низький (н), нижче середнього (нс), середній (ср), вище середнього (вс), високий (в)
	x <sup>3</sup> <sub>9</sub> – сервісне обслуговування у процесі експлуатації товару	(1...100)	низьке (н), задовільне (з), високе (в)	
	x <sup>3</sup> <sub>10</sub> – стимулювання продажів шляхом надання знижок і нарахування бонусів	(1...100)	низьке (н), задовільне (з), високе (в)	
x <sub>1</sub> – ціна товару		Числовий діапазон між найнижчою і найвищою цінами підприємств-конкурентів	низька (н), нижче середньої (нс), середня (с), вище середньої (вс), висока (в)	

Подальшим розвитком запропонованого підходу до оцінювання конкурентоспроможності товарної продукції підприємства є інтеграція у загальну систему бізнес-аналізу, яка ґрунтується на сучасних методиках прийняття рішень, реалізованих на платформі технологій Data mining з використанням систем корпоративних сховищ даних.

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем / С.Д. Штовба. – М : Телеком, 2007. – 290 с.  
 2. Zadeh L.A. Furry Sets / L.A. Zadeh. – 1965. – P. 338–353. (Information and Control; № 8). 3. Румянцев К. Концепции построения ERP-систем на предприятиях. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.softmatics.ru](http://www.softmatics.ru).