

РОЗРОБЛЕННЯ НЕЧІТКОЇ БАГАТОФАКТОРНОЇ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ В УПРАВЛІННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ БАНКУ

В статті наведено аналіз методів побудови нечітких багатофакторних лінійних регресійних моделей, описані переваги та недоліки кожного з них. В запропонованій нечіткій багатофакторній лінійній регресійній моделі розглядається критерій мінімізації нечіткості для оцінки нечітких параметрів математичної моделі, що передбачає використання результатів описової статистики значень результативної ознаки. Побудова моделі ґрунтується на розробленій концептуально-структурній схемі конкурентоспроможності банку та визначеного його ознакового простору.

Ключові слова: нечітка регресійна модель, конкурентоспроможність банку, ознаковий простір, критерії мінімізації нечіткості, інструменти описової статистики.

L. MALIARETS

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

V. KOYBICHUK

State Higher Educational Institution «Ukrainian Academy of Banking of the National Bank of Ukraine»

DEVELOPMENT OF MULTIFACTOR FUZZY LINEAR REGRESSION MODEL IN THE MANAGEMENT OF THE BANK'S COMPETITIVENESS

The article provides an analysis of the methods of constructing fuzzy multifactorial linear regression models, describes the advantages and disadvantages of each. In the proposed multivariate fuzzy linear regression model considered the criterion of minimization fuzziness for evaluation of fuzzy parameters of the mathematical model, which involves the use of the results of descriptive statistics values effective signs. Building a model based on the proposed conceptual and structural scheme of the bank's competitiveness and its specified feature space. In addition, for the construction of fuzzy linear regression model of competitiveness of the bank used only meaningful indicators, selected using the tools of descriptive statistics, canonical analysis and classical regression models.

Keywords: fuzzy regression model, competitiveness of the bank, feature space, fuzziness reduction criterion, tools of descriptive statistics.

Відсутність достатньої кількості статистичної інформації щодо значень показників діяльності банків, їх неточність часто призводить до невиправданої ідеалізації в моделюванні конкурентоспроможності банків, в управлінні їх діяльністю. Найчастіше для виявлення залежностей результативної ознаки конкурентоспроможності банку від факторів використовуються методи регресійного аналізу. Однак, якщо інформація відноситься до іншого типу, наприклад, є частково наближеною, то класичні методи регресійного аналізу не можна застосовувати. Одним зі способів формалізації наближеної інформації є використання нечітких множин та нечітких чисел в методах нечіткого регресійного аналізу.

В цілому, узагальнюючи роботи вчених С. Д. Штовби [1], Н. Г. Ярушкіної [2], Н. F. Wang, R. C. Tsaor [3, 5], D. T. Redden, W. H. Woodall [4], С. Kao, Р. Н. Lin [6], Р. А. Алієва, А. Е. Церковного, Г. А. Мамедової [7], А. Celmins [8], Р. Diamond [9], М. S. Yang, Т. S. Lin [10], М. Sakawa, Н. Yano [11], Н. В. Сапкіної [12], Т. М. Леденьової [13], можна виділити три основних підходи для побудови нечіткої регресійної моделі (рис. 1).



Рис. 1. Основні підходи для побудови нечіткої регресійної моделі

Більшість авторів [1, 2, 3, 5, 6] вважають, що вперше нечітка регресія описана в роботі зарубіжного науковця Н. Такака [14]. В ній розглядається нечітка множина A , що описується парою – нечітка змінна x та її функція належності $\mu_A(x)$. Формально нечітка множина записується у вигляді:

$$A = \{x, \mu_A(x) : x \in X, 0 \leq \mu_A(x) \leq 1\}, \quad (1)$$

де x – можливі значення нечіткої змінної в заданій множині X ; $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ – функція належності, котра задає ступінь належності конкретного значення x нечіткій множині A .

Отже, перший підхід ґрунтується роботою Х. Такаки [14] у 1982 р. Він розглянув модель лінійної регресії (FLR) з нечітким коефіцієнтом, для визначення якого використовував методи лінійного програмування. Нечітка регресія являє собою деяку нечітку функцію, що пов'язує вхід та вихід досліджуваної залежності:

$$Y = A_1 x_1 + \dots + A_n x_n = Ax, \quad (2)$$

де $A_i, i = \overline{1, n}$ – нечітка множина, описана формулами (3, 4).

$$\mu_{A_j}(a) = \min[\mu_{A_j}(a_j)]. \quad (3)$$

$$\mu_{A_j}(a_j) = \begin{cases} 1 - \frac{|\alpha_j - a_j|}{c_j}, & \alpha_j - c_j \leq a_j \leq \alpha_j + c_j, c_j > 0 \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases} \quad (4)$$

Нечіткий параметр A , що має значення «приблизно α », описується центром α і шириною c (рис. 2).

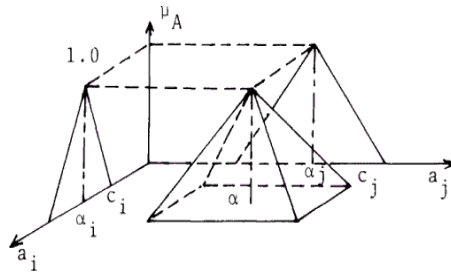


Рис. 2. Нечітка множина параметра A

Дані повинні бути представлені лінійною нечіткою моделлю (5):

$$Y_i^* = A_1^* x_{i1} + \dots + A_n^* x_{in} \equiv A^* x_i, \quad (5)$$

Задача полягає в тому, щоб знайти нечіткі параметри $A_i^* = (\alpha_i, c_i)$, які є розв'язком наступної задачі лінійного програмування:

$$\begin{aligned} \min_{\alpha, c} J &= c_1 + \dots + c_n \\ \begin{cases} \alpha^t x_i + (1-H) \sum_j c_j |x_{ij}| \geq y_i + (1-H)e_i, \\ -\alpha^t x_i + (1-H) \sum_j c_j |x_{ij}| \geq -y_i + (1-H)e_i, \\ c_j \geq 0, j = \overline{1, n}. \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

де x_{ij} – відомі вхідні дані, H рівень довіри. Нечіткий відомий вихід Y_i описується двома змінними: $Y_i = (y_i, e_i)$, y_i – центр, e_i – ширина. Функція належності $\mu_{Y_i}(y)$ записується у вигляді:

$$\mu_{Y_i}(y) = 1 - \frac{|y_i - y|}{e_i}. \quad (7)$$

Зарубіжні вчені зазначають суттєві недоліки даного підходу. По-перше, коефіцієнти регресії високочутливі до викидів даних [4], по-друге, оцінка має широкий діапазон [5], по-третє, цільова функція не інтерпретується як деякий показник схожості бажаної та дійсної поведінки моделі, на відміну від звичайного регресійного аналізу; чим більше спостережень, тим більш розмита оцінка, що суперечить загальним положенням регресійного аналізу: чим більше спостережень, тим більш точний результат [6]. Тяжко погодитись з науковцями D. T. Redden, W. H. Woodall [4], H. F. Wang, R. C. Tsaur [5], оскільки здійснена практична перевірка даної моделі на показниках конкурентоспроможності банку (КБ) [15] призвела до недостовірних результатів. Задача вирішувалась в середовищі MS Office Excel з допомогою надбудови «Пошук рішення». Отримані значення виявилися дуже великими, деякі від'ємними, що не можливо,

виходячи з нормативів НБУ. Виправдалося твердження, що модель високочутлива до викидів даних [4].

Російський вчений Р. А. Алієв [7] в 1991 році також запропонував застосовувати критерій мінімізації нечіткості для оцінки нечітких параметрів математичної моделі та використав інтервальний нечіткий МНК, представленої нечітким рівнянням множинної регресії:

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \dots + \tilde{A}_k x_k, \quad (8)$$

де $x_i, i = \overline{1, k}$ – детерміновані значення, \tilde{Y} – нечіткі.

Для оцінки нечітких параметрів побудованої моделі був використаний критерій мінімізації відхилень нечітких вихідних значень \tilde{Y}_j , отриманих за (8), від відповідних вибірових значень Y_j за даними спостережень $j = \overline{1, n}$:

$$J = \bigcup_{j=1, n} (Y_j - |\tilde{Y}_j|)^2 \rightarrow \min \quad (9)$$

\mathbb{H} – обмежена різниця нечітких чисел, що визначається формулою (10):

$$\mu_j(x) = \mu_{Y_j - |\tilde{Y}_j|}(x) = \max(0, \mu_{Y_j}(x) - \mu_{\tilde{Y}_j}(x)). \quad (10)$$

Тобто задача оцінки параметрів регресії (8) була зведена до мінімізації багатовимірної функції з нечіткими змінними.

Р. А. Алієв припустив, що нечіткі коефіцієнти $\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_k$ є нормальними нечіткими множинами на

$$\mathfrak{R} : \tilde{A}_i = \bigcup_{a_i \in \mathfrak{R}} \mu_{A_i}(a_i) / a_i.$$

та визначив α -рівневі множини нечітких коефіцієнтів \tilde{A}_i :

$$a_i^\alpha = \{a_i : a_i \in \mathfrak{R}, \mu_{A_i}(a_i) \geq \alpha\}, i = \overline{0, k}, \alpha \in [0, 1]. \quad (11)$$

Для оцінки нечітких коефіцієнтів $\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_k$ він визначав такі коефіцієнти $a_0^{\alpha_s}, a_1^{\alpha_s}, \dots, a_k^{\alpha_s}, s = \overline{1, p}$ на кожному рівні $\alpha_s, (\alpha : \{\alpha_0 = 0, \alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_p = 1\})$, які задовольняють умові

$$J_s = \sum_{j=1}^n (y_j^{\alpha_s} - \tilde{y}_j^{\alpha_s})^2 \rightarrow \min, s = \overline{1, p}, \quad (12)$$

де $\tilde{y}_j^{\alpha_s} = a_0^{\alpha_s} + a_1^{\alpha_s} x_1 + \dots + a_k^{\alpha_s} x_k$.

Детерміновані значення $y_j^{\alpha_s}$, які спостерігаються, отримані апроксимацією нечітких значень вихідної змінної $\tilde{y}_j^{\alpha_s}$ α -рівневими множинами у відповідності з апроксимацією нечітких коефіцієнтів $\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_k$.

Таким чином, вихідна задача оцінювання нечітких коефіцієнтів нечіткого рівняння регресії (8) була зведена до класичних задач оцінювання параметрів множинної регресії [7].

Іншим підходом побудови нечіткої лінійної регресії є підхід, заснований на методі найменших квадратів (FLSRA), який запропонували А. Селмінс [8] та П. Даймонд [9] у 1987–1988 р. Даний підхід передбачає підбір нечітких коефіцієнтів регресії таким чином, щоб мінімізувати відстань між нечіткими числами (виходом моделі та даними з вхідної терм-множини). Для цього застосовуються методи багатокритеріального програмування та нечіткий метод найменших квадратів [10]. Відповіді були сформовані в роботах вчених Miin Shen Yang та Tzu-Shun Lin (2002) [10] та M. Sakawa, Yano 1992) [11].

Враховуючи переваги та недоліки описаних підходів щодо побудови нечітких регресійних моделей, доцільно розробку нечіткої регресійної моделі конкурентоспроможності банку здійснити за методикою Р. А. Алієва [7]. Перш ніж будувати нечітку лінійну регресійну модель конкурентоспроможності авторами в роботі [15] було побудовано концептуальну модель конкурентоспроможності банку, адже її побудова є принциповою основою будь-якої економіко-математичної моделі. З допомогою інструментів описової статистики та методів канонічного аналізу був отриманий коректний ознаковий простір моделювання конкурентоспроможності банку [16]. Основними складними та елементарними ознаками, що формують конкурентоспроможність банку, є: 1) показники конкурентоспроможності банківських послуг (продуктів) (Cb_{sp}); 2) показники менеджменту банку (P_m); 3) ресурси банку (B_r); 4) показники здатності вести конкурентну боротьбу (B_{ac}); 5) показники зовнішнього середовища (E_b). До показників Cb_{sp} відносяться:

x_1 – споживча властивість послуги, x_3 – умови надання послуги, x_7 – розгалуженість збутової мережі, x_8 – якість післяпродажного обслуговування. До показників P_m відносяться: x_9 – інноваційні послуги банку, x_{11} – рівень менеджменту, x_{12} – строк роботи банку на ринку, x_{14} – кількість відділень, x_{15} – ефективне використання технологій. До показників B_r відносяться: x_{17} – власні кошти, x_{18} – залучені кошти, x_{19} – запозичені кошти банку. До показників B_{ac} відносяться: x_{22} – загальна доходність активів, x_{24} – чистий спред, x_{25} – сумарна частка чистого процентного доходу і чистого комісійного доходу в операційному прибутку, x_{26} – залучені кошти на умовах субборгу, x_{27} – процентна ставка за субординованим боргом в національній валюті, x_{28} – процентна ставка за субординованим боргом в доларах США, x_{29} – процентна ставка за субординованим боргом в євро, x_{30} – GAP, x_{32} – коефіцієнт відношення кредитного портфелю до зобов'язань банку, x_{34} – частка вкладів фізичних осіб в пасивах, x_{37} – коефіцієнт співвідношення регулятивного капіталу до сукупних активів капіталу (НЗ), x_{39} – коефіцієнт фінансового леввериджу. До показників E_b відносяться: x_{41} – грошова база, x_{43} – темп зміни готівкового курсу, x_{46} – рівень безробіття [16].

Методами класичного регресійного аналізу побудовано 12 моделей конкурентоспроможності банку [17]. Найбільш адекватною виявилася модель конкурентоспроможності банку, що описує залежність результативної змінної Y_{30} (GAP) від 4-х незалежних значимих факторів (x_{12} , x_{18} , x_{19} , x_{41}). Показник GAP – різниця між активами та зобов'язаннями банку з відповідними строками, який використовують для оцінювання ризику на короткострокових інтервалах (наприклад, позитивна різниця (positive gap) виникає у випадку, коли сума короткострокових активів перевищує суму короткострокових зобов'язань; негативна різниця (negative gap) виникає у випадку, коли сума короткострокових зобов'язань перевищує суму короткострокових активів).

$$y_{30} = -5,153458E6 + 545539x_{12} - 0,308138x_{18} - 1,68207x_{19} - 0,0312202x_{41}. \quad (13)$$

Вихідна інформація стосовно значень показників отримана зі звітності банку [18] за період з 2008 по 2013 рік.

При побудові нечіткої лінійної багатфакторної регресійної моделі конкурентоспроможності банку в якості вхідних даних скористаємось чіткими змінними x_{12} , x_{18} , x_{19} , x_{41} та нечіткою змінною Y_{30} . Банки часто в своїх звітах публікують не зовсім точну інформацію, наприклад в річному фінансовому звіті за стандартами НБУ наводиться одне значення, а в квартальних звітах цей же самий показник має дещо інше значення, при цьому розбіжність складає декілька сотен тисяч грн. Крім того, деяка статистична інформація, необхідна для розрахунку зазначеного показника, наприклад для показника x_{19} , часто взагалі відсутня.

Рівняння нечіткої регресії, яке описує конкурентоспроможність банку від означених факторів, згідно формули (8) будемо шукати у вигляді:

$$\tilde{Y}_{30} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1x_{12} + \tilde{A}_2x_{18} + \tilde{A}_3x_{19} + \tilde{A}_4x_{41}. \quad (14)$$

Для ідентифікації нечітких коефіцієнтів $\tilde{A}_i (i=\overline{1,4})$ використовувати нечіткі множини було розбито з урахуванням рівнів: $\alpha_1 = 0,5$; $\alpha_2 = 0,8$; $\alpha_3 = 1$. Носій кожного нечіткого числа, що відповідає значенням показників результативної ознаки Y_{30} , визначено на основі побудованої функції належності для Y_{30} інструментами описової статистики в пакеті Statgraphics Centurion. Носієм нечіткого числа є інтервал (a, b) , в межах якого буде знаходитися нечітке число. Границі інтервалу визначаються функцією належності, яка є основою для прийняття управлінського рішення, нечіткого числа при відповідному рівні довіри (α - зрізі). Вид функції належності визначено з допомогою інструментів описової статистики та на основі аналізу гістограми результативної ознаки Y_{30} . Обґрунтування необхідності застосування інструментів описової статистики для опису елементарних ознак об'єктів в економіці авторами детально описано в роботі [16]. Аналіз функції змін його значень засвідчив, що вона є s-подібною, що цілком закономірно [19]. Відомо, що S-подібною кривою моделюється процес різкого переходу від одного стабільного стану до іншого. Інтерпретація s-подібної функції розподілу конкурентоспроможності банку така: посилення конкурентоспроможності банку призводить до збільшення його рівня, а починаючи з деякого реперного значення уповільнюється розвиток даної характеристики або взагалі падає.

Пропонується для визначення нечітких інтервалів (a, b) , які описують нечіткі значення результативної ознаки Y_{30} ввести коефіцієнти β_1 , β_2 , які використовують статистичні характеристики показника Y_{30} :

$$\beta_1 = \frac{y_{\alpha=0,5}}{y_{\alpha=1}}; \quad (15)$$

$$\beta_2 = \frac{y_{\alpha=0,8}}{y_{\alpha=1}}, \quad (16)$$

де $y_{\alpha=0,5}$ – значення показника y_{30} , що відповідає 50-му перцентилу (медіана); $y_{\alpha=0,8}$ – значення показника y_{30} , що відповідає 80-му перцентилу; $y_{\alpha=1}$ – значення показника y_{30} , що відповідає 100-му перцентилу. Перцентилі узагальнюють інформацію про сукупність значень величини ознак, характеризуючи значення, що досягається заданим процентом загальної кількості спостережень [20], тобто величина X , до якої знаходиться 50% спостережень, називається 50-м перцентилем; величина X , до якої знаходиться 80% спостережень та вище якої знаходиться 20% спостережень називається 80-м перцентилем. Математично доведено, що на основі значень перцентилів можна отримати таку форму опису величин досліджуваної ознаки, на яку не впливатимуть викиди (аномальні значення).

Для нашої задачі відповідні значення перцентилів для показника y_{30} такі: $y_{\alpha=0,5} = -4,63179E6$; $y_{\alpha=0,8} = -3,34881E6$; $y_{\alpha=1} = -2,54144E6$. Взагалі вибір рівня довіри α_j залежить від дослідника, наскільки в нього переважають песимістичні позиції, чи оптимістичні щодо достовірності даних.

У відповідності до вибраного рівня довіри значення показника (GAP) представлені в табл. 1-3. Носії (a, b) нечіткої результативної ознаки y_{30} на відповідному рівні, визначаються формулами:

$$\text{Якщо } \alpha = 0,5 : a = \beta_1 y_k - s; \quad b = \beta_1 y_k + s, \quad k = \overline{1, n} \quad (17)$$

$$\text{Якщо } \alpha = 0,8 : a = \beta_2 y_k - s; \quad b = \beta_2 y_k + s, \quad k = \overline{1, n} \quad (18)$$

де $s = 317004$ – стандартна похибка, y_k – значення результативної ознаки y_{30} , визначене при k -му спостереженні на основі звітності банку [18]. Чим менше значення стандартної похибки, тим більш достовірною є оцінка.

Таким чином, необхідні параметри β_1 , β_2 , s для розрахунку границь інтервалу, якому належить нечітке значення результативної ознаки y_{30} при відповідному рівні довіри, вид функції належності отримано на основі результатів описової статистики та математично обґрунтовано числовими характеристиками досліджуваного показника.

Обчислимо коефіцієнти β_1 , β_2 :

$$\beta_1 = \frac{y_{\alpha=0,5}}{y_{\alpha=1}} = \frac{-4,63179E6}{-2,54144E6} = 1,82; \quad (19)$$

$$\beta_2 = \frac{y_{\alpha=0,8}}{y_{\alpha=1}} = \frac{-3,34881E6}{-2,54144E6} = 1,32. \quad (20)$$

Для ідентифікації коефіцієнтів $a_i^{\alpha_j}$ ($i = \overline{0,4}$, $j = \overline{0,3}$) на кожному рівні α_j нечітке рівняння регресії (14) у відповідності до (8) представляється як:

$$y_{30}^{\alpha_j} = a_0^{\alpha_j} + a_1^{\alpha_j} x_{12} + a_2^{\alpha_j} x_{18} + a_3^{\alpha_j} x_{19} + a_4^{\alpha_j} x_{41}. \quad (21)$$

Як бачимо (21) являє собою класичне рівняння регресії. Для оцінки його коефіцієнтів скористаємося програмою Statgraphics Centurion. В результаті отримаємо рівняння для кожного рівня на кожному інтервалі нечіткості (табл. 4).

Всі обчислені рівняння є статистично якісними, що підтверджують критерії Стьюдента, Фішера та Дарбіна-Уотсона. Для визначення нечітких коефіцієнтів \tilde{A}_i ($i = \overline{1,4}$) отримані значення $a_i^{\alpha_j}$ об'єднуються з використанням співвідношення (22) або (23):

$$\tilde{A}_i = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} a_i^{\alpha}. \quad (22)$$

$$\mu_{\tilde{A}_i}^{\alpha}(a_i) = \sup \min \{ \alpha, \mu_{a_i^{\alpha}} \}, \quad a_i^{\alpha} = \{ a_i \mid \mu_{\tilde{A}_i}^{\alpha}(a_i) \geq \alpha \}. \quad (23)$$

Таким чином, рівняння, що описує нечітку залежність GAP банку від факторів x_i ($i = \overline{1,4}$) має вигляд:

$$y_{30} = (0,5/2,35655E6 + 0,8/1,62206E6 + 1/-5,15358E6 + 0,8/2,25607E6 + 0,5/2,99056) + (0,5/-195262 + 0,8/-141618 + 1/545539 + 0,8/-141618 + 0,5/-195262)x_{12} + (0,5/-1,833989 + 0,8/-1,33443 + 1/-0,308138 + 0,8/-1,33443 + 0,5/-1,833989)x_{18} + (0,5/-1,8148 + 0,8/-1,31623 + 1/-0,308138 + 0,8/-1,31623 + 0,5/-1,8148)x_{19} + (0,5/0,00884206 + 0,8/0,00641292 + 1/-0,0312202 + 0,8/0,00641292 + 0,5/0,00884206)x_{41}.$$

Таблиця 1

Значення показників конкурентоспроможності банку «Хрещатик» при $\alpha_3 = 1$.

№ з/п	Строк роботи банку на ринку (років)	Залучені кошти банку	Запозичені кошти банку	Грошова база	(GAP)
	x_{12}	x_{18}	x_{19}	x_{41}	y_{30}
$\alpha_3 = 1$					
1	15	2849938	421951	141901000,00	-2919848
2	15	3049712	139070	141901000,00	-2541750
3	15	3355841	127370	141901000,00	-2818580
4	15	3477179	141085	141901000,00	-2953975
5	16	5006486	185492	186671000,00	-4502500
6	16	5010108	210937	186671000,00	-4512970
7	16	4794859	107067	186671000,00	-4198312
8	16	4542083	119558	186671000,00	-3915829
9	17	4395356	68475	194965000,00	-3707380
10	17	4042508	66608	194965000,00	-3348990
11	17	4585234	80946	194965000,00	-3907663
12	17	5133806	143829	194965000,00	-4542594
13	18	5611935	156890	225692000,00	-5111608
14	18	5206145	158929	225692000,00	-4721293
15	18	5619651	162643	225692000,00	-5110999
16	18	5832177	453915	225692000,00	-5611990
17	19	6095669	400527	239885000,00	-5926511
18	19	6183960	444527	239885000,00	-6046507
19	19	6103161	452574	239885000,00	-5974954
20	19	6140137	596264	239885000,00	-6155378
21	20	5913932	928958	255283000,00	-6293802
22	20	5792606	1110659	255283000,00	-6240945
23	20	5 887 207	2992408	255283000,00	-8238401
24	20	6750487	1995577	255283000,00	-8087851

Таблиця 2

Значення показників конкурентоспроможності банку «Хрещатик» при $\alpha_1 = 0,5$

№ з/п	Строк роботи банку на ринку (років)	Залучені кошти банку	Запозичені кошти банку	Грошова база	(GAP)	
					a	b
	x_{12}	x_{18}	x_{19}	x_{41}	y_{30}	
$\alpha_1 = 0,5$						
1	15	2849938	421951	141901000,00	-5630945,36	-4996937,36
2	15	3049712	139070	141901000,00	-4942424,8	-4308416,8
3	15	3355841	127370	141901000,00	-5446499,28	-4812491,28
4	15	3477179	141085	141901000,00	-5692947,3	-5058939,3
5	16	5006486	185492	186671000,00	-8511362,9	-7877354,9
6	16	5010108	210937	186671000,00	-8530414,66	-7896406,66
7	16	4794859	107067	186671000,00	-7957567,84	-7323559,84

№ з/п	Строк роботи банку на ринку (років)	Залучені кошти банку	Запозичені кошти банку	Грошова база	(GAP)	
					y_{30}	
	x_{12}	x_{18}	x_{19}	x_{41}	a	b
$\alpha_1 = 0,5$						
8	16	4542083	119558	186671000,00	-7443266,78	-6809258,78
9	17	4395356	68475	194965000,00	-7064044,3	-6430036,3
10	17	4042508	66608	194965000,00	-6411834,56	-5777826,56
11	17	4585234	80946	194965000,00	-7428586,66	-6794578,66
12	17	5133806	143829	194965000,00	-8584343,08	-7950335,08
13	18	5611935	156890	225692000,00	-9619948,56	-8985940,56
14	18	5206145	158929	225692000,00	-8909393,26	-8275385,26
15	18	5619651	162643	225692000,00	-9618958,48	-8984950,48
16	18	5832177	453915	225692000,00	-10530714,78	-9896706,78
17	19	6095669	400527	239885000,00	-11102890,02	-10468882,02
18	19	6183960	444527	239885000,00	-11321464,74	-10687456,74
19	19	6103161	452574	239885000,00	-11191238,28	-10557230,28
20	19	6140137	596264	239885000,00	-11519427,96	-10885419,96
21	20	5913932	928958	255283000,00	-11771359,64	-11137351,64
22	20	5792606	1110659	255283000,00	-11675341,9	-11041333,9
23	20	5 887 207	2992408	255283000,00	-15310620,82	-14676612,82
24	20	6750487	1995577	255283000,00	-15036710,82	-14402702,82

Таблиця 3

Значення показників конкурентоспроможності банку «Хрещатик» при $\alpha_2 = 0,8$

№ з/п	Строк роботи банку на ринку (років)	Залучені кошти банку	Запозичені кошти банку	Грошова база	(GAP)	
					y_{30}	
	x_{12}	x_{18}	x_{19}	x_{41}	a	b
$\alpha_2 = 0,8$						
1	15	2849938	421951	141901000,00	-4171071,36	-3537063,36
2	15	3049712	139070	141901000,00	-3671704,8	-3037696,8
3	15	3355841	127370	141901000,00	-4037297,28	-3403289,28
4	15	3477179	141085	141901000,00	-4216039,8	-3582031,8
5	16	5006486	185492	186671000,00	-6260165,4	-5626157,4
6	16	5010108	210937	186671000,00	-6273983,16	-5639975,16
7	16	4794859	107067	186671000,00	-5858511,84	-5224503,84
8	16	4542083	119558	186671000,00	-5485502,28	-4851494,28
9	17	4395356	68475	194965000,00	-5210461,8	-4576453,8
10	17	4042508	66608	194965000,00	-4737430,56	-4103422,56
11	17	4585234	80946	194965000,00	-5474855,16	-4840847,16
12	17	5133806	143829	194965000,00	-6313096,08	-5679088,08
13	18	5611935	156890	225692000,00	-7064194,56	-6430186,56
14	18	5206145	158929	225692000,00	-6548846,76	-5914838,76
15	18	5619651	162643	225692000,00	-7063476,48	-6429468,48
16	18	5832177	453915	225692000,00	-7724750,28	-7090742,28
17	19	6095669	400527	239885000,00	-8139734,52	-7505726,52
18	19	6183960	444527	239885000,00	-8298261,24	-7664253,24
19	19	6103161	452574	239885000,00	-8203811,28	-7569803,28
20	19	6140137	596264	239885000,00	-8441838,96	-7807830,96
21	20	5913932	928958	255283000,00	-8624558,64	-7990550,64
22	20	5792606	1110659	255283000,00	-8554919,4	-7920911,4
23	20	5 887 207	2992408	255283000,00	-11191495,32	-10557487,32
24	20	6750487	1995577	255283000,00	-10992835,32	-10358827,32

Результати обчислення коефіцієнтів $a_i^{\alpha_j}$ рівняння (21)

Ліва межа інтервалу нечіткості при відповідному рівні	Права межа інтервалу нечіткості при відповідному рівні
Рівняння регресії при $\alpha_1 = 0,5$	
$y_{30} = 2,35655E6 - 195262x_{12} - 1,83989x_{18} - 1,8148x_{19} + 0,00884206x_{41}$	$y_{30} = 2,99056E6 - 195262x_{12} - 1,83989x_{18} - 1,8148x_{19} + 0,00884206x_{41}$
Рівняння регресії при $\alpha_2 = 0,8$	
$y_{30} = 1,62206E6 - 141618x_{12} - 1,33443x_{18} - 1,31623x_{19} + 0,00641292x_{41}$	$y_{30} = 2,25607E6 - 141618x_{12} - 1,33443x_{18} - 1,31623x_{19} + 0,00641292x_{41}$
Рівняння регресії при $\alpha_3 = 1$	
$y_{30} = -5,15358E6 + 545539x_{12} - 0,308138x_{18} - 1,68207x_{19} - 0,0312202x_{41}$	

Отже, приведений приклад наглядно продемонстрував, що модель залежності GAP, що є результативною ознакою конкурентоспроможності банку, побудована методами нечіткого регресійного аналізу, надає достовірніший результат, в порівнянні з моделлю, побудованою методами класичного регресійного аналізу, завдяки врахуванню невизначеності вихідної інформації (в даному випадку було розглянуто три рівні довіри 50%, 80%, 100%). Адекватність нечіткої регресійної моделі обумовлюється статистичною якістю чітких регресійних моделей, на яких вона ґрунтується. Таким чином, в управлінні конкурентоспроможністю банків економісти отримують реальні орієнтири, оскільки нечіткі регресійні моделі дозволяють обчислювати достовірні інтервали змін значень результатів діяльності.

Література

1. Штовба С. Д. Нечеткая идентификация на основе регрессионных моделей параметрической функции принадлежности / С. Д. Штовба // Проблемы управления и информатики. – 2006. – № 6. – С. 38–44.
2. Ярушкіна Н. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов : [учебное пособие] / Н. Г. Ярушкіна, Т. В. Афанасьева, И. Г. Перфильева. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 320 с.
3. Wang H. F., Tsaur R. C. Insight of a fuzzy regression model. *Fuzzy Sets and Systems*. – 2000. – N 122 – P. 335–369.
4. Redden D. T., Woodall W. H. Properties of certain Fuzzy Linear Regression methods. *Fuzzy Sets and Systems*. – 1994. Vol. 64. – P. 361–375.
5. Wang H. F., Tsaur R. C. Resolution of Fuzzy Regression Model. *European Journal of Operational research*. – Vol. 126 – P. 637–650.
6. Kao C., Lin P. H. Entropy for Fuzzy Regression Analysis. *International Journal of Systems Science* – 2005. – Vol. 36. – P. 869–876.
7. Алиев Р. А. Управление производством при нечеткой исходной информации / Р. А. Алиев, А. Э. Церковный, Г. А. Мамедова. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
8. Celmins A. Least Squares Model Fitting to Fuzzy Vector Data // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1987. – Vol. 22. – P. 260–269.
9. Diamond P. Least Squares Fitting of Several Fuzzy Variables // *Proceedings of Second IFSA Congress, Tokyo*. – 1987. – P. 20–25.
10. Yang M. S., Lin T. S. Fuzzy least-squared linear regression analysis for fuzzy input-output data. *Fuzzy Sets and Systems*. – 2002. – V. 126(3). – P. 389–399.
11. Sakawa M., Yano H. Multiobjective fuzzy linear regression analysis for fuzzy input-output data. *Fuzzy Sets and Systems*. – 1992. –V.47. – P. 173 – 181.
12. Сапкина Н. В. Восстановление закономерностей на основе нечетких регрессионных моделей : дис. ... канд. тех. Наук : 05.13.17 / Н. В. Сапкина / Воронежский государственный ун-т. – Воронеж, 2014.
13. Леденева Т. М. Обработка нечеткой информации / Т. М. Леденева. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2006. – 233 с.
14. Tanaka H., Uejima S., Asai K. Linear Regression Analysis with Fuzzy Model. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. – 1982. – Vol. 12. – P. 903–907.
15. Койбічук В. В. Концептуальна модель конкурентоспроможності банку в сучасних умовах / В. В. Койбічук // Вісник Університету банківської справи Національного банку України. – 2012. – № 2 (14) – С. 323–329.
16. Койбічук В. В. Формування ознакового простору моделі конкурентоспроможності банку / В.В. Койбічук // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький національний університет, 2013. – № 4. – Т. 1. – С. 173–179.
17. Малиярець Л. М. Окремі питання регресійного аналізу: моделі без вільного члена / Л. М.

Малярець, В. В. Койбічук // Моделирование социально-экономических систем: теория и практика : [монография / под ред. В.С. Пономаренко, Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима]. – Х. : ФЛМ Александрова К.М.; ИД "ИНЖЭК", 2012. – С. 45–57.

18. Про банк [Електронний ресурс] / Банк Хрещатик. – Режим доступу : <http://www.xcitybank.com.ua/zagalna-informaciya/>

19. Карташева О. В. Математическая экономика: учебн. пособие / О. В. Карташева. – Вязьма : Филиал ФГБОУ ВПО «МГИУ» в г. Вязьме, 2012. – Т.3. – 113 с.

20. Пономаренко В. С. Багатовимірний аналіз соціально-економічних систем : [навчальний посібник] / В. С. Пономаренко, Л. М. Малярець. – Харків : ХНЕУ, 2009. – С. 384. – ISBN 978-966-676-347-4.

References

1. Shtovba S. D. Nechyotkaya identifikaciya na osnove regressionny'x modelej parametricheskoj funkicii prinadlezhnosti, Problemy' upravleniya i informatiki, 2006, No. 6, pp. 38–44. [in Russian]
2. Yarushkina N. G., Afanas'eva T. V., Afanas'eva I. G. Intelektual'ny'j analiz vremenny'x ryadov: uchebnoe posobie. Ul'yanovsk: UIGTU, 2010, 320 p. [in Russian]
3. Wang H. F., Tsaur R. C. Insight of a fuzzy regression model, Fuzzy Sets and Systems, 2000, No. 122, pp. 335–369.
4. Redden D. T., Woodall Properties of certain Fuzzy Linear Regression methods, Fuzzy Sets and Systems, 1994, No.64, pp. 361–375.
5. Wang H. F., Tsaur R. C. Resolution of Fuzzy Regression Model, European Journal of Operational research, No. 126, pp. 637– 650.
6. Kao C., P. H. Lin Entropy for Fuzzy Regression, International Journal of Systems Science, 2005, No. 36, pp. 869 – 876.
7. Aliev R. A., Cerkovny'j A. E., Mamedova G. A. Upravlenie proizvodstvom pri nechyotkoj isходnoj informacii, E'nergoatomizdat, 1991, 240 p. [in Russian]
8. Celmins A. Least Squares Model Fitting to Fuzzy Vector Data, Fuzzy Sets and Systems, 1987, Vol. 22, pp. 260–269.
9. Diamond P. Least Squares Fitting of Several Fuzzy Variables, Proceedings of Second IFSA Congress, Tokyo, 1987, pp.20–25.
10. Yang M. S., Lin T. S. Fuzzy least-squared linear regression analysis for fuzzy input-output data, Fuzzy Sets and Systems, 2002, No. 126(3), pp. 389–399.
11. Sakawa M., Yano H. Multiobjective fuzzy linear regression analysis for fuzzy input-output data, Fuzzy Sets and Systems, 1992, No. 47, pp. 173 – 181.
12. Sapkina N. V. Vosstanovlenie zakonomernostej na osnove nechyotkix regressionny'x modelej; dis...kand. tex. nauk: 05.13.17, Voronezhskij gosudarstvenny'j un-t, Voronezh, 2014.
13. Ledenyova T. M. Obrabotka nechyotkoj informacii, Voronezh: Voronezhskij gosudarstvenn y'j universitet, 2006, 233 p. [in Russian]
14. Tanaka H., Uejima S., Asai K. Linear Regression Analysis with Fuzzy Model, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1982, No. 12, pp.903-907.
15. Koibichuk V. V. Kontseptualna model' konkurentospromozhnosti banku v suchasnykh umovakh, Visnyk Universytetu bankivskoi spravy Natsionalnoho banku Ukrainy, 2012, No.2 (14), pp. 323–329. [in Ukrainian]
16. Koibichuk V. V. Formuvannia oznakovoho prosruru modeli konkurentospromozhnosti banku, Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, Khmelnytshyi natsionalnyi universytet, 2013, No.4, T. 1, pp. 173–179. [in Ukrainian]
17. Maliarets' L. M., Koibichuk V. V. Okremi pytannia rehresiinoho analizu: modeli bez vilnoho chlena, X.: FLM Aleksandrova K. M.; ID «INZHEK», 2012, pp. 45–57. [in Ukrainian]
18. Pro bank [Elektronnyi resurs] / Bank Khreshchatyk. – Rezhym dostupu: <http://www.xcitybank.com.ua/zagalna-informaciya/> [in Ukrainian]
19. Kartashova O. V. Matematicheskaya e'konomika: uchebn. Posobie, Vyaz'ma: ailiial FGBOU VPO «MGIU» v g. Vyaz'me, 2012. T.3., 113 p. [in Russian]
20. Ponomarenko V. S., Maliarets' L. M. Bahatovymirnyi analiz sotsialno-ekonomichnykh system: navchalnyi posibnyk. Kharkiv: KhNEU, 2009, 384 p. [in Ukrainian]

Надійшла 25.08.2014; рецензент: д. е. н. Отенко В. І.