

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ БРЕНДА НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАНЬ

(Представлено д.т.н., проф. Панішевим А.В.)

*Стаття присвячена багатофакторному моделюванню конкурентоспроможності марочних товарів. Запропонована модель конкурентоспроможності, що враховує 10 факторів за допомогою 4 нечітких експертних баз знань; поставлена задача параметричної ідентифікації нечіткої моделі за експериментальними даними; математично формалізовані прикладні менеджерські задачі з управління конкурентоспроможністю марочних товарів; наведені приклади їх розв'язання.*

**Постановка проблеми.** Стаття присвячена моделюванню конкурентоспроможності марочних товарів, тобто товарів, що продаються під певною торговою маркою (брендом). За визначенням [1] під конкурентоспроможністю розуміється “сукупна здатність товару витримати конкуренцію порівняно з іншими товарами на певному регіональному чи товарному ринку, мати попит і бути реалізованим та принести власникові прибуток”. Критерієм конкурентоспроможності назвемо число з діапазону  $[0, 100]$ , яке показує міру відповідності марочного товару економічній категорії конкурентоспроможності за наведеним вище визначенням. Чим більше значення критерію конкурентоспроможності, тим більше шансів у товарів з цією торговою маркою бути обраними покупцями, тим більше сегмент ринку припадає на цей товар. Менеджер, маючи моделі конкурентоспроможності марочних товарів, може за такими показниками, як ціна та якість товару, ступінь інформованості покупців тощо оцінити сегментацію ринку, спрогнозувати її зміни і на базі цього управляти брендом. Сьогодні спиратися в менеджменті брендом лише на інтуїцію, як зазвичай це робили маркетологи, стає занадто неефективно і накладно [2].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Незважаючи на велику кількість досліджень з моделювання конкурентоспроможності товарів [3–5 та інші], на сьогодні відсутні математичні моделі, які б надавали бренд-менеджеру практичні рекомендації з управління. На нашу думку, це можна пояснити тим, що в означених публікаціях моделювання конкурентоспроможності зводиться до розрахунку зваженої суми частинних техніко-економічних критеріїв. При цьому передбачається, що нестачу одних показників можна компенсувати надлишком інших. Пропорції таких “взаємозаліків” є сталими на всьому факторному просторі; вони визначаються ваговими коефіцієнтами функції згортки. Недоцільність використання методу зваженої суми частинних критеріїв для моделювання конкурентоспроможності марочних товарів обумовлено такими причинами.

1. Сьогодні на ринку України наявні товари, техніко-економічні показники яких відрізняються в кілька разів. При такому розкиді показників чутливість конкурентоспроможності (а відповідно і обсягів продажу) до зміни факторів впливу не є сталою на усьому факторному просторі.

2. Необхідно враховувати багато факторів, серед яких не тільки показники якості і ціни, але і рівень інформованості споживача, його прихильність до торгової марки, географічна та часова доступність в придбанні товару, рівень сервісу при придбанні, устаткуванні, експлуатації та ремонті марочного товару, соціальні, економічні, психологічні та інші бонуси, які стають доступними при придбанні товару. Саме врахування не тільки техніко-економічних характеристик, а й іміджу бренда, сервісних та бонусних показників відрізняє зміст конкурентоспроможності марочного і немарочного товарів.

3. Прогнозування конкурентоспроможності доводиться проводити в умовах невизначеності, коли значення деяких факторів впливу оцінюються експертом за певною лінгвістичною шкалою типу “Низький”, “Середній” тощо. Це пов'язано як з неможливістю проведення дорогих повномасштабних маркетингових досліджень, так і з обмеженим доступом до правдивої фінансової звітності конкурентів.

4. Менеджери часто приймають рішення на основі лінгвістичних правил типу “ЯКЩО ціна – низька, а якість – висока, та імідж бренда – високий, ТОДІ конкурентоспроможність – дуже висока”, в яких сконцентровані теоретичні знання та власний досвід управління. Такі експертні знання-правила складно імплементувати у відомі методи оцінки конкурентоспроможності.

При моделюванні брендингу добрі результати отримані в розвинутих західних країнах з використанням Data Mining and Knowledge Discovery [6] – методів інтелектуального аналізу даних та екстракції знань. Ці методи дозволяють з великих масивів інформаційної “руди” автоматично видобувати “грами” знань (правил, класифікацій, образів тощо), які є новими, нетривіальними, достовірними, корисними та зрозумілими для користувачів. Використання цих методів в Україні є

передчасним, через відсутність необхідних банків даних з результатами повномасштабних маркетингових експериментів (активних та пасивних) з брендовими товарами.

Для подолання описаних вище труднощів нами пропонується використовувати методи теорії нечітких множин [7] для роботи з експертними знаннями в умовах невизначеності. Закордонний досвід [7, 8] свідчить, що застосування теорії нечітких множин дозволяє елегантно вирішити різноманітні економічні та менеджерські задачі. Спираючись на теорію ідентифікації на основі нечітких баз знань [9, 10], сформулюємо ряд методологічних принципів, які будемо використовувати для нечіткого моделювання конкурентоспроможності марочних товарів.

*Принцип лінгвістичності вхідних змінних*, відповідно до якого фактори впливу розглядаються як лінгвістичні змінні, що оцінюються термами – словами або словосполученнями деякої природної або штучної мови. Через функції належності терми формалізуються нечіткими множинами.

*Принцип формування структури залежності «входи-вихід» у вигляді нечіткої бази знань*. Нечітка база знань представляє собою сукупність правил <ЯКЩО «входи», ТОДІ «вихід»>, які віддзеркалюють досвід експерта і його розуміння причинно-наслідкових зв'язків. Особливість подібних висловлювань полягає в тому, що їх адекватність не змінюється при незначних коливаннях умов експерименту.

*Принцип ієрархічності експертних знань*. Використання цього принципу дозволяє подолати так зване «прокляття розмірності». При великій кількості факторів впливу формування правил <ЯКЩО – ТОДІ> стає досить складним. Це зумовлено тим, що в оперативній пам'яті людини одночасно може утримуватись не більше  $7 \pm 2$  понять-ознак. Тому доцільно провести ієрархічну класифікацію факторів впливу і по ній побудувати дерево висновку, яке буде визначати систему вкладених одне в одне висловлювань-правил меншої розмірності. Зазначимо, що використання принципу ієрархічності дозволяє також суттєво зменшити необхідну кількість правил.

*Принцип двоваріантної оцінки значень факторів впливу*, відповідно до якого значення довільного фактора може бути задано як чітким числом, так і нечіткою множиною.

*Принцип параметричної ідентифікації нечітких баз знань*. У відповідності до цього принципу, побудова нечіткої моделі конкурентоспроможності здійснюється у два етапи, які, за аналогією до класичних методів [11], можна вважати етапами структурної та параметричної ідентифікації. Перший етап являє собою формування експертної нечіткої бази знань – грубої моделі конкурентоспроможності. Чим вище професійний рівень експерта, тим вища адекватність нечіткої моделі, побудованої на першому етапі. Однак збігання результатів нечіткого висновку (теорія) та експериментальних даних не є гарантованим. Тому на другому етапі ідентифікації здійснюється настроювання нечіткої моделі за експериментальними даними. Настроювання нечіткої бази знань зводиться до задачі нелінійної оптимізації, яка може бути вирішена різними методами математичного програмування.

Стаття організована таким чином: наводиться формалізована постановка задачі моделювання конкурентоспроможності марочного товару, пропонується ієрархічна класифікація факторів впливу та наводиться нечітка модель конкурентоспроможності у вигляді нечітких баз знань та алгоритмів нечіткого висновку. Для забезпечення практичного застосування запропонованої моделі в статті наводиться контрольний приклад, ставиться задача параметричної ідентифікації моделі та формалізуються менеджерські задачі з управління конкурентоспроможністю марочного товару.

#### **Формалізована постановка задачі моделювання конкурентоспроможності марочного товару.**

Позначимо через  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – фактори, що пов'язані з виробництвом, торгівлею, просуванням та експлуатацією марочних товарів. Тоді розробка моделі конкурентоспроможності марочного товару, з кібернетичної точки зору, являє собою пошук функціонального відображення виду:

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow Q \in [0, 100],$$

де  $\mathbf{X}$  – вектор факторів впливу.

**Ієрархічна класифікація факторів впливу.** Ієрархічний взаємозв'язок між факторами впливу і конкурентоспроможністю марочного товару ( $Q$ ) представимо такою системою співвідношень:

$$Q = f_Q(x_1, y_1, y_2, y_3), \quad (1)$$

$$y_1 = f_{y_1}(x_2, x_3, x_4), \quad (2)$$

$$y_2 = f_{y_2}(x_5, x_6, x_7), \quad (3)$$

$$y_3 = f_{y_3}(x_8, x_9, x_{10}), \quad (4)$$

де  $f(\cdot)$  – функціональний зв'язок між входами та виходом, який моделюється нечіткою базою знань;

$y_1, y_2, y_3$  – укрупненні фактори впливу:  $y_1$  – якість марочного товару;  $y_2$  – імідж марочного товару;  $y_3$  – сервіс, асоційований з марочним товаром;

$x_1, \dots, x_{10}$  – частинні фактори впливу:  $x_1$  – ціна марочного товару;  $x_2$  – якість проектних рішень;  $x_3$  – якість виробничих технологій;  $x_4$  – кадрове забезпечення;  $x_5$  – статус підприємства;  $x_6$  – рекламне

забезпечення;  $x_7$  – рівень реклаमाцій;  $x_8$  – сервіс при покупці;  $x_9$  – сервіс при експлуатації;  $x_{10}$  – бонуси.

Співвідношення (1)–(4) визначають структуру моделі, що пов’язує фактори впливу з конкурентоспроможністю марочного товару. Як значення факторів будемо брати відсоток відхилення від усереднених показників по аналогічних товарах конкуруючих брендів на аналізованому ринку. На відміну від існуючих підходів до оцінки конкурентоспроможності товару [3–5], в яких усі показники порівнюються з єдиним аналогом, в запропонованому підході значення факторів впливу оцінюються через відхилення від середніх показників на ринку. Таким чином, в моделі, що пропонується, конкурентоспроможність “прив’язана” до аналізованого ринку, що в повній мірі відповідає змісту конкурентоспроможності за [1]. Новизною моделі є і врахування, окрім техніко-економічних показників, ще й іміджу марочного товару та рівня сервісу під час його покупки та експлуатації.

**Формалізація факторів впливу лінгвістичними змінними.** Фактори впливу представимо як лінгвістичні змінні [10], значення яких обираються з терм-множини {“Низький”, “Середній”, “Високий”}. Формалізацію лінгвістичних термів здійснимо за допомогою нечітких множин з гаусовою функцією належності [7]:

$$\mu^t(x) = \exp\left(-\frac{(x-z)^2}{2c^2}\right), \tag{5}$$

де  $\mu^t(x)$  – функція належності змінної  $x$  до нечіткої множини  $t$ ;

$z$  та  $c$  – параметри функції належності: координата максимуму та коефіцієнт концентрації.

Графіки функцій належностей нечітких множин “Низький” (Н), “Середній” (С) та “Високий” (В), які використовуються для лінгвістичної оцінки факторів впливу, зображені на рис. 1.

**Нечіткі бази знань.** Для моделювання залежностей (2)–(4) будемо використовувати нечіткі бази знань Мамдані, а для залежності (1) – нечітку базу знань Сугено.

Згідно з [7] нечіткою базою знань Мамдані про вплив факторів  $\mathbf{X}=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  на значення параметра  $D$  називається сукупність правил типу:

Якщо  $x_1 = a_1^{j1}$  та  $x_2 = a_2^{j1}$  та ... та  $x_n = a_n^{j1}$   
 або ...  
 $x_1 = a_1^{jk_j}$  та  $x_2 = a_2^{jk_j}$  та ... та  $x_n = a_n^{jk_j}$ , (6)  
 тоді  $D = d_j$   $j = \overline{1, m}$ ,

де  $a_i^{jp}$  – нечіткий терм, що оцінює значення фактора  $x_i$  в правилі з номером  $jp$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;

$d_j$  – консеквент (наслідок) правила у вигляді нечіткої множини, яким оцінюється значення вихідного параметра  $D$ ,  $j = \overline{1, m}$ ;

$m$  – кількість різних консеквентів правил;

$k_j$  – число правил, в яких  $D = d_j$ .

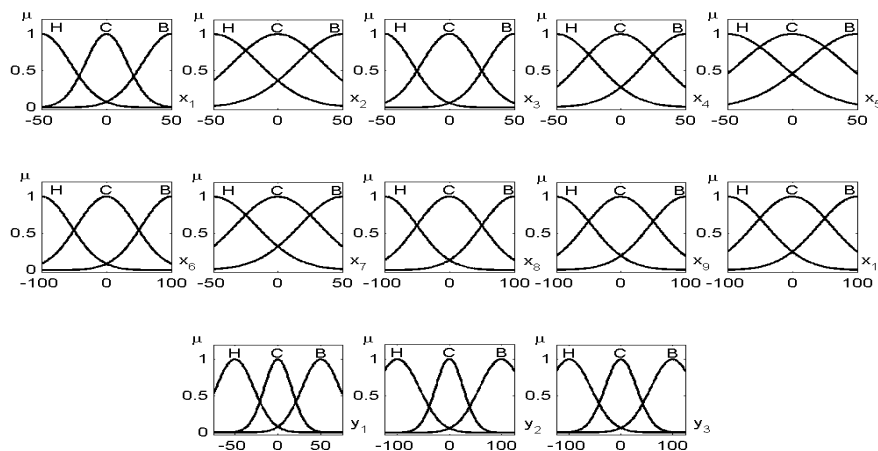


Рис. 1. Функції належності нечітких термів

Нечіткі бази знань для залежностей (2)–(4) наведені в табл. 1–3. В них перші 3 стовпчики відповідають посилкам (якщо – частинам) правил, а останній стовпчик – консеквентам (тоді – частинам) правил.

Таблиця 1

Експертна нечітка база знань для моделювання якості марочного товару

$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y_1$
Висока	Висока	Високе	Висока
Висока	Висока	Середнє	Висока
Висока	Середня	Високе	Висока
Середня	Висока	Високе	Висока
Середня	Висока	Середнє	Висока
Низька	Низька	Низьке	Низька
Низька	Низька	Середнє	Низька
Низька	Середня	Низьке	Низька
Середня	Низька	Низьке	Низька
Середня	Низька	Середнє	Низька
Висока	Низька	Середнє	Середня
Висока	Середня	Низьке	Середня
Низька	Висока	Середнє	Середня
Низька	Середня	Високе	Середня
Середня	Висока	Низьке	Середня
Середня	Низька	Високе	Середня
Середня	Середня	Середнє	Середня

Нечітка база знань Сугено аналогічна базі знань Мамдані, крім консеквентів правил, які задаються не нечіткими множинами, а лінійними законами "входи–вихід" [7]. Консеквенти правил в базі знань Сугено мають вигляд:

$$D = d_j \equiv b_{j1}x_1 + b_{j2}x_2 + \dots + b_{jn}x_n + b_{j0}, \quad j = \overline{1, m},$$

де  $b_{j0}, b_{j1}, b_{j2}, \dots, b_{jn}$  – деякі дійсні числа.

Нечітка база знань Сугено може інтерпретуватися як розбиття факторного простору на підобласті з нечіткими межами, в кожній з яких діє свій закон "входи–вихід" [12]. Границі підобластей розмиті, тому в одній і тій же точці факторного простору можуть виконуватися декілька законів "входи–вихід", але з різними ступенями. Конкурентоспроможність марочного товару будемо моделювати з урахуванням трьох типів збуту, коли для споживача показники ціни, якості, іміджу та сервісу усі є: 1) поганими, 2) середніми та 3) добрими. Передбачається, що при кожному типові збуту еластичність конкурентоспроможності за факторами є сталою. Границі підобластей зі сталими еластичностями конкурентоспроможності є нечіткими, що обумовлено плавним переходом одного типу збуту в інший.

Таблиця 2

Експертна нечітка база знань для моделювання іміджу марочного товару

$x_5$	$x_6$	$x_7$	$y_2$
Високий	Високе	Середній	Високий
Високий	Середнє	Низький	Високий
Довільний	Високе	Низький	Високий
Середній	Високе	Середній	Високий
Довільний	Низьке	Високий	Низький
Низький	Низьке	Середній	Низький
Низький	Середнє	Високий	Низький
Середній	Низьке	Середній	Низький
Високий	Низьке	Середній	Середній
Високий	Середнє	Високий	Середній
Низький	Високе	Середній	Середній
Низький	Середнє	Низький	Середній
Середній	Високе	Високий	Середній

Середній	Низьке	Низький	Середній
Середній	Середне	Середній	Середній

Таблиця 3

Експертна нечітка база знань для оцінки рівня сервісу

$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$U_3$
Високий	Високий	Високий	Високий
Високий	Високий	Середній	Високий
Високий	Середній	Високий	Високий
Високий	Середній	Середній	Високий
Середній	Високий	Високий	Високий
Низький	Низький	Низький	Низький
Низький	Низький	Середній	Низький
Низький	Середній	Низький	Низький
Низький	Середній	Середній	Низький
Середній	Низький	Низький	Низький
Високий	Низький	Середній	Середній
Високий	Середній	Низький	Середній
Низький	Високий	Середній	Середній
Низький	Середній	Високий	Середній
Середній	Високий	Низький	Середній
Середній	Низький	Високий	Середній
Середній	Середній	Середній	Середній

Нечітка база знань для залежності (1) наведена в табл. 4. Вона складається з трьох правил, кожне з яких моделює один тип збуту. В табл. 4 перші 4 стовпчики відповідають посилкам правил, а останній стовпчик - консеквентам правил. Коефіцієнти в консеквентах правил відображають чутливість конкурентоспроможності до зміни відповідних факторів впливу. Коефіцієнти обиралися експертно за методом Сааті [13] на основі парних порівнянь важливості факторів при кожному типі збуту.

Таблиця 4

Експертна нечітка база знань для оцінки конкурентоспроможності

$x_1$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$Q$
Висока	Низька	Низький	Низький	$- 0.08x_1 + 0.03u_1 + 0.025u_2 + 0.055u_3 + 14$
Середня	Середня	Середній	Середній	$- 0.35x_1 + 0.4u_1 + 0.28u_2 + 0.05u_3 + 50$
Низька	Висока	Високий	Високий	$- 0.06x_1 + 0.06u_1 + 0.06u_2 + 0.08u_3 + 80$

**Нечіткий логічний висновок.** Моделювання на основі нечітких баз знань здійснюється через нечіткий логічний висновок. У відповідності до [10] нечіткий логічний висновок проводиться за системою нечітких логічних рівнянь. Вони дозволяють обчислити нечітке значення вихідної змінної при фіксованих значеннях факторів впливу. Перетворення нечіткого значення вихідної змінної в чітке здійснюється через дефазифікацію [7].

Для переходу від бази знань (6) до системи нечітких логічних рівнянь введемо такі позначення:

$\mu^{jp}(x_i)$  – функція належності змінної  $x_i$  до нечіткого терма  $a_i^{jp}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;

$\mu^{d_j}(\mathbf{X})$  – функція належності вектора факторів впливу  $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  до консеквенту  $d_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Згідно з [10] зв'язок між цими функціями представляється ізоморфною до нечіткої бази знань системою нечітких логічних рівнянь:

$$\mu^{d_j}(\mathbf{X}) = \bigvee_{p=1}^{k_j} \bigwedge_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i), \quad j = \overline{1, m}, \tag{7}$$

де  $\bigvee(\bigwedge)$  – операції з  $t$ -та  $s$ -норм [7], які реалізуються операціями множення та максимуму відповідно.

Підставляючи в (7) вектор  $\mathbf{X}=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  значень факторів впливу, отримуємо таку нечітку множину вихідної змінної на носії  $\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ :

$$\bar{y} = \left( \frac{\mu^{d_1}(\mathbf{X})}{d_1}, \frac{\mu^{d_2}(\mathbf{X})}{d_2}, \dots, \frac{\mu^{d_m}(\mathbf{X})}{d_m} \right). \tag{8}$$

При використанні нечіткої бази знань Сугено результуюче значення вихідної змінної знаходять через дефазифікацію нечіткої множини  $\bar{y}$  за методом зваженого середнього [14]:

$$y = \frac{\sum_{j=1, m} \mu^{d_j}(\mathbf{X}) \cdot d_j}{\sum_{j=1, m} \mu^{d_j}(\mathbf{X})}, \tag{9}$$

де  $d_j = b_{j1}x_1 + b_{j2}x_2 + \dots + b_{jn}x_n + b_{j0}$ .

При використанні бази знань Мамдані спочатку треба «зрізати» функції належностей  $\mu^{d_j}(y)$  ( $j = \overline{1, m}$ ) термів  $d_j$  за рівнями  $\mu^{d_j}(X)$ , а потім об'єднати отримані нечіткі множини. Ілюстрацією цієї процедури є рис. 2, на якому об'єднуються 3 нечіткі множини. Результуюче значення вихідної змінної знаходиться через дефазифікацію нечіткої множини  $\bar{y}$  за методом центра тяжіння [7]:

$$y = \frac{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y \cdot \mu^{\bar{y}}(y) dy}{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu^{\bar{y}}(y) dy}, \tag{10}$$

де  $[\underline{y}, \bar{y}]$  – інтервал можливих значень змінної  $y$ .

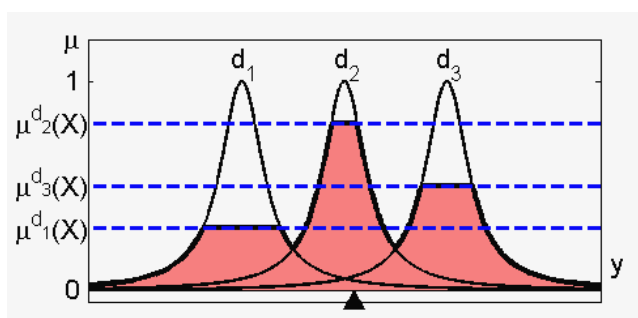


Рис. 2. До нечіткого висновку Мамдані (символом ▲ позначено результат дефазифікації)

**Приклад моделювання конкурентоспроможності марочного товару.** Проілюструємо застосування запропонованої моделі на прикладі розрахунку конкурентоспроможності горілки “Поділля” торгової марки “Сотка”. Показники цього марочного товару на регіональному ринку м. Вінниця на вересень 2004 р. зведені в табл. 5. В цій таблиці значення показників розраховані за матеріалами авторських маркетингових досліджень відкритих джерел інформації або отримані в результаті експертного опитування. Точні значення показників  $x_2 \div x_7$  не наводяться через комерційну таємницю.

Таблиця 5

Значення частинних факторів впливу  $x_1 \div x_{10}$  для марочного товару горілки “Поділля”

Фактор впливу $x_i$ , $i = \overline{1, 10}$	Значення фактора впливу	Ступені належності		
		$\mu^H(x_i)$	$\mu^C(x_i)$	$\mu^B(x_i)$
$x_1$	10%	0.024	0.823	0.192
$x_2$	Висока	0.36	0.775	1
$x_3$	Середня	0.492	1	0.492

$x_4$	Середній	0.722	1	0.722
$x_5$	Середній	0.823	1	0.823
$x_6$	-50%	0.004	0.539	0.539
$x_7$	-40%	0.955	0.48	0.024
$x_8$	-30%	0.375	0.835	0.034
$x_9$	Середній	0.602	1	0.602
$x_{10}$	-80%	0.946	0.411	0.011

За формулою (5) знайдемо ступені належності значень частинних факторів впливу нечітким термам з рис. 1. Результати розрахунків зведемо в табл. 5. Підставляючи знайдені ступені належності в систему нечітких логічних рівнянь, знаходимо нечіткі значення укрупнених параметрів стану (рис. 3). Після дефазифікації за формулою (10) маємо:  $y_1 = 9.15\%$ ;  $y_2 = 11.9\%$ ;  $y_3 = -34.7\%$ .

За формулою (5) знайдемо ступені належності значень укрупнених факторів впливу нечітким термам з рис. 1. Результати розрахунків зведемо в табл. 6.

Таблиця 6

Ступені належності для значень укрупнених факторів впливу  $y_1, y_2$  та  $y_3$

Фактор впливу $y_i$ , $i=1,2,3$	Значення фактора впливу	Ступені належності		
		$\mu^H(y_i)$	$\mu^C(y_i)$	$\mu^B(y_i)$
$y_1$	9.15 %	0.027	0.859	0.178
$y_2$	11.9 %	0.029	0.908	0.111
$y_3$	-34.7 %	0.299	0.534	0.006

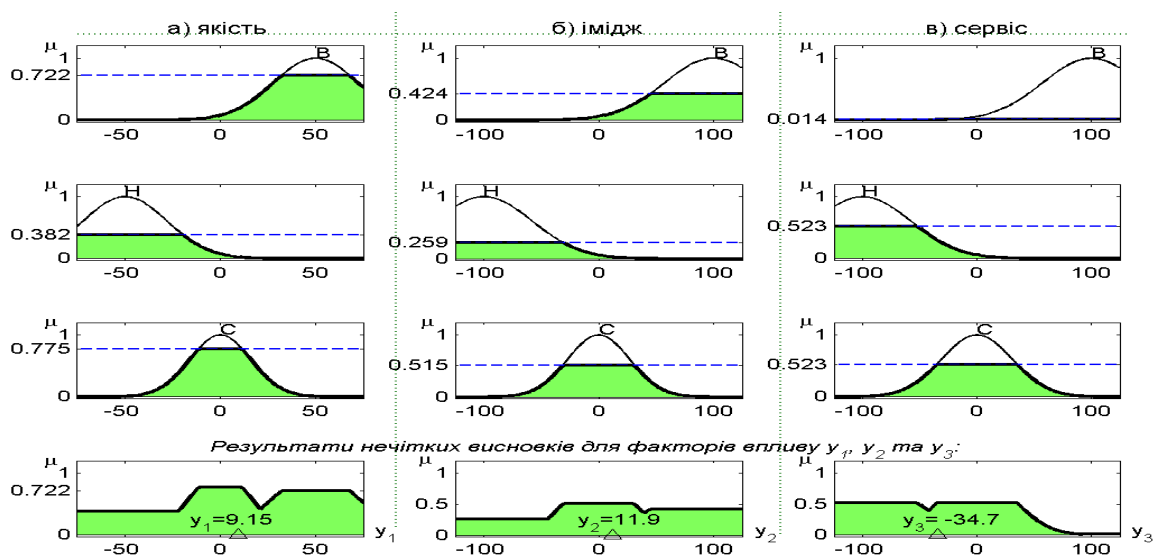


Рис. 3. Розрахунок значень укрупнених факторів впливу  $y_1, y_2$  та  $y_3$

За нечіткою базою знань з табл. 4 знайдемо для даних з табл. 6 такі ступені належності до трьох типів збуту  $d_1, d_2$  та  $d_3$ :

$$\mu^{d_1}(\mathbf{X}) = 0.191 \cdot 0.027 \cdot 0.029 \cdot 0.299 = 0.000044;$$

$$\mu^{d_2}(\mathbf{X}) = 0.823 \cdot 0.859 \cdot 0.908 \cdot 0.534 = 0.338775;$$

$$\mu^{d_3}(\mathbf{X}) = 0.024 \cdot 0.178 \cdot 0.111 \cdot 0.006 = 0.000003.$$

При цих типах збуту значення конкурентоспроможності були б такими:

$$d_1 = -0.08 \cdot 10 + 0.03 \cdot 9.15 + 0.025 \cdot 11.9 + 0.055 \cdot (-34.7) + 14 = 11.86 ;$$

$$d_2 = -0.35 \cdot 10 + 0.4 \cdot 9.15 + 0.28 \cdot 7.22 + 0.05 \cdot (-23.06) + 50 = 51.75;$$

$$d_3 = -0.06 \cdot 10 + 0.06 \cdot 9.15 + 0.06 \cdot 7.22 + 0.08 \cdot (-23.06) + 80 = 77.89.$$

Результуюче значення конкурентоспроможності розрахуємо за формулою (9):

$$Q = \frac{0.000044 \cdot 11.86 + 0.338775 \cdot 51.75 + 0.000003 \cdot 77.89}{0.000044 + 0.338775 + 0.000003} = 51.75,$$

що відповідає середньому рівню конкурентоспроможності.

**Ідентифікація параметрів моделі конкурентоспроможності марочного товару за експериментальними даними.** Модель конкурентоспроможності марочного товару побудована на основі експертної інформації. Використання тільки експертної інформації не може гарантувати збігання результатів нечіткого висновку (теорія) та експериментальних даних. Тому необхідно провести параметричну ідентифікацію нечіткої моделі конкурентоспроможності шляхом настроювання її за експериментальними даними. Експериментальні дані маркетингових досліджень представимо так:

$$(\mathbf{X}_{ij}, \beta_{ij}), \quad i = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, M_i}, \quad (11)$$

де  $H$  – кількість ринків, на яких досліджуються конкурентоспроможності марочних товарів;

$M_i$  – кількість марочних товарів одного типу, що досліджувались на  $i$ -му регіональному ринку;

$\mathbf{X}_{ij}$  – вектор значень факторів впливу для  $j$ -го марочного товару на  $i$ -му регіональному ринку;

$\beta_{ij}$  – доля  $i$ -го ринку, що припадає на  $j$ -ий марочний товар.

Для математичної постановки задачі настроювання нечіткої моделі введемо такі позначення:

$T$  – загальна кількість нечітких термів, що використовуються для лінгвістичної оцінки факторів впливу,  $T = 13 \cdot 3 = 49$ ;

$c_l$  – коефіцієнт концентрації функції належності  $l$ -го нечіткого терма ( $l = \overline{1, T}$ );

$\mathbf{C} = (c_1, c_2, \dots, c_T)$  – вектор коефіцієнтів концентрацій функцій належності нечітких термів;

$\mathbf{B} = (b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{10}, b_{21}, b_{22}, b_{23}, b_{24}, b_{20}, b_{31}, b_{32}, b_{33}, b_{34}, b_{30})$  – вектор коефіцієнтів в консеквентах правил нечіткої бази знань верхнього рівня ієрархії;

$S = M_1 + M_2 + \dots + M_H$  – розмір навчальної вибірки (11).

Згідно з теорією ідентифікації на основі нечітких баз знань [9, 10] настроювання нечіткої моделі зведемо до розв'язання такої задачі оптимізації: *знайти вектор  $(\mathbf{B}, \mathbf{C})$ , для якого:*

$$\sqrt{\frac{1}{S} \sum_{i=1, H} \sum_{j=1, M_i} (\beta_{ij} - \beta_F(\mathbf{X}_{ij}, \mathbf{B}, \mathbf{C}))^2} \rightarrow \min, \quad (12)$$

де  $\beta_F(\mathbf{X}_{ij}, \mathbf{B}, \mathbf{C})$  – розрахована за нечіткою моделлю с параметрами  $(\mathbf{B}, \mathbf{C})$  доля  $i$ -го ринку, що припадає на марочний товар с показниками  $\mathbf{X}_{ij}$ .

Для визначення  $\beta_F(\mathbf{X}_{ij}, \mathbf{B}, \mathbf{C})$  необхідно за нечіткою моделлю конкурентоспроможності розрахувати  $Q_{i1}^F, Q_{i2}^F, \dots, Q_{iM_i}^F$  для наявних на  $i$ -му ринку марочних товарів і застосувати таку формулу:

$$\beta_F(\mathbf{X}_{ij}, \mathbf{B}, \mathbf{C}) = \frac{Q_{ij}^F \cdot 100\%}{Q_{i1}^F + Q_{i2}^F + \dots + Q_{iM_i}^F}.$$

Задача настроювання (12) відноситься до задач нелінійної оптимізації, тому її можна розв'язати відповідними методами математичного програмування [15]. Комп'ютерні експерименти з настройки нечітких моделей [12] свідчать, що прийнятна якість ідентифікації досягається, коли обсяг навчальної вибірки в 2 і більше разів перевищує кількість керованих змінних. В задачі (12) настроюються коефіцієнти концентрацій функцій належності нечітких термів “Низький”, “Середній” і “Високий” змінних  $x_1 \div x_{10}, y_1, y_2$  та  $y_3$ , та по 5 коефіцієнтів в консеквентах кожного з трьох правил нечіткої бази знань верхнього рівня ієрархії. Таким чином, загальна кількість параметрів, що настроюються, складає  $3 \cdot 13 + 5 \cdot 3 = 54$ . Будемо вважати, що нечіткі множини “Низький” та “Високий” симетричні відносно 0. Тоді коефіцієнти концентрацій їх функцій належності будуть однаковими. Відповідно загальна кількість параметрів, що настроюються, зменшиться і складе  $2 \cdot 13 + 5 \cdot 3 = 41$ . Виходячи з цього, необхідна навчальна вибірка обсягом близько 80 пар “входи – вихід”. Якщо навчальна вибірка має менший обсяг ( $30 \leq S < 80$ ), тоді доцільно настроювати тільки лінійні параметри нечіткої моделі, які представлені вектором  $\mathbf{B}$ . У цьому випадку задача (12) суттєво спрощується і може бути розв'язана швидкими методами оптимізації на основі фільтра Калмана [14].



**Менеджмент марочним товаром на основі моделі конкурентоспроможності.** В умовах різкого збільшення кількості марочних товарів на українському ринку та загострення конкуренції між ними виникла потреба у вирішенні таких менеджерських задач:

1. Як досягти запланованого рівня конкурентоспроможності при мінімальних витратах?
2. Як оптимально розподілити обмежені ресурси для забезпечення максимального рівня конкурентоспроможності марочного товару?
3. Як забезпечити збільшення рівня збуту марочного товару на ринку?

Нижче пропонуються математичні постановки цих задач. З використанням запропонованої моделі конкурентоспроможності вони можуть бути розв'язані класичними методами нелінійної оптимізації [15].

**Задача 1.** Досягти запланованої конкурентоспроможності можна різними способами, що обумовлено можливістю варіювання значеннями різних факторів впливу. Тому виникає задача вибору варіанта підвищення конкурентоспроможності мінімальної вартості. Для математичної постановки цієї задачі введемо такі позначення:

$\mathbf{X}^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_{10}^0)$  – вектор поточних значень факторів впливу;

$\mathbf{X}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_{10}^*)$  – вектор оптимальних значень факторів впливу;

$c_i$  – ресурси (грошові), які потрібні для збільшення значення фактора  $x_i$  ( $i = \overline{1,10}$ ) на 1;

$Q^*$  – бажана конкурентоспроможність марочного товару.

Досягнення запланованого рівня конкурентоспроможності при мінімальних витратах поставимо як таку задачу оптимізації: *знайти такий вектор  $\mathbf{X}^*$ , щоб:*

$$\sum_{i=1,10} c_i \cdot (x_i^* - x_i^0) \rightarrow \min \text{ при умовах: } Q(\mathbf{X}^*) \geq Q^* \text{ та } \Delta x_i \leq (x_i^* - x_i^0) \leq \Delta \bar{x}_i, \quad i = \overline{1,10}, \quad (13)$$

де  $Q(\mathbf{X}^*)$  – конкурентоспроможність марочного товару з показниками  $\mathbf{X}^*$ , яка розраховується за запропонованою нечіткою моделлю;

$[\Delta x_i, \Delta \bar{x}_i]$  – інтервал можливих значень приросту фактора  $x_i$ . Якщо менеджер не може управляти фактором  $x_i$ , тоді  $\Delta x_i = \Delta \bar{x}_i = x_i^0$ .

**Задача 2.** У деяких випадках управління марочним товаром зручно ставити як задачу оптимального розподілу обмежених ресурсів. Позначимо через  $C^*$  – ресурси, що виділені на підвищення конкурентоспроможності. Тоді задачу оптимізації поставимо так: *знайти такий вектор  $\mathbf{X}^*$ , щоб:*

$$Q(\mathbf{X}^*) \rightarrow \max \text{ при умовах: } \sum_{i=1,10} c_i \cdot (x_i^* - x_i^0) \leq C^* \text{ та } \Delta x_i \leq (x_i^* - x_i^0) \leq \Delta \bar{x}_i, \quad i = \overline{1,10}. \quad (14)$$

**Приклад.** Необхідно без додаткового фінансування ( $C^* = 0$ ) підвищити конкурентоспроможність горілки особливої “Поділля” торгової марки “Сотка” (див. розділ 7) до максимального рівня. Менеджеру дозволено змінювати ціну та рівень реклами в таких межах:  $x_1 \in [-20, 20]$  та  $x_6 \in [-55, 10]$ . Витрати, що пов'язані зі збільшенням на 1 значень факторів  $x_1$  та  $x_6$  дорівнюють  $c_1 = -10000$  грн. та  $c_6 = 1500$  грн..

Для цього прикладу задача оптимізації (14) має дві керовані змінні, тому розв'яжемо її графічно. На рис. 4 штриховою лінією показано обмеження ( $C = 0$ ) задачі оптимізації (14). Суцільними кривими показані 10 ізоліній цільової функції. Оптимум позначено зіркою. Найбільшу конкурентоспроможність  $Q^* = 57.1$  можна досягти при  $x_1^* = 16.5\%$  та  $x_6^* = -6\%$ . Таким чином, без додаткових грошових витрат конкурентоспроможність збільшується на  $57.1 - 51.75 = 5.35$ . На рис. 4 біля зірки виділено зону нечутливості оптимального розв'язку, в межах якої значення  $Q$  і  $C$  є практично сталими.

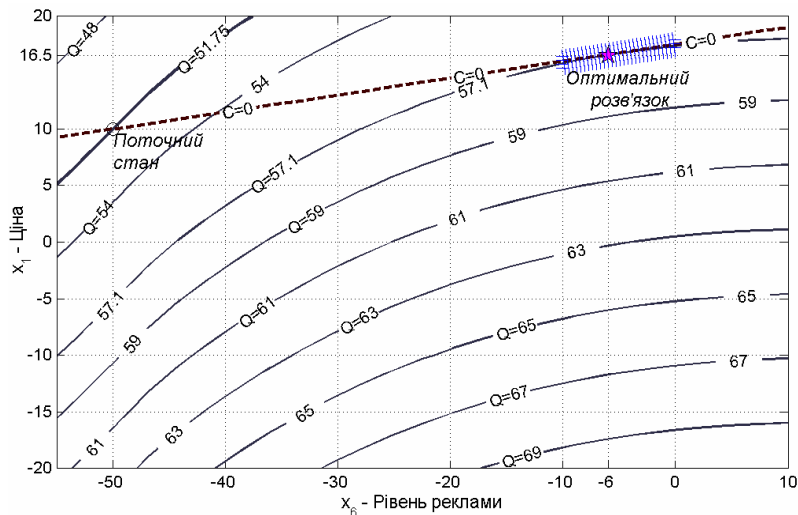


Рис. 4. Графічне розв'язання задачі оптимального перерозподілу ресурсів

**Задача 3.** Збільшити рівень збуту марочного товару на ринку можна за рахунок: 1) підвищення його конкурентоспроможності; 2) зменшення конкурентоспроможності конкурентів або усунення їх з ринку; 3) збільшення обсягу ринку. Перший спосіб збільшення рівня збуту розглянуто в задачах 1–2. Нижче аналізується доцільність другого та третього способів збільшення обсягів продажу.

Розглянемо ситуацію, коли на товари двох-чотирьох конкуруючих брендів припадає лівова частка ринку. Якщо витрати на підвищення конкурентоспроможності марочного товару, що аналізується, є надто великими, тоді слід розглянути можливість захоплення частки ринку конкурентів, через зниження привабливості їх товарів. Таке захоплення ринку може здійснюватися через “чорненькі” PR-акціями з прихованої дискредитації марочного товару конкурента, які реалізуються через замовні рейтинги товарів, порівнянням марочних товарів “незалежними” аналітиками, інтенсивне поширення повідомлень в підконтрольних засобах масової інформації про рекламації по товарах конкурента тощо. У граничному випадку, при негайній потребі в захопленні ринку доцільні менеджерські дії з повного усунення конкурента через “прибирання до рук” його управлінських органів з подальшим зупиненням виробництва або переходом на випуск іншої марочної продукції. Одним із шляхів досягнення такої мети є викуп контрольного пакета акцій.

Розглянемо ринок, на якому марочний товар, що аналізується, має значний сегмент, наприклад,  $\beta = 80\%$ . Якщо витрати на підвищення конкурентоспроможності цього марочного товару є надто великими, тоді слід проаналізувати можливість збільшення обсягів всього ринку через приваблювання додаткових покупців. PR-акції, що просувають товар або послугу взагалі, а не конкретної торгової марки, є більш дешевими та ефективними. Люди, втомлені засиллям реклами, з насторогою відносяться до будь-яких порад, в яких фігурують бренди. Але вони добре засвоюють інформацію з аналітичних статей, інтерв'ю чи пізнавальних передач про переваги того чи іншого класу товарів чи послуг, які не пов'язані з рекламою конкретної торгової марки. Нехай в результаті таких пізнавальних PR-акцій загальний ринок збільшився з 10000 до 15000 покупців. Тоді кількість продаж марочного товару зросте з  $\frac{10000 \cdot \beta}{100\%} = 80000$  до  $\frac{15000 \cdot \beta}{100\%} = 12000$ , тобто стане навіть на 20 % більше, ніж якби за мету було обрано не розширення ринку, а усунення з нього усіх конкурентів.

**Висновки та подальші дослідження.** На конкурентоспроможність марочного товару впливають 10 факторів, що визначають ціну товару, його якість та імідж, а також рівень до- та післяпродажного сервісу. Запропоновано модель конкурентоспроможності марочного товару, основу якої складають 52 експертних правила <Якщо–тоді> з чотирьох нечітких баз знань. Проілюстровано застосування моделі на прикладі оцінки конкурентоспроможності горілки “Поділля” торгової марки “Сотка”. Для забезпечення достовірних результатів перед застосуванням моделі слід провести її параметричну ідентифікацію за даними маркетингових досліджень сегментацій регіональних ринків. Запропонована математична постановка задачі ідентифікації нечіткої моделі конкурентоспроможності, обґрунтовані методи її розв'язання, сформульовані вимоги до навчальної вибірки. Практичні задачі з менеджменту марочним товаром формалізовані задачами математичного програмування. Обґрунтовані методи їх розв'язання та наведено приклад оптимального менеджменту марочним товаром – горілка особлива “Поділля” з використанням запропонованої моделі конкурентоспроможності. Подальші дослідження будуть

спрямовані на застосування теорії нечітких множин для багатокритеріального аналізу проектів розробки нових брендів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Енциклопедія бізнесмена, економіста, менеджера* // За ред. Р.Дяківа. – К.: Міжнародна економічна фундація, 2000. – 703 с.
2. *Ауфрайтер Н., Элзінга Д., Гордон Дж.* Новый брэндінг // Вестник McKinsey. – № 6. – 2004 ([www.vestnikmckinsey.ru](http://www.vestnikmckinsey.ru))
3. *Павленко А.Ф., Войчак А.В.* Маркетинг: Навчально-методичний посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 106 с.
4. *Економіка підприємства* // Под. ред. В.Я. Хринага. – Минск: Эконом пресс. – 2000. – 464 с.
5. *Захожай В.Б., Шенітко Г.Ф., Адамова І.З.* Статистика маркетингу. – К., 2001.
6. *Дюк В., Самойленко А.* Data Mining: Учебный курс. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
7. *Zimmerman H.* Fuzzy Set Theory and its Applications. Kluwer Academic Publishers. 3<sup>rd</sup> eds. – 1996. – 435 p.
8. *Zorounidis C., Pardalos P.M., Baourakis G.* Fuzzy Sets in Management, Economics and Marketing. World Scientific. – 2001.
9. *Ротштейн А.П., Кательников Д.И.* Идентификация нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ. – 1998. – № 5. – С. 53–61.
10. *Ротштейн А.П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
11. *Цыпкин Я.З.* Основы информационной теории идентификации. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
12. *Штовба С.Д.* Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB // Exponenta Pro: Математика в приложениях. – 2003. – № 2. – С. 9–15.
13. *Саати Т.Л.* Взаимодействие в иерархических системах // Техническая кибернетика. – 1979. – № 1. – С. 68–84.
14. *Takagi T., Sugeno M.* Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 15. – № 1. – 1985. – P. 116–132.
15. *Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К.* Оптимизация в технике. Кн.1. – М.: Мир, 1986. – 347 с.

ШТОВБА Олена Валеріївна – аспірантка Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– теорія сучасного брэндінгу;

– теорія прийняття рішень;

– методи оптимізації.

Тел.: (0432)-446364.

E-mail: [oshtovba@yahoo.com](mailto:oshtovba@yahoo.com).

Подано 11.11.2004

**Штовба О.В.** Моделювання конкурентоспроможності бренду на основі нечітких баз знань  
**Штовба Е.В.** Моделирование конкурентоспособности бренда на основе нечетких баз знаний  
**Shtovba O.V.** A Fuzzy Rule – Based Modeling the General Index of Brand Competitiveness

УДК 621.391

**Моделювання конкурентоспроможності бренду на основі нечітких баз знань / О.В. Штовба**

Стаття присвячена багатофакторному моделюванню конкурентоспроможності марочних товарів. Запропонована модель конкурентоспроможності, що враховує 10 факторів за допомогою 4 нечітких експертних баз знань; поставлена задача параметричної ідентифікації нечіткої моделі за експериментальними даними; математично формалізовані прикладні менеджерські задачі з управління конкурентоспроможністю марочних товарів; наведені приклади їх розв'язання.

УДК 621.391

**Моделирование конкурентоспособности бренда на основе нечетких баз знаний / Е.В. Штовба**

Статья посвящена многофакторному моделированию конкурентоспособности марочных товаров. Предложена модель конкурентоспособности, учитывающая 10 факторов с помощью 4 нечетких экспертных баз знаний; поставлена задача идентификации ее параметров по экспериментальным данным; формализованы прикладные менеджерские задачи по управлению конкурентоспособностью марочных товаров; приведены примеры их решения.

УДК 621.391

**A Fuzzy Rule – Based Modeling the General Index of Brand Competitiveness / O.V. Shtovba**

The article is devoted to multifactor modeling the general index of brand competitiveness. Proposed model is taking into account 10 factors via 4 expert fuzzy knowledge bases. The article also consists of (1) a problem statement of parametric identification the fuzzy model on base of an experimental data set, (2) formalized problem statements for brand competitiveness managing, and (3) examples of solving the problems.