

БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ФІНАНСОВОГО РИЗИКУ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

ІІІІ

Комп'ютеризованість банківської діяльності є показником світового рівня новітніх інформаційних технологій. Необхідність оперативного реагування на кредитно-фінансові обставини викликали значні зміни в банківській сфері. Банки України, повіривши в ідеї банківської інформатизації, очолили дослідницькі роботи по автоматизації банківської справи, використовуючи потенціал наукових закладів, що мали досвід розробки та впровадження формалізованих комп'ютеризованих систем. Однак поряд з цими позитивними змінами в банківській сфері України слабо розвинуто математичне й програмне забезпечення щодо прийняття банківських рішень з важливіших операцій, а саме: з кредитування, інвестування, лізинга, факторинга і т.д. [1] Досвід зарубіжних банків показує, що впровадження комп'ютеризованих математичних методів оцінювання фінансового ризику (сукупність кредитного та процентного ризиків) дає можливість звести ризикованість банківських операцій до мінімуму [2-4]. А це, в свою чергу, забезпечує стійкий прибуток банкам. Досягнутий високий рівень комп'ютерного обслуговування банківського виробництва, який сформувався в державах з розвиненою банківською справою, пов'язан з великою увагою до цієї проблеми з боку банків-замовників протягом всього процесу розвитку комп'ютерної науки, техніки і технологій. Фахівці провідних банків добре розуміють, що досягнення у цій галузі дають значне підвищення обігу капітала, стабільність прибутку, тому вони всіляко стимулюють науково-дослідні роботи в цій галузі. Вітчизняні банки мають відповідну методику оцінювання кредитоспроможності позичальника [5]. Однак відсутність математичних моделей, які дозволяють враховувати поряд з кількісними чинниками й якісні, не дає можливості чисельно оцінити рейтинг компаній-позичальників, їх справжній стан кредитоспроможності та розробити відповідну стратегію поведінки банку з позичальником, що призводить до суттєвих позапланових витрат банку, штрафних санкцій з боку Національного банку України у випадку несплати позичальником основної суми кредиту або процентів по ньому. Якість кредитного портфеля на 01.01.1997 р. складається з 5% прострочених кредитів, 17% пролонгованих кредитів та 78% інших кредитних вкладень [6]. Банки постійно працюють над забезпеченням своєчасності проведення платежів клієнтів. Проте окремі КБ допустили торік 1473 порушення нормативів обігу платіжних документів, підриваючи довіру до банківської системи в цілому. Вони сплатили пеню на загальну суму 1939 тис. грн. і до Державного бюджету - 971 тис. грн [7]. Фінансовий ризик властивий взагалі більшості кредитних угод банку, але

можливість передбачити широкий спектр чинників, які впливають на клієнта, дає змогу зменшити його значення до мінімального рівня. Вирішити вищевказані проблеми дозволяє **багаторівнева система оцінки фінансового ризику комерційних банків на базі нечіткої логіки**, яка за допомогою фінансової звітності, банківських та міжбанківських архівів визначає з використанням економіко-математичних моделей імідж потенційного позичальника, його кредитне котирування й оцінює можливість надання йому кредиту. Опису такої системи і присвячена дана стаття. Розглянемо більш детально структурну схему такої системи (Рис.1). На **першому рівні** перевіряються: **кількісні** ($x_1...x_8$) та **якісні характеристики** позичальника, які визначають **репутацію** позичальника ($x_{13}...x_{17}$). В результаті аналізу відповідної інформації є можливість отримати сукупну оцінку **іміджу позичальника**, який згідно з теорією банківського менеджменту являє собою узагальнену оцінку критеріїв першого рівня:

$$Y = f_y(x_1, \dots, x_8, x_{13}, \dots, x_{17}) \quad (1).$$

На **другому рівні** визначається **кредитне котирування позичальника**, яке являє собою сбалансовану сукупність коефіцієнта ризику позичальника (x_9) та його іміджу (Y):

$$Z = f_z(Y, x_9) \quad (2).$$

На **третьому рівні** обчислюються коефіцієнти: заборгованості (x_{10}), власних коштів (x_{11}), суми кредиту (x_{12}). Кінцеве рішення про надання кредиту приймається шляхом оцінювання сукупності коефіцієнтів третього рівня та кредитного котирування позичальника:

$$D = f_d(Z, x_{10}, x_{11}, x_{12}) \quad (3).$$

Формалізацію кількісних та якісних характеристик, які підраховуються на кожному рівні, будемо здійснювати за допомогою теорії нечітких множин Заде [8].

Нехай $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{17}\}$ - вектор параметрів оцінювання кредитоспроможності потенційного позичальника, де $x_i \in U_i$, $i = \overline{1, n}$ ($n=17$); d_j - деякий вихідний параметр, значення якого визначає рішення про надання кредиту $j = \overline{1, 5}$. Вектор рішень про надання кредиту визначимо таким чином:

$$W = \{d_1, \dots, d_5\}, d_j \in W_j \quad (4),$$

де: $W_j = [\underline{d}_j, \overline{d}_j]$,

причому $\underline{d}_j, (\overline{d}_j)$ - нижнє (верхнє) значення вихідного параметра d_j . Области змінювання кількісних параметрів задамо у вигляді діапазонів:

$$U_i = [\underline{x}_i, \overline{x}_i] \quad i = \overline{1, n} \quad (n=17) \quad (5),$$

де: $\underline{x}_i, (\overline{x}_i)$ - нижнє (верхнє) значення вхідного параметра x_i . Необхідно на базі інформації про вектор X визначити рішення d_j , $j = \overline{1, 5}$ при цьому $d_j = f_{d_j}(x_1, \dots, x_{17})$, де f_{d_j} - деяка функція, яка встановлює зв'язок між змінними x_i , $i = \overline{1, n}$ та d_j . Будемо розглядати параметри x_i , $i = \overline{1, n}$ ($n=17$) та рішення d_j як лінгвістичні змінні, що задані на універсальних множинах

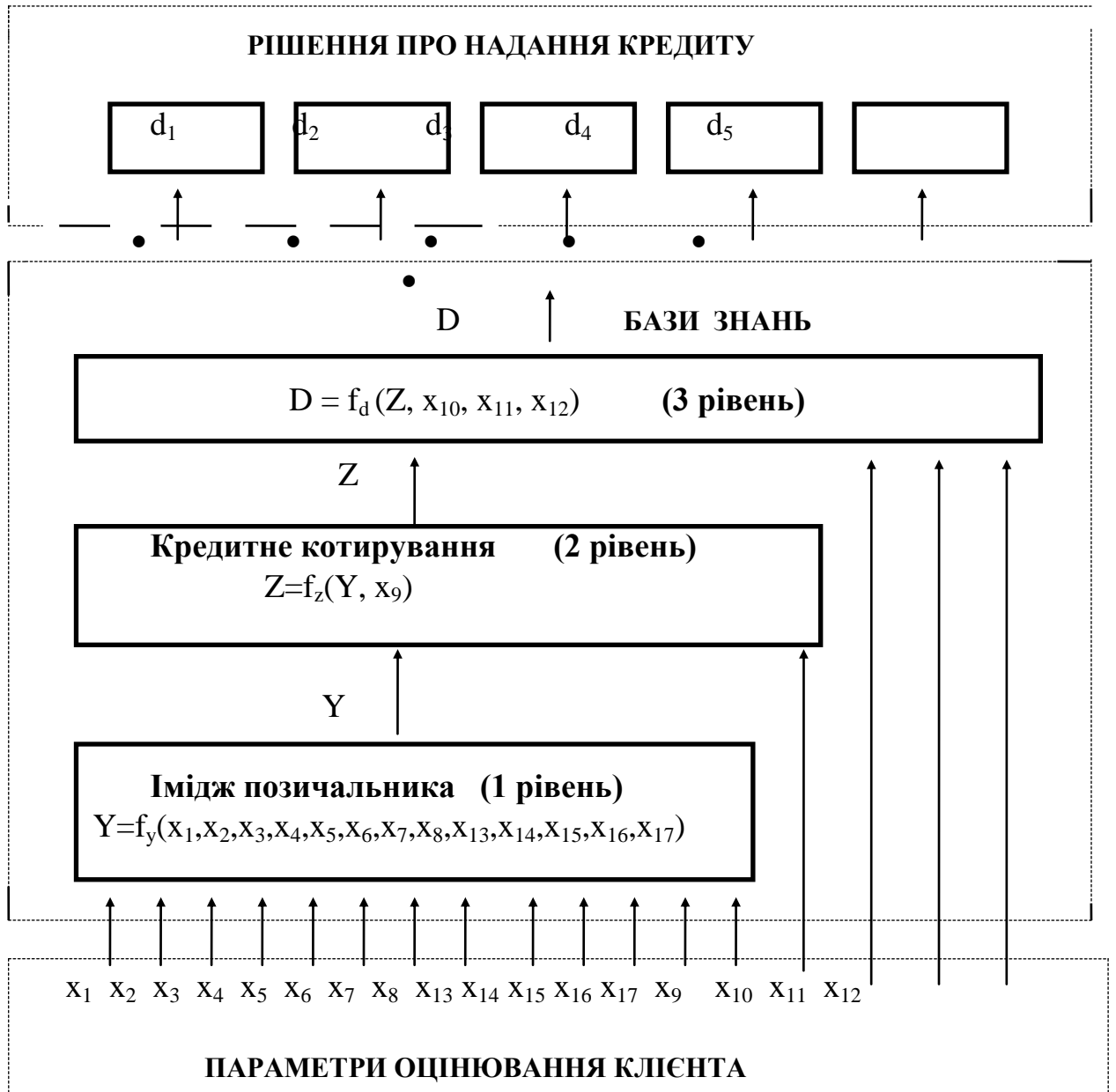


Рис.1 СТРУКТУРНА СХЕМА БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ФІНАНСОВОГО РИЗИКУ ПОЗИЧАЛЬНИКА КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

(4) та (5).

У відповідності з існуючою банківською практикою прийняття рішення щодо кредитування $\{d_1, \dots, d_5\}$ будемо здійснювати за такими правилами: d_1 - негативне рішення про надання кредиту, присвоїмо йому максимальний ступінь фінансового ризику - $R=4$; d_2 - позитивне рішення про надання кредиту при жорстких умовах кредитування (гарантії третіх осіб, підвищена відсоткова ставка) ($2,5 < R < 4$); d_3 - позитивне рішення про надання кредиту при умові його страхування ($1,5 < R \leq 2,5$); d_4 - позитивне рішення про надання кредиту при стандартних умовах кредитування

($1 < R \leq 1,5$); d_5 - позитивне рішення про надання кредиту на пільгових умовах кредитування (ризик кредитування - $0 \leq R \leq 1$).

Відповідно загального підходу [8,9], **алгоритм прийняття рішення щодо кредитування позичальника** за допомогою запропонованої багаторівневої системи оцінювання фінансового ризику позичальника комерційного банку на основі теорії нечіткої логіки реалізується таким чином:

Крок 1. Визначається можливий діапазон змінювання контрольованих параметрів, складається база знань з використанням експертних даних у галузі банківського менеджменту та виводиться система нечітких логічних рівнянь.

Крок 2. Задається вигляд функції належності нечітких термів при різних контрольованих параметрах.

Крок 3. Фіксуються значення параметрів оцінювання $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Крок 4. Визначаються функції належності нечітких термів при фіксованих значеннях параметрів $x_i, i = \overline{1, n}$.

Крок 5. Використовуючи виведені логічні рівняння, обчислюються значення багатопараметричних функцій належності $\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ($n=17$) при фіксованому векторі $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{17}\}$ для всіх рішень $\{d_1, \dots, d_j\}$ ($j=5$). При цьому логічні операції \wedge та \vee над функціями належності замінюються на операції \min та \max :

а) $\mu(a) \wedge \mu(b) = \min [\mu(a), \mu(b)]$,

б) $\mu(a) \vee \mu(b) = \max [\mu(a), \mu(b)]$.

Крок 6. Визначається рішення d_j , для якого:

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max[\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)], \quad j = \overline{1, 5}.$$

Це й буде шукане рішення, з визначеним ступінем фінансового ризику банку (R) при наданні кредиту конкретному позичальнику.

На жаль, у сучасній економічній літературі попри популярність проблем, пов'язаних з ризиком, досі не сформульовано єдину систему коефіцієнтів, за якими міг би бути оцінений фінансовий ризик [10].

Тому визначимо вирази, за допомогою яких можливо здійснювати оцінювання діапазону змінювання параметрів $x_1 \div x_{17}$ [11].

Так ,
$$x_1 = \frac{VA}{KO}, \quad x_1 \in [0..3],$$

де: x_1 - коефіцієнт грошової платоспроможності позичальника, VA - високоліквідні активи позичальника, KO - його короткострокові зобов'язання.

$$x_2 = \frac{VA + LA}{KO}, \quad x_2 \in [0..3],$$

де: x_2 - коефіцієнт розрахункової платоспроможності позичальника, LA - ліквідні активи позичальника;

$$x_3 = \frac{A_{23}}{P_{23}^*}, \quad x_3 \in [0..3],$$

де: x_3 - коефіцієнт ліквідної платоспроможності позичальника, A_{23} - II та III розділи активу балансу позичальника, P_{23}^* - II и III розділи пасиву балансу та власні обігові кошти позичальника;

$$x_4 = \frac{A_{23}}{P_3}, \quad x_4 \in [0..3],$$

де: x_4 - коефіцієнт загальної ліквідності позичальника, P_3 - III розділ пасиву балансу позичальника;

$$x_5 = \frac{ALA}{KO}, \quad x_5 \in [0..3],$$

де: x_5 - коефіцієнт абсолютної ліквідності позичальника, ALA - абсолютно ліквідні активи.

Нормативні значення коефіцієнтів $x_1...x_5$ більші за 1.

$$x_6 = \frac{CHP * 100}{P}, \quad x_6 \in [0..1],$$

де: x_6 - коефіцієнт рентабельності реалізації позичальника, CHP - чистий прибуток позичальника від реалізації, P - об'єм його продажу [11].

Для визначення коефіцієнта матеріального забезпечення позичальника скористаємося **балансовою моделлю** стійкості фінансового стану фірми [12]:

$$F + Z + R_a = D_v + K_t + K_l + R_p,$$

де: F - основні кошти та вкладення позичальника; Z - запаси та витрати позичальника; R_a - грошові кошти позичальника, його короткострокові фінансові вкладення, дебіторська заборгованість та інші активи. D_v - джерела власних коштів позичальника; K_t - його середньострокові, довгострокові кредити та позикові кошти; K_l - короткострокові кредити позичальника, позики, що не погашені в строк; R_p - кредиторська заборгованість позичальника та позикові кошти.

Для аналізу коштів, що є підлеглими ризику, загальний фінансовий стан підприємства поділимо на 5 фінансових зон з відповідними коефіцієнтами ризику (Табл.1) [12].

Фінансові зони ризику

Таблиця 1

Втрати

Виграш

| Зона катастрофічного ризику | Зона критичного ризику | Зона підвищеного ризику | Зона припустимого ризику | Безризикова зона | | | | |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|---|---|---|---|
| Г' | В' | Б' | А' | 0 | А | Б | В | Г |
| $K_p=75-100\%$ | $K_p=50-75\%$ | $K_p=25-50\%$ | $K_p=0-25\%$ | $K_p=0\%$ | | | | |

де: А - виграш у розмірі чистого прибутку; Б - виграш у розмірі розрахункового прибутку; В - виграш у розмірі розрахункової виручки; Г - виграш у розмірі власних коштів; А'- величина втрат, яка дорівнює розміру чистого прибутку; Б'- величина втрат, яка дорівнює розміру розрахункового прибутку; В'- величина втрат, що дорівнює розміру розрахункової виручки; Г'- величина втрат, що дорівнює розміру власних коштів [13].

Для визначення ступіня стійкості кожної фінансової зони необхідно обчислити такі показники фінансової стійкості позичальника: *наявність власних оборотних коштів*:

$$y_1 = D_v - F,$$

тоді надлишок або нестача власних коштів:

$$y_2 = y_1 - Z.$$

Надлишок або нестача власних та середньострокових, довгострокових джерел формування запасів та витрат:

$$y_3 = (y_1 + K_r) - Z$$

Надлишок або нестача загальної кількості основних джерел для формування запасів та витрат:

$$y_4 = (y_1 + K_r + K_i) - Z \quad [11].$$

Для ідентифікації зони фінансово го стану використовуємо матрицю - вектор: $E = [f(y_2), f(y_3), f(y_4)]$, елементами котрої є функції $f(y_i)$, які визначаються таким чином [13]:

$$\begin{cases} f(y_i) = 1, \text{ якщо } y_i > 0, \\ f(y_i) = 0, \text{ якщо } y_i < 0 \end{cases} \quad (i=2,4)$$

Коефіцієнт матеріального забезпечення позичальника:

$$x_7 = \sum_{i=2}^4 f(y_i), \quad x_7 \in [0..3].$$

Позику враховують забезпеченою, якщо

$$S - K \geq \frac{K}{4},$$

де: S - сума застави, K - сума кредиту, тоді *коефіцієнт забезпеченості кредиту* визначається виразом:

$$x_8 = \frac{S}{K} \quad [14].$$

Його величина вважається достатньою, якщо $x_8 \geq 1,25$; $x_8 \in [0..2]$.

Для розрахунку коефіцієнта ризику позичальника спочатку визначається, до якого класу кредитоспроможності він належить (від 1-3 класу) [12]. Параметр оцінювання ризику позичальника, який враховує залежність вкладів банку від комерційних, політичних, ринкових та інших ризиків у діяльності клієнта в умовах економічної кризи, має вигляд [12]:

$$x_9 = K_p \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{S} * E, \quad x_9 \in [0..1],$$

де: x_9 - коефіцієнт ризику позичальника банку; K_p - коригуючий коефіцієнт, який враховує кредитоспроможність клієнта; $R_1..R_n$ - розміри ризиків, пов'язаних з даною кредитною операцією; S - сума кредиту; E - коригуючий коефіцієнт, для визначення якого розроблено відповідну методику, що дозволяє враховувати зовнішні чинники, котрі впливають на окремого позичальника [15-17]. Коефіцієнт ризику кредитоспроможного позичальника не повинен перевищувати 1, що виходить з його економічного сенсу. Далі розраховується коефіцієнт заборгованості позичальника:

$$x_{10} = \frac{SS}{P_{23}}, \quad x_{10} \in [0..1],$$

де: SS - власні кошти позичальника, P_{23} - II та III розділи пасиву балансу позичальника.

$$x_{11} = \frac{SS}{A_{23}}, \quad x_{11} \in [0..1],$$

де: x_{11} - коефіцієнт власних коштів позичальника.

Нормативне значення коефіцієнтів x_{10} и $x_{11} > 0,5$;

$$x_{12} = \frac{S}{SS}, \quad x_{12} \in [0..1],$$

де: x_{12} - коефіцієнт суми кредиту, S - сума кредиту.

Нормативне значення $x_{12} < 0,5$

Розглянемо якісні параметри репутаційного рівня позичальника, які наведені у таблиці 2 [15-17]:

Параметри репутаційного рівня позичальника Таблица 2

| Найменування параметра | Параметр | $x_i \in [x_i, \bar{x}_i]$ |
|---|----------|----------------------------|
| Розрахунки позичальника з попередніми кредитами та іншими виплатами | x_{13} | [0...4] |
| Розрахунки з робітниками | x_{14} | [0...3] |
| Професійні здібності позичальника | x_{15} | [0...2] |
| Порядність позичальника | x_{16} | [0...0,5] |
| Стан реклами та досвід позичальника | x_{17} | [0...0,5] |

Для оцінювання лінгвістичних змінних x_1 - x_{17} будемо використовувати єдину шкалу якісних термів: Н - низький; С - середній; В - високий.

Використовуючи наведені якісні терми та експертні знання в цій галузі, представимо співвідношення (1) - (3) матрицями знань 1 - 3, відповідно.

Матриця знань 1

| x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | x_{13} | x_{14} | x_{15} | x_{16} | x_{17} | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| H | C | H | H | H | H | C | C | H | H | H | C | H | |
| H | C | C | C | C | H | C | H | H | C | H | H | H | |
| H | C | H | H | H | H | H | H | C | H | C | C | C | |
| C | C | H | C | C | C | C | C | C | H | H | H | H | |
| H | C | H | C | C | H | C | C | H | H | H | C | C | |
| C | B | C | C | C | C | B | C | C | C | C | C | C | C |
| C | B | C | C | C | C | B | H | C | H | C | C | C | |
| C | B | C | B | B | C | C | H | C | C | C | H | C | |
| C | C | C | C | B | C | C | C | B | B | B | C | B | |
| C | B | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | |
| H | B | C | C | B | C | B | H | C | H | C | B | B | |
| C | B | B | B | C | C | B | C | C | B | C | C | C | B |
| B | B | B | B | B | B | B | B | B | C | B | B | B | |
| B | C | C | B | B | B | C | C | B | C | C | C | C | |
| C | C | B | B | B | C | C | B | C | B | B | B | B | |
| B | B | B | B | B | B | B | C | B | B | C | B | B | |
| B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | |
| C | B | B | C | C | B | B | C | B | B | C | B | B | |

Матриця знань 2

| Y | x_9 | Z |
|---|-------|---|
| H | H | H |
| H | C | |
| C | H | |
| C | C | C |
| C | B | |
| B | C | B |
| B | B | |

Матриця знань 3

| x_{10} | x_{11} | x_{12} | Z | d |
|----------|----------|----------|-----|-------|
| H | H | H | H | d_1 |
| C | H | H | H | |
| C | C | H | H | |
| H | C | C | H | |
| H | H | H | C | |
| H | H | C | C | d_2 |
| H | B | H | C | |
| B | B | B | H | |
| C | C | C | C | d_3 |
| C | H | C | C | |
| C | B | C | B | d_4 |
| B | B | B | C | |
| B | C | C | B | |
| B | B | B | B | d_5 |

Виходячи з матриць знань 1 - 3, легко отримати відповідні логічні рівняння, що пов'язують функції належності змінних Y , Z та D :

$$\begin{aligned} \mu'(y) = & \mu'(x_1) * \dots * \mu'(x_8) * \mu'(x_{13}) * \dots * \mu'(x_{17}) \vee \mu'(x_1) * \mu^c(x_2) * \mu'(x_3) * \\ & * \mu'(x_4) * \mu'(x_5) * \mu'(x_6) * \mu^c(x_7) * \mu^c(x_8) * \mu'(x_{13}) * \mu'(x_{14}) * \mu'(x_{15}) * \\ & * \mu^c(x_{16}) * \mu'(x_{17}) \vee \mu'(x_1) * \mu^c(x_2) * \dots * \mu^c(x_5) * \mu'(x_6) * \mu^c(x_7) * \mu'(x_8) * \\ & * \mu'(x_{13}) * \mu^c(x_{14}) * \mu'(x_{15}) * \mu'(x_{16}) * \mu'(x_{17}) \vee \mu'(x_1) * \mu^c(x_2) * \mu'(x_3) * \\ & * \dots * \mu'(x_8) * \mu^c(x_{13}) * \mu'(x_{14}) * \mu^c(x_{15}) * \mu^c(x_{16}) * \mu^c(x_{17}) \vee \mu^c(x_1) * \\ & * \mu^c(x_2) * \mu'(x_3) * \mu^c(x_4) * \dots * \mu^c(x_{13}) * \mu'(x_{14}) * \dots * \mu'(x_{17}) \vee \mu'(x_1) * \\ & * \mu^c(x_2) * \mu'(x_3) * \mu^c(x_4) * \mu^c(x_5) * \mu'(x_6) * \mu^c(x_7) * \mu^c(x_8) * \mu'(x_{13}) * \\ & * \mu'(x_{14}) * \mu'(x_{15}) * \mu^-(x_{16}) * \mu^-(x_{17}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu^c(y) = & \mu^c(x_1) * \mu^{''}(x_2) * \mu^-(x_3) * \dots * \mu^-(x_6) * \mu^{''}(x_7) * \mu^-(x_8) * \mu^-(x_{13}) * \dots \\ & \vee \mu^c(x_1) * \mu^{''}(x_2) * \mu^-(x_3) * \dots * \mu^-(x_6) * \mu^{''}(x_7) * \mu'(x_8) * \mu^-(x_{13}) * \mu'(x_{14}) \\ & * \mu^-(x_{15}) * \mu^-(x_{16}) * \mu^-(x_{17}) \vee \mu^c(x_1) * \mu^{''}(x_2) * \mu^-(x_3) * \mu^{''}(x_4) * \mu^{''}(x_5) * \\ & * \mu^-(x_6) * \mu^-(x_7) * \mu'(x_8) * \mu^-(x_{13}) * \dots * \mu^-(x_{15}) * \mu'(x_{16}) * \mu^-(x_{17}) \vee \\ & * \mu^-(x_1) * \dots * \mu^-(x_4) * \mu^{''}(x_5) * \mu^-(x_6) * \mu^-(x_7) * \mu^-(x_8) * \mu^{''}(x_{13}) * \dots * \mu^{''}(x_{17}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& * \mu^-(x_{16}) * \mu^{\%o}(x_{17}) \vee \mu^c(x_1) * \mu^{\%o}(x_2) * \mu^-(x_3) * \dots * \mu^-(x_{17}) \vee \mu'(x_1) * \\
& * \mu^{\%o}(x_2) * \mu^-(x_3) * \mu^c(x_4) * \mu^{\%o}(x_5) * \mu^c(x_6) * \mu^{\%o}(x_7) * \mu'(x_8) * \mu^-(x_{13}) * \\
& * \mu'(x_{14}) * \mu^-(x_{15}) * \mu^{\%o}(x_{16}) * \mu^{\%o}(x_{17}); \\
\mu^{\%o}(y) = & \mu^c(x_1) * \mu^{\%o}(x_2) * \mu^{\%o}(x_3) * \mu^{\%o}(x_4) * \mu^-(x_5) * \mu^-(x_6) * \mu^{\%o}(x_7) * \\
& * \mu^-(x_8) * \mu^-(x_{13}) * \mu^{\%o}(x_{14}) * \mu^-(x_{15}) * \mu^-(x_{16}) \mu^-(x_{17}) \vee \mu^{\%o}(x_1) * \\
& * \mu^{\%o}(x_2) * \dots * \mu^{\%o}(x_{13}) * \mu^c(x_{14}) * \mu^{\%o}(x_{15}) * \dots * \mu^{\%o}(x_{17}) \vee \mu^{\%o}(x_1) * \\
& * \mu^{\tilde{n}}(x_2) * \mu^{\tilde{n}}(x_3) * \mu^{\hat{a}}(x_4) * \mu^{\hat{a}}(x_5) * \mu^{\hat{a}}(x_6) * \mu^{\tilde{n}}(x_7) * \mu^{\tilde{n}}(x_8) * \\
& * \mu^{\%o}(x_{13}) * \mu^-(x_{14}) * \dots \mu^-(x_{17}) \vee \mu^-(x_1) * \mu^c(x_2) * \mu^{\%o}(x_3) * \mu^{\%o}(x_4) * \\
& * \mu^{\%o}(x_5) * \mu^c(x_6) * \mu^c(x_7) * \mu^{\%o}(x_8) * \mu^c(x_{13}) * \mu^{\%o}(x_{14}) * \dots * \mu^{\%o}(x_{17}) \vee \\
& * \mu^{\%o}(x_1) * \dots * \mu^{\%o}(x_7) * \mu^-(x_8) * \mu^{\%o}(x_{13}) * \mu^{\%o}(x_{14}) * \mu^c(x_{15}) * \mu^{\%o}(x_{16}) * \\
& * \mu^{\%o}(x_{17}) \vee \mu^{\%o}(x_1) * \dots * \mu^{\%o}(x_{17}) \vee \mu^-(x_1) * \mu^{\%o}(x_2) * \mu^{\%o}(x_3) * \mu^-(x_4) * \\
& * \mu^-(x_5) * \mu^{\%o}(x_6) * \mu^{\%o}(x_7) * \mu^-(x_8) * \mu^{\%o}(x_{13}) * \mu^{\%o}(x_{14}) * \mu^-(x_{15}) * \\
& * \mu^{\%o}(x_{16}) * \mu^{\%o}(x_{17});
\end{aligned}$$

$$\mu'(Z) = \mu'(y) * \mu'(x_9) \vee \mu'(y) * \mu^c(x_9) \vee \mu^c(y) * \mu'(x_9);$$

$$\mu^c(Z) = \mu^c(y) * \mu^c(x_9) \vee \mu^c(y) * \mu^{\%o}(x_9);$$

$$\mu^{\%o}(Z) = \mu^{\%o}(y) * \mu^-(x_9) \vee \mu^{\%o}(y) * \mu^{\%o}(x_9).$$

$$\begin{aligned}
\mu^{d_1}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = & \mu^i(x_{10}) * \mu^i(x_{11}) * \mu^i(x_{12}) * \mu^i(Z) \vee \mu^{\tilde{n}}(x_{10}) * \mu^i(x_{11}) * \\
& * \mu^i(x_{12}) * \mu^i(Z) \vee \mu^{\tilde{n}}(x_{10}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{11}) * \mu^i(x_{12}) * \mu^i(Z) \vee \\
& \vee \mu^i(x_{10}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{11}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^i(Z) \vee \mu^i(x_{10}) * \mu^i(x_{11}) * \\
& * \mu^i(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z).
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu^{d_2}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = & \mu^i(x_{10}) * \mu^i(x_{11}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z) \vee \mu^i(x_{10}) * \mu^{\hat{a}}(x_{11}) * \\
& * \mu^i(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z) \vee \mu^{\hat{a}}(x_{10}) * \mu^{\hat{a}}(x_{11}) * \mu^{\hat{a}}(x_{12}) * \mu^i(Z);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu^{d_3}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = & \mu^c(x_{10}) * \mu^c(x_{11}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z) \vee \mu^c(x_{10}) * \mu^i(x_{11}) * \\
& * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z) \vee \mu^{\tilde{n}}(x_{10}) * \mu^{\hat{a}}(x_{11}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu^{d_4}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = & \mu^{\hat{a}}(x_{10}) * \mu^{\hat{a}}(x_{11}) * \mu^{\hat{a}}(x_{12}) * \mu^{\tilde{n}}(Z) \vee \mu^{\hat{a}}(x_{10}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{11}) * \\
& * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^{\hat{a}}(Z) \vee \mu^{\tilde{n}}(x_{10}) * \mu^{\hat{a}}(x_{11}) * \mu^{\tilde{n}}(x_{12}) * \mu^{\hat{a}}(Z);
\end{aligned}$$

$$\mu^{d_5}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = \mu^{\hat{a}}(x_{10}) * \mu^{\hat{a}}(x_{11}) * \mu^{\hat{a}}(x_{12}) * \mu^{\hat{a}}(Z).$$

Крок 2. Для побудови функцій належності трьох нечітких термів (Н, С, В) відобразимо діапазони $[\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ змінення параметрів $x_i, i=\overline{1, n}$ ($n=17$) на єдину універсальну множину $X=\{a, b\}$. Задамо три нечітких підмножини, функції належності яких показані на рис.2.

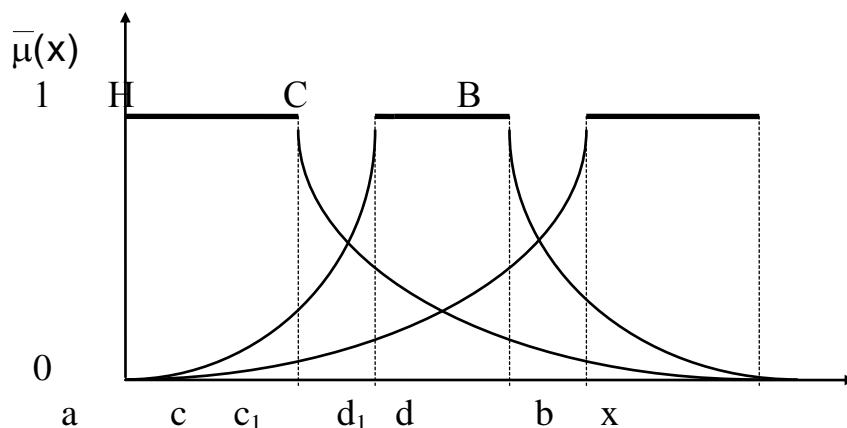


Рис.2 - Функція належності трьох нечітких термів

На рис.2 використані α - рівні: 0; 1. c та d - нормовані граничні значення параметрів. c_1 та d_1 - відхилення від нормованих значень при використанні експертних даних. Для отримання аналітичних виразів даних функцій використаємо рівняння прямої, з координатами (x_1, μ_1) та (x_2, μ_2) :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} - \frac{\mu(x) - \mu_1}{\mu_2 - \mu_1} = 0, \quad \text{звідки:}$$

$$\mu(x) = \frac{\mu_2 - \mu_1}{x_2 - x_1} x + \frac{\mu_1 x_2 - \mu_2 x_1}{x_2 - x_1} \quad (6)$$

Враховуючи (6):

$\mu(x) = [\mu^j(x)]^k, x \in X = [a, b], j = H, C, B;$ прийемо $k=1,5$, тобто при цьому графік функції стискається, що наближує її до реальних даних.

$$\mu^i(x) = \begin{cases} 1, & x \in [a, c) \\ \left(\frac{b-x}{b-c}\right)^{1,5}, & x \in [c, b] \end{cases} \quad (7) \quad \mu^c(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{c_1-a}, & x \in [a, c_1] \\ 1, & x \in (c_1, d_1) \\ \left(\frac{b-x}{b-d_1}\right)^{1,5}, & x \in [d_1, b] \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu^{\hat{a}}(x) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{d-a}\right)^{1,5}, & x \in [a, d] \\ 1, & x \in (d, b] \end{cases} \quad (8)$$

Значення a , b , c_1 , d_1 , c , d визначимо за допомогою матриць знань 1 - 3 та запропонованого діапазону змінювання параметрів, складемо відповідну таблицю 3:

Таблиця 3 - Значення параметрів $a...b$ для $x_1...x_{17}$

| x | a | b | c | d ₁ | c ₁ | d |
|-----------------|-----|------|------|----------------|----------------|------|
| x ₁ | 0 | 3,0 | 1 | 1,6 | 1,2 | 1,8 |
| x ₂ | 0 | 3,0 | 1,2 | 1,8 | 1,4 | 2,0 |
| x ₃ | 0 | 3,0 | 1,0 | 1,6 | 1,2 | 1,8 |
| x ₄ | 0 | 3,0 | 1,1 | 1,7 | 1,3 | 1,9 |
| x ₅ | 0 | 3,0 | 1,1 | 1,7 | 1,3 | 1,9 |
| x ₆ | 0 | 1,0 | 0,35 | 0,55 | 0,45 | 0,65 |
| x ₇ | 0 | 3,0 | 1,0 | 2,5 | 2,0 | 2,7 |
| x ₈ | 0 | 2,0 | 1,25 | 1,6 | 1,4 | 1,8 |
| x ₉ | 1,0 | 0 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,2 |
| x ₁₀ | 0 | 2,0 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 1,1 |
| x ₁₁ | 0 | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 0,65 | 1,0 |
| x ₁₂ | 1,0 | 0 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| x ₁₃ | 0 | 2,0 | 1,2 | 1,7 | 1,4 | 1,9 |
| x ₁₄ | 0 | 1,5 | 0,7 | 1,3 | 0,9 | 1,35 |
| x ₁₅ | 0 | 1,0 | 0,4 | 0,65 | 0,45 | 0,7 |
| x ₁₆ | 0 | 0,25 | 0,08 | 0,15 | 0,1 | 0,2 |
| x ₁₇ | 0 | 0,25 | 0,08 | 0,15 | 0,1 | 0,2 |

Крок 3. Задамо фіксовані значення параметрів, використовуючи реальні банківські дані по конкретному позичальнику:

$$\begin{array}{llll} x_1 = 1,2 & x_5 = 1,2 & x_9 = 0,1 & x_{13} = 1,8 \\ x_2 = 2,37 & x_6 = 0,4 & x_{10} = 1,1 & x_{14} = 1,35 \\ x_3 = 1,5 & x_7 = 2,7 & x_{11} = 0,53 & x_{15} = 0,7 \\ x_4 = 2,26 & x_8 = 1,4 & x_{12} = 0,42 & x_{16} = x_{17} = 0,2 \end{array}$$

Крок 4. За допомогою виразів (7) - (9) знайдемо значення функцій належності в точках x_i ($i=1,17$) для всіх нечітких термів та зведемо їх у таблицю 4:

**Значення функцій належності при
фіксованих значеннях параметрів**

Таблиця 4

| x_i | $\mu^H(x_i)$ | $\mu^C(x_i)$ | $\mu^B(x_i)$ |
|-------|--------------|--------------|--------------|
| 1,2 | 0,235 | 1,0 | 0,544 |
| 2,37 | 0,207 | 0,38 | 1,0 |
| 1,5 | 0,65 | 1,0 | 0,761 |
| 2,26 | 0,243 | 0,429 | 1,0 |
| 1,2 | 0,922 | 0,887 | 0,502 |
| 0,4 | 0,887 | 0,838 | 0,483 |
| 3 | 0,058 | 0,465 | 1,0 |
| 1,4 | 0,716 | 1,0 | 0,686 |
| 0,1 | 0,044 | 0,354 | 1,0 |
| 1,1 | 0,465 | 0,74 | 1,0 |
| 0,53 | 0,911 | 0,736 | 0,386 |
| 0,42 | 0,77 | 0,95 | 0,617 |
| 1,8 | 0,125 | 0,544 | 0,922 |
| 1,35 | 0,081 | 0,65 | 1,0 |
| 0,7 | 0,354 | 0,794 | 1,0 |
| 0,2 | 0,16 | 0,354 | 1,0 |
| 0,2 | 0,16 | 0,354 | 1,0 |

Крок 5. Підставляючи отримані функції приналежності в логічні рівняння, що складені на кроку 1 та скорочуючи їх, отримаємо:

$$\mu^i(y) = 0,058 \vee 0,081 \vee 0,125 \vee 0,058 \vee 0,081 \vee 0,081 = 0,125;$$

$$\mu^{\tilde{n}}(y) = 0,354 \vee 0,081 \vee 0,16 \vee 0,354 \vee 0,354 \vee 0,081 = 0,354;$$

$$\mu^{\hat{a}}(y) = 0,354 \vee 0,483 \vee 0,354 \vee 0,38 \vee 0,483 \vee 0,483 \vee 0,429 = 0,483;$$

$$\mu^i(Z) = 0,044 \vee 0,125 \vee 0,044 = 0,125;$$

$$\mu^c(Z) = 0,354 \vee 0,354 = 0,354;$$

$$\mu^{\hat{a}}(Z) = 0,354 \vee 0,483 = 0,483;$$

$$\mu^{d_1}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = 0,125 \vee 0,125 \vee 0,125 \vee 0,125 \vee 0,354 = 0,354;$$

$$\mu^{d_2}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = 0,354 \vee 0,354 \vee 0,125 = 0,354;$$

$$\mu^{d_3}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = 0,354 \vee 0,354 \vee 0,354 = 0,354;$$

$$\mu^{d_4}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = 0,354 \vee 0,483 \vee 0,386 = 0,483;$$

$$\mu^{d_5}(x_{10}, x_{11}, x_{12}, Z) = 1 \wedge 0,386 \wedge 0,617 \wedge 0,483 = 0,386.$$

Крок 6. У відповідності з алгоритмом: $\max \mu^{d_j} = \mu^{d_4}$, тобто як шукане рішення обираємо рішення про надання позичальнику кредита на стандартних умовах. Причому ступінь ризику позичальника коливається у межах: $1 < R \leq 1,5$.

Запропонована система забезпечує більш точне оцінювання плато- та кредитоспроможності позичальника, а також стійкості його фінансового стану. Крім того, вона дає можливість визначити ризик позичальника та кількісно оцінити різні складно-формалізовані аспекти, зокрема, аспекти "людського фактору".

ЛІТЕРАТУРА

1. Спицын И. О., Спицын Я. О. Маркетинг в банке.- К.: ЦММС "Писпайт", 1993.-656 с.
2. Georg E. Pinches. Essentials of financial managment.-New York: Harper Collins Publishers, 1992.-907 p.
3. Connor, Gregory, and Robert A.Korajczyk. Risk and return in an Equilibrium APT: Application of a New Test Methodology.// Journal of Financial Economics 21. - 1988 -19.-p. 255-289.
4. E.Turban, Jack R. Meredith. Fundamentals of managment science. -Illinois: Business Publications, 1988.-915 p.
5. Положення Національного банку України «Про кредитування» від № 0299 - с. 10-33.
6. Толстой О. Прогнозує той, хто володіє інформацією // Вісник НБУ. - 1997. - №4 - с. 35-37.
7. Письменна Л. Підприємства України не зацікавлені в ліквідації своєї заборгованості перед партнерами// Вісник НБУ. - 1997.-№4 - с.10-12.
8. Заде Л. Понятие о лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. -167 с.
9. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница: Континент-ПРИМ, 1996. - 132 с.
10. Романченко О. В., Фере В. А. Методи оцінки фінансового ризику// Фінанси України. - 1997. - №2 - с. 48.
11. Морозов А.И. Основы банковского дела. - К.: Либра, 1994. - 312 с.
12. Лаврушина О.И. Банковское дело.-М.: Банковский и биржевой научно-консультационный центр, 1992 - 428 с.
13. Грабовый П.Г. и др. Риски в банковском деле.-М.: Аланс,1994.- 215 с.
14. Кондратьев О.В. Оцінка фінансової стійкості підприємств та її показники // Фінанси України.- 1996. - №11- с. 20-23.
15. Азарова А.А. Банковские риски и методы их снижения // Винниц. гос. техн. ун-т. - Винница, 1996. - 9 с.- Библиогр.:II назв.- Рус. Деп. в ГНТБ Украины 22.04.96, №1018 - Ук 96.

16. Азарова А.А. Оцінювання кредитних ризиків та методи їх розрахунку// Вінниц.держ.техн.ун-т.-Вінниця,1996.-5 с.-Бібліогр.: П назв.-Укр. Деп. в ДНТБ України 22.04.96, №1017 - Ук 96.
17. Азарова А.О., Козловський В.О. Економічна модель оцінювання ризику банківських операцій//Вісник ВПІ. - 1996. - № 3 - с. 50-54.