

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

© Волошин О.Ф., Маляр М.М., Шаркаді М.М., 2010

Представлено метод вибору виробника (постачальника) в умовах різнотипності даних. Використано підхід, що ґрунтується на теорії нечітких множин, який дає змогу перейти до єдиної шкали вимірювання із збереженням змісту критеріїв. Прийняття рішення про вибір виробника проводиться на основі значень функції належності, яка є згортою функцій належності нечітких множин, що відповідають критеріям, за якими вони оцінюються. Застосування методів розглянуто на реальному прикладі.

**Ключові слова:** задача вибору, теорія нечітких множин, функція належності.

The method of choice of producer (supplier) in the conditions of multitype information is presented. Taken approach, based on the theory of fuzzy sets, which allows to pass to the unique scale of measuring with the perseverance of criteria content. A decision-making about a choice producer is conducted on the basis of values of belonging functions, which are fuzzy set belonging functions convolution, and answer criteria which they are estimated after. Application of methods is considered on the real example.

**Keywords:** task of choice, theory of fuzzy sets, function of belonging.

**Постановка проблеми.** Розвиток та загострення конкуренції в Україні спричинили боротьбу виробників однотипної продукції за ринок. Логічним є те, що більшим попитом користується та продукція, виробники якої мають вищий рівень конкурентоспроможності. Однак використання українськими підприємствами старих традиційних методів управління не можуть забезпечити значних конкурентних переваг. Саме тому вітчизняним підприємствам необхідно впроваджувати до власної системи управління логістику, рівень організації і впровадження якої на підприємстві – це один із визначальних чинників його конкурентоспроможності.

Одним із основних завдань логістики закупівель є задача вибору виробника (постачальника). Під час прийняття рішення виникають певні труднощі у зв'язку з тим, що виробники характеризуються різним набором властивостей, значення параметрів яких є непорівнянними, вимірюються у різних шкалах (якісних та кількісних), і неможливості застосування до них одних і тих самих операцій. Вирішити ці проблеми можна за допомогою переходу до єдиної шкали вимірювання із збереженням змісту параметрів і цілі їх використання, що є можливим, використовуючи методи теорії нечітких множин.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Значний внесок у дослідження фінансово-виробничої діяльності підприємств та розвиток теорії нечітких множин і лінгвістичного моделювання зробили зарубіжні вчені: Алексеев А.В., Беллман Р., Борисов А.Н., Ванг Д., Заранді М., Кофман А., Крумберг О.А., Орловський С.А., Такагі Т., Танг Дж., Сакава М., Сугено М., Фунг Р. та вітчизняні: Вітлінський В.В., Вовк В.М., Волошин О.Ф., Геєць В.М., Зайченко Ю.П., Лисенко Ю.Г., Лондар С.Л., Матвійчук А.В., Наконечний С.І., Недосєкін А.О., Ротштейн А.П., Сявакко М.С., Юринєць В.Є. та ін.

Великий внесок у розвиток та застосування нечітких множин у фінансовому аналізі зробив Недосєкін А.О. Він зазначає, що невизначеність – це неусувна властивість ринкового середовища, навіть якщо б вдалося врахувати усі істотні ринкові чинники, залишається невизначеність стосовно реакції ринку на ті чи інші процеси. Одним із інструментів моделювання такої невизначеності виступає нечітко-множинний опис. Обґрунтування та приклади застосування такого опису, підходи до постановки та розв'язування нечітких оптимізаційних задач досліджували такі вчені, як Зайченко Ю.П., Матвійчук А.В., Недосєкін А.О. [2–4].

Зайченко Ю.П. вважає, що фінансовий аналіз проводиться в умовах неповноти та невизначеності вихідної інформації, наявності багатьох якісних змінних та факторів. Тому застосування для цих цілей апарата нечітких множин і систем нечіткої логіки є доволі перспективним [2].

Зокрема Волошин О.Ф. зазначає, що: «"Нечіткість", як правило, є проявом суб'єктивності осіб, що приймають рішення, експертів та аналітиків, які формулюють задачу прийняття рішень. Тому як множина альтернатив, множина наслідків, так і зв'язок між ними можуть бути нечіткими. Такі задачі прийняття рішень називаються ЗПР в умовах нечіткої інформації» [1].

**Формування цілей статті.** Мета роботи – поглиблене вивчення методів вибору виробника (постачальника) в умовах різнотипності даних із застосуванням теорії нечітких множин.

**Виклад основного матеріалу:**

**1. Опис методу розв’язання задачі**

Нехай  $A = \{a_1, a_2, \mathbf{K}, a_n\}$  – множина виробників, із яких потрібно вибрати «найкращого».  $C = \{c_1, c_2, \mathbf{K}, c_m\}$  – множина критеріїв, які використовуються для оцінки множини  $A$ . Задача полягає у розташуванні (впорядкуванні, ранжуванні) елементів множини  $A$  в порядку переваг щодо значення критеріїв множини  $C$ .

Як уже зазначалось, частина даних про виробників вимірюється в якісних, а частина – у кількісних шкалах, тому для того, щоб ці дані були порівнюваними та кількісними, зробимо перехід від значень різнотипних критеріїв до їх нечітких оцінок, які вимірюються в одній кількісній шкалі.

Визначимо шкалу вимірювань у вигляді інтервалу чисел  $[0,1]$  і для кожного виробника  $a_i \in A (i = \overline{1, n})$  по значенню кожного критерію  $c_j \in C (j = \overline{1, m})$  встановимо числову оцінку  $\mu_j(a_i) \in [0,1]$ , яка характеризує, наскільки цей виробник відповідає поняттю «найкращий по  $j$ -му критерію». В результаті кожен виробник  $a_i$  тепер описуватиметься не множиною значень критеріїв, а множиною  $\{\mu_1(a_i), \mu_2(a_i), \mathbf{K}, \mu_m(a_i)\}$  відповідних їм числових оцінок. При цьому усі вони вимірюються в одній і тій самій числовій шкалі (інтервал  $[0,1]$ ), а отже, можуть бути використані у числових розрахунках.

Отже, для кожного  $c_j \in C$  існує множина  $\{\mu_j(a_1), \mu_j(a_2), \mathbf{K}, \mu_j(a_n)\}$ , кожен елемент якої характеризує відповідність виробника поняттю «найкращий» по цьому критерію. Це поняття можна представити нечіткою множиною, заданою на універсальній множині виробників  $A$ :

$$\tilde{c}_j = \left\{ \frac{\mu_j(a_1)}{a_1}, \frac{\mu_j(a_2)}{a_2}, \mathbf{K}, \frac{\mu_j(a_n)}{a_n} \right\}$$

з функцією належності  $\mu_j(a)$ , що характеризує сумісність будь-якого виробника з цим поняттям.

Оцінки критеріїв, в значенні яких виступають функції належності, можна отримувати безпосередньо від експерта (прямий метод), або якщо у нього виникають труднощі із заданням значень функції належності, можна використовувати деякі опосередковані методи. Наприклад, метод вибору альтернатив на основі нечіткого відношення переваги. Ранжування варіантів відбувається на основі значень функцій належності випуклої комбінації  $\tilde{C}$  нечітких множин:

$$\mu_{\tilde{c}}(a_i) = \sum_{j=1}^m \beta_j \cdot \mu_j(a_i),$$

де  $\beta_1, \beta_2, \mathbf{K}, \beta_m$  – невід’ємні числа  $\left( \sum_{j=1}^m \beta_j = 1 \right)$ , що характеризують відносну важливість критеріїв

$c_1, c_2, \mathbf{K}, c_m$ . Отже, якщо  $B = [\beta_1, \beta_2, \mathbf{K}, \beta_m]^T$  – матриця коефіцієнтів вагомості використовуваних

параметрів,  $M = \begin{bmatrix} \mu_1(a_1) & \mathbf{L} & \mu_m(a_1) \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \\ \mu_1(a_n) & \mathbf{L} & \mu_m(a_n) \end{bmatrix}$  – матриця значень функцій належності, то матриця  $M_{\tilde{c}}$  елементів

$\mu_{\tilde{c}}(a_1), \mathbf{K}, \mu_{\tilde{c}}(a_n)$ , які визначають перевагу виробників, має вигляд

$$M_{\tilde{c}} = M \cdot B. \tag{1}$$

Найкращим виробником вважається варіант з максимальним значенням функції належності

$$\mu_{\tilde{c}}(a^*) = \max_{a_i \in A} \mu_{\tilde{c}}(a_i). \tag{2}$$

Якщо експерту зручніше оцінювати вагомість критеріїв у числах, більших за одиницю, то можна спочатку використовувати ту числову шкалу, яка зручніша (наприклад, в інтервалі від 0 до 10), а потім обчислити частку кожного числа в загальній сумі. Тобто, якщо вагомість оцінена в числах  $b_j (j = \overline{1, m})$  із

інтервалу  $[0, a]$ , то  $\beta_j = \frac{b_j}{\sum_{k=1}^m b_k}$ .

Важливим етапом в розв'язку задачі вибору виробника є побудова функції належності. У цій роботі значення функції належності знаходиться прямим або опосередкованим методом на основі думки експерта.

Використання прямого методу передбачає отримання значень функції належності безпосередньо від експерта відповідно до запропонованої шкали. Якщо експерту важко безпосередньо задати ці значення, а це може бути пов'язано із його компетентністю, тоді використовуються опосередковані методи. Розглянемо один із таких методів – метод вибору на основі нечіткого відношення переваги [2]. У цьому випадку експерт має можливість працювати тільки з парами альтернатив, що значно спрощує задачу і підвищує надійність та об'єктивність експертної інформації. За допомогою цього методу формуються матриці відношень переваги  $R_1, R_2, \mathbf{K}, R_m$  з функціями належності  $m_{R_j}(a_i, a_j)$  по кожному критерію. Потім будується згортка відношень  $R_1, R_2, \mathbf{K}, R_m$  у вигляді  $Q_1 = \mathbf{I} R_j$  з функцією належності

$$m_{Q_1}(a_i, a_j) = \min\{m_{R_1}(a_i, a_j), m_{R_2}(a_i, a_j), \mathbf{K}, m_{R_m}(a_i, a_j)\}. \quad (3)$$

Визначається множина невідомованих альтернатив  $Q_1^{nd}$  на множині  $(A, Q_1)$ :

$$m_{Q_1}^{nd}(a_i) = 1 - \sup_{a_j \in A} \{m_{Q_1}(a_j, a_i) - m_{Q_1}(a_i, a_j)\}. \quad (4)$$

Використовуючи згортку вихідних відношень  $R_1, R_2, \mathbf{K}, R_m$  у вигляді суми  $Q_2 = \sum_{j=1}^m w_j f_j(x)$ ,  $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ ,  $w_j \geq 0$ , будують нечітке відношення переваги  $Q_2$ :

$$m_{Q_2} = \sum_{j=1}^m w_j m_{R_j}(a_i, a_j). \quad (5)$$

Знаходимо нечітку підмножину невідомованих альтернатив по відношенню  $Q_2$ :

$$m_{Q_2}^{nd}(a_i) = 1 - \sup_{a_j \in A} \{m_{Q_2}(a_j, a_i) - m_{Q_2}(a_i, a_j)\}. \quad (6)$$

А потім перетин множин  $Q_1^{nd}, Q_2^{nd}$  і загальну множину невідомованих альтернатив  $Q_{nd} = Q_1^{nd} \mathbf{I} Q_2^{nd}$  з функцією належності

$$m_{Q_{nd}}(a_i) = \min\{m_{Q_1}^{nd}(a_i), m_{Q_2}^{nd}(a_i)\}. \quad (7)$$

Рациональним вважається вибір альтернатив із множини

$$A_{nd} = \left\{ a^* : m_{Q_{nd}}(a^*) = \sup_a m_{Q_{nd}}(a), a \in A \right\}. \quad (8)$$

## 2. Приклад вибору виробника прямим методом

Для прикладу розглянемо задачу вибору найкращого виробника паркетної дошки серед трьох виробників  $a_1, a_2, a_3$ , які характеризуються критеріями, наведеними у табл. 1

Таблиця 1

### Критерії оцінки виробників

Критерій	Шкала вимірювання
Термін оплати ( $c_1$ )	$(0, \infty)$ , днів
Форми оплати ( $c_2$ )	{Надання кредиту, безготівковий розрахунок, розрахунок готівкою}
Якість продукції ( $c_3$ )	{Низька, середня, висока}
Фінансовий стан ( $c_4$ )	{Нестійкий, стійкий}
Ціна продукції ( $c_5$ )	$(0, \infty)$ , грн./ м <sup>2</sup>
Розмір виробництва ( $c_6$ )	{Мале, середнє, велике}
Знижка за обсяг замовлення ( $c_7$ )	{Ні, так}
Маркетингова діяльність ( $c_8$ )	{Ні, так}
Віддаленість від замовника ( $c_9$ )	{Далеко, недалеко, близько}

Зазначимо, що у цьому випадку необхідно використовувати дані, які вимірюються у кількісній та якісній шкалах. Якщо для кількісної шкали допускаються як логічні, так і арифметичні операції, то для якісних шкал використання арифметичних операцій недопустимо. Мало того, до цих шкал можна застосовувати тільки одну логічну операцію – порівняння на еквівалентність.

Значення критеріїв виробників подано у табл. 2.

Таблиця 2

### Характеристики виробників

Критерій	Виробник		
	$a_1$	$a_2$	$a_3$
$c_1$	14	20	30
$c_2$	Розрахунок готівкою	Розрахунок готівкою	Безготівковий розрахунок
$c_3$	Висока	Висока	Висока
$c_4$	Стійкий	Нестійкий	Стійкий
$c_5$	75	80	78
$c_6$	Велике	Середнє	Велике
$c_7$	Так	Так	Ні
$c_8$	Так	Ні	Так
$c_9$	Недалеко	Далеко	Далеко

Для прийняття рішення необхідно насамперед зробити так, щоб дані, які характеризують різні типи критеріїв, стали порівнянними та кількісними. Для цього експертом значення кожного критерію по кожному виробнику було оцінено числом з інтервалу  $[0,1]$ , яке характеризує, наскільки його влаштовує це значення (відповідає поняттю «найкращий»). Крім того, експерт оцінив вагомість кожного критерію в числових значеннях  $b_1, b_2, \dots, b_m$  із інтервалу  $[0,10]$  (так йому було зручніше). Згідно з цими даними обчислені

значення коефіцієнтів вагомості  $b_j = \frac{b_j}{\sum_{k=1}^m b_k}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , які задовольняють умову  $\sum_{j=1}^m b_j = 1$ . Отримані

результати наведено у табл. 3.

Таблиця 3

### Експертна оцінка значень критеріїв

Критерій	Експертна оцінка вагомості	Коефіцієнт вагомості	Виробник		
			$a_1$	$a_2$	$a_3$
$c_1$	8	0,13	0,5	0,6	0,8
$c_2$	7	0,12	0,8	0,8	0,9
$c_3$	9	0,15	1	1	1
$c_4$	6	0,09	0,85	0,6	0,85
$c_5$	10	0,16	0,85	0,75	0,8
$c_6$	3	0,05	0,5	0,4	0,5
$c_7$	7	0,12	0,7	0,7	0,5
$c_8$	3	0,05	0,4	0,3	0,4
$c_9$	8	0,13	1	0,75	0,75

Отже, маємо

$$M = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,8 & 1 & 0,85 & 0,85 & 0,5 & 0,7 & 0,4 & 1 \\ 0,6 & 0,8 & 1 & 0,6 & 0,75 & 0,4 & 0,7 & 0,3 & 0,75 \\ 0,8 & 0,9 & 1 & 0,85 & 0,8 & 0,5 & 0,5 & 0,4 & 0,75 \end{bmatrix},$$

$$V = [0,13; 0,12; 0,15; 0,09; 0,16; 0,05; 0,12; 0,05; 0,13]^T.$$

За допомогою формули (1) отримаємо матрицю елементів, які визначають переваги виробників:

$$M_{\tilde{c}} = \begin{bmatrix} 0,7825 \\ 0,7145 \\ 1,4575 \end{bmatrix}.$$

Використовуючи прямий метод, спираючись на формулу (2), отримаємо, що найкращим виробником слід вважати  $a_3$ .

### 3. Приклад вибору виробника опосередкованим методом

Розв'яжемо попередню задачу методом вибору альтернатив на основі нечіткого відношення переваги. Нехай при порівнянні виробників по кожному критерію отримано такі відношення переваги (табл. 4).

Таблиця 4

Експертні парні порівняння для формування відношень переваги

Критерій	Парні порівняння
$c_1$	$a_2$ має перевагу над $a_1$ , $a_3$ має перевагу над $a_2$
$c_2$	$a_1$ еквівалентно $a_2$ , $a_3$ має перевагу над $a_1$
$c_3$	$a_1$ еквівалентно $a_2$ , $a_2$ еквівалентно $a_3$
$c_4$	$a_1$ еквівалентно $a_3$ , $a_3$ має перевагу над $a_2$
$c_5$	$a_1$ має перевагу над $a_3$ , $a_3$ має перевагу над $a_2$
$c_6$	$a_1$ еквівалентно $a_3$ , $a_3$ має перевагу над $a_2$
$c_7$	$a_1$ еквівалентно $a_2$ , $a_2$ має перевагу над $a_3$
$c_8$	$a_1$ еквівалентно $a_3$ , $a_3$ має перевагу над $a_2$
$c_9$	$a_2$ еквівалентно $a_3$ , $a_1$ має перевагу над $a_2$

Звідси, використовуючи співвідношення  $m_R(a_i, a_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a_i \mathbf{f} a_j \text{ або } a_i \approx a_j \\ 0, & \text{якщо } a_i \mathbf{p} a_j \end{cases}$ , формуємо матри-

ці відношень переваги:

$$\mu_{R_1}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mu_{R_2}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mu_{R_3}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \mu_{R_4}(a_i, a_j) &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mu_{R_5}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mu_{R_6}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \\ \mu_{R_7}(a_i, a_j) &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mu_{R_8}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mu_{R_9}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

А потім будемо згортку відношень за формулою (3):

$$\mu_{Q_1}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Далі за формулою (4) знаходимо підмножину недомінованих альтернатив:

$$\mu_{Q_1}^{no}(a_1) = 1 - \sup\{0 - 0; 0 - 0\} = 1; \quad \mu_{Q_1}^{no}(a_2) = 1 - \sup\{0 - 0; 0 - 0\} = 1; \quad \mu_{Q_1}^{no}(a_3) = 1 - \sup\{0 - 0; 0 - 0\} = 1.$$

Отже,  $\mu_{Q_1}^{no}(a) = [1; 1; 1]$ .

Будемо нечітке відношення переваги  $Q_2$ , використовуючи формулу (5) або (1) та вагові коефіцієнти із попереднього прикладу:

$$\mu_{Q_2}(a_i, a_j) = \begin{pmatrix} 1 & 0,87 & 0,75 \\ 0,52 & 1 & 0,28 \\ 0,59 & 0,88 & 1 \end{pmatrix}.$$

Наступним кроком є знаходження підмножини недомінованих альтернатив по відношенню  $Q_2$ :

$$\mu_{Q_2}^{no}(a_1) = 1 - \sup\{0,52 - 0,87; 0,59 - 0,75\} = 1; \quad \mu_{Q_2}^{no}(a_2) = 1 - \sup\{0,87 - 0,52; 0,88 - 0,28\} = 0,4;$$

$$\mu_{Q_2}^{no}(a_3) = 1 - \sup\{0,75 - 0,59; 0,28 - 0,88\} = 0,84.$$

Отже,  $\mu_{Q_2}^{no}(a) = [1; 0,4; 0,84]$ .

Далі знаходимо перетин множин  $Q_1^{no}, Q_2^{no}$  і загальну множину недомінованих альтернатив (формула (7))  $\mu_{no}(a) = [1; 0,4; 0,84]$ .

Отже, згідно з формулою (2) найкращим виробником у розглянутому випадку є виробник  $a_1$ .

**Висновки.** Важливим завданням для сучасного підприємства є досягнення певного рівня конкурентоспроможності, що є неможливим без впровадження логістики.

Для розв'язання основних задач логістики, своєю чергою, використовується нечітка інформація, що робить необхідним використання підходів на основі нечітких множин.

Розглянуті методи дають змогу відмітити, що результати, отримані прямим та опосередкованим методами, відрізняються. Вони показують, в наскільки різних умовах змушений працювати експерт, оцінюючи виробників та їх характерні властивості. Прямий метод вимагає від нього оцінювати, оперуючи усією множиною критеріїв, і порівнювати кожного виробника з деяким ідеальним невідомим об'єктом. Другий метод значно спрощує задачу, вимагаючи тільки попарні порівняння реальних виробників.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведене дослідження не вичерпує поставленої проблеми та потребує подальших досліджень у теоретичних та практичних аспектах щодо застосування методів теорії нечітких множин до фінансового аналізу підприємства.

1. Волошин О.Ф. *Моделі та методи прийняття рішень* / О.Ф. Волошин, С.О. Маценко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с. 2. Зайченко Ю.П. *Нечіткі моделі і методи в інтелектуальних системах* / Ю.П. Зайченко. – К.: «Издательский дом «Слово», 2008. – 344 с. 3. Лецинский Б.С. *Выбор поставщика в условиях разнотипности данных с использованием методов теории нечетких множеств* / Б.С. Лецинский, Ю.А. Конкина // *Вестник Томского государственного университета*. – 2008. – №2(3). – С. 44–51. 4. Матвійчук А.В. *Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: монографія*. / А.В. Матвійчук – К.: КНЕУ, 2007. – 264 с. 5. Неруш Ю.М. *Коммерческая логистика* / Ю.М. Неруш / — М.: ЮНИТИ, 1997. – 290 с. 6. Павлов В.А. *Конкурентоспроможність підприємства: оцінка та стратегія забезпечення: монографія*. – Д.: Вид-во ДУЕП, 2006. – 276 с.