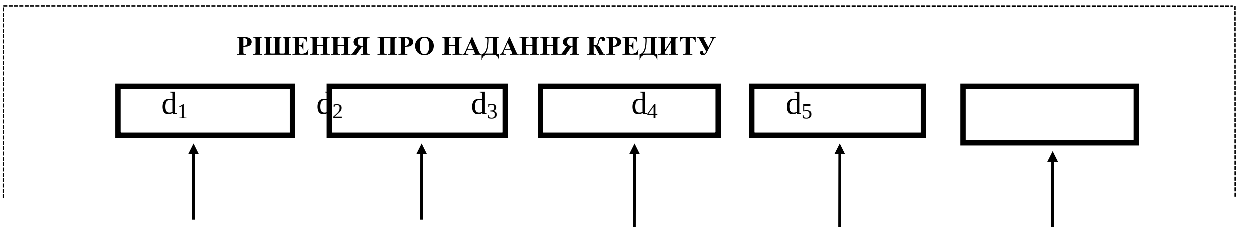
УДК 336.71

А.О. Азарова, Юхимчук С.В.

Вінницький державний технічний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФІНАНСОВОГО РИЗИКУ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

ЇЇЇЇ Фінансисти, що відповідні за прийняття економічних рішень, повинн користуватися математичними моделями - множиною рівнянь, що виводятьс враховуючи експериментальні дані. Такі моделі можуть вміщувати безліч рівнянн виходячи з рівня проблеми та кількості впливаючих чинників. Великі модел створюються для побудови тисяч значень змінних. Існують моделі, які можлив реалізувати на практиці тільки за допомогою суперкомп'ютерів, наприклад, задач моделювання економічних процесів методом Монте-Карло, оптимізаційні задач задачі теорії ігр та багатоваріантних обчислень [1]. Комп'ютеризованість банківсько діяльності є показником світового рівня новітніх інформаційних технологій. Необхід ність застосовування в економіці комп'ютерних систем, а, відповідно й елементі вищої математики, здавна стала очевидною. Як твердить Джон Гелбрайт, «завданн економіста - аналіз, опис, а де це можливо, то й приведення своїх міркувань д математичних виразів, а не до моральних суджень чи виявлення своєї зацікавленост у якійсь іншій формі» [2]. Проте, як свідчить український досвід, фінансов математика й досі з різних причин не знайшла належного застосування у провідни сферах банківської діяльності. Адже тільки за її допомогою можливим є врахуванн та оцінювання ризиків, пов'язаних насамперед з інвестиційною діяльністю, щ забезпечить стабільність та прибутковість банкам-інвесторам. Однак відсутніст математичних моделей, які дозволяють враховувати поряд з кількісними чинниками якісні, не дає можливості чисельно оцінити



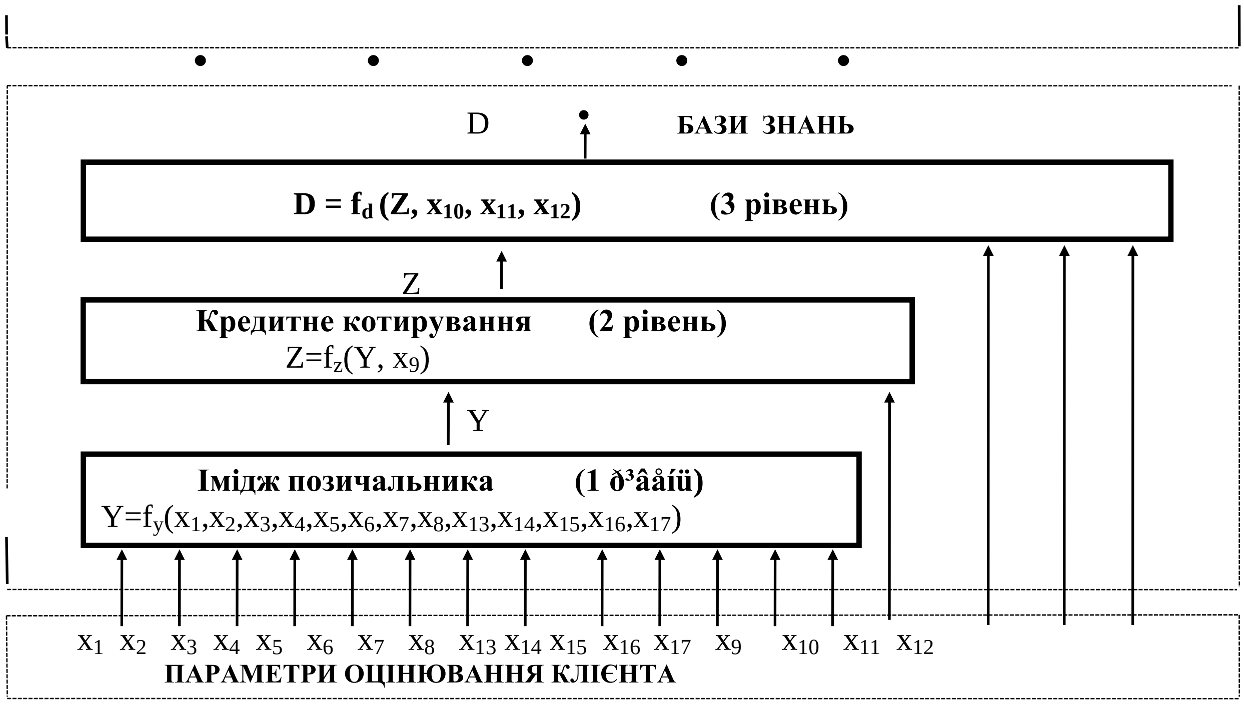


Рис.1 Структурна схема багаторівневої системи оцінювання фінансового ризик позичальника комерційного банку на базі нечіткої логіки

рейтинг компаній-позичальників, їх справжній стан кредитоспроможності т розробити відповідну стратегію поведінки банка з позичальником.

У статті надано результати розробки багатоваріантної структурно-математично системи оцінювання фінансового ризику банку при кредитуванні конкретног позичальника комерційного банку на базі нечіткої логіки, яка дозволяє вирішит вищевказані проблеми. Ця система за допомогою фінансової звітності, банківських т міжбанківських архівів визначає з використовуванням економіко-математични моделей імідж потенційного позичальника, його кредитне котирування й оціню можливість надання йому кредиту шляхом визначення його ризику. Розглянем більш детально структурну схему такої системи (Рис.1). На ***першому рів*** перевіряються: *кількісні* (x_1...x_8) та *якісні характеристики* позичальника, як визначають *репутацію* позичальника (x_{13}...x_{17}). В результаті аналізу відповідно інформації є можливість отримати сукупну оцінку **іміджу позичальника**, яки згідно з теорією банківського менеджменту являє собою узагальнену оцінк характеристик першого рівня:

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

На ***другому рівні*** визначається **кредитне котирування позичальника**, яке включа коефіцієнт ризику позичальника (x_9) та його імідж (Y):

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

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

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

Формалізацію кількісних та якісних характеристик, які підраховуються на кожному рівні, будемо здійснювати за допомогою теорії нечітких множин Заде [3].

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

$$W =\{d_1,..,d_5\},\ d_j \in W_j \qquad (4),$$

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

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

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

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 = f_{d_j} (x_1,..,x_{17}), де f_{d_j} - деяка функція, яка встановлює зв’язок між змінними x_i, $i=\overline{1,n}$ т d_j. Будемо розглядати параметри x_i, $i=\overline{1,n}$ (n=17) та рішення d_j як лінгвістичні змінн що задані на універсальних множинах (4) та (5) [3, 4].

У відповідності з існуючою банківською практикою прийняття рішення щод кредитування $\{d_1,..,d_5\}$ будемо здійснювати за такими правилами, а також надам кожному рішенню відповідний ступінь ризику: d_1 - негативне рішення про наданн кредиту, присвоїмо йому максимальний ступінь фінансового ризику - R=4; d_2

позитивне рішення про надання кредиту при жорстких умовах кредитування (гарант третіх осіб, підвищена відсоткова ставка) $(2,5<R<4)$; d_3 - позитивне рішення пр надання кредиту при умові його страхування $(1,5<R\leq 2,5)$; d_4 - позитивне рі-
рішення про надання кредиту при стандартних умовах кредитування $(1<R\leq 1,5)$; d_5 позитивне рішення про надання кредиту на пільгових умовах кредитування (ризи кредитування - $0\leq R\leq 1$).

Відповідно загального підходу [3,4], **алгоритм прийняття рішення щод кредитування позичальника** за допомогою запропонованої багаторівневої систем оцінювання фінансового ризику позичальника комерційного банку на основі теор нечіткої логіки реалізується таким чином:

Крок 1. Визначається можливий діапазон змінювання контрольованих параметрі складаються матриці знань з використанням експертних даних у галузі банківсько менеджменту та виводиться система нечітких логічних рівнянь. За допомого експертних знань визначаються співвідношення між критеріями при різних термах т Y, Z й D, що дає можливість створити відповідні матриці знань.

Крок 2. Зображаються функції належності нечітких термів при різних параметрах.

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

Крок 4. Визначаються функції належності нечітких термів при конкретних значення параметрів x_i, $i=\overline{1,n}$. Функція належності відображає елементи з множини X н множину чисел в інтервалі [0,1], які вказують супінь належності кожного елемент якісним термам (в нашому випадку їх три: високий, середній, низький)

Крок 5. Використовуючи виведені логічні рівняння, обчислюються значенн багатопараметричних функцій належності $\mu^{d_j}(x_1,x_2,..,x_n)$ (n=17) при фіксовано векторі $X=\{x_1,x_2,...,x_{17}\}$ для всіх рішень $\{d_1,..,d_j\}$ (j=5). При цьому логічні операції 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:

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

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

Визначимо вирази, за допомогою яких можливо здійснювати оцінюванн діапазону змінювання параметрів x_1□x_{17} [5-7].

$$x_1 = \frac{VA}{KO},\ x_1 \in [0..3]\quad (6);\qquad x_2 = \frac{VA + LA}{KO},\ x_2 \in [0..3]\quad (7);$$

$$x_3 = \frac{A_{23}}{P^*_{23}},\ x_3 \in [0..3]\quad (8);\qquad x_4 = \frac{A_{23}}{P_3},\ x_4 \in [0..3]\quad (9);$$

$$x_5 = \frac{ALA}{KO},\ x_5 \in [0..3]\quad (10);\qquad x_6 = \frac{CHP * 100}{P},\ x_6 \in [0..1]\quad (11),$$

де: x_1 - *коефіцієнт ãðîøîâîї платоспроможності* позичальника, VA - високоліквідн активи позичальника, KO - його короткострокові зобов’язання;

x_2 - *коефіцієнт розрахункової платоспроможності* позичальника, LA - ліквідн активи позичальника;

x_3 - *коефіцієнт ліквідної платоспроможності* позичальника, A_{23} - ІІ та ІІІ розділ активу балансу позичальника, P^*_{23} - ІІ и ІІІ розділи пасиву балансу та власні обігов кошти позичальника;

x_4 - *коефіцієнт загальної ліквідності* позичальника, P_3 - ІІІ розділ пасиву баланс позичальника;

x_5 - *коефіцієнт абсолютної ліквідності* позичальника, ALA - абсолютно ліквідн активи. Нормативні значення коефіцієнтів $x_1 \ldots x_5$ більші за 1.

X_6 - *коефіцієнт рентабельності реалізації* позичальника, CHP - чистий прибуто позичальника від реалізації, P - об’єм його продажу [10].

Для визначення *коефіцієнта матеріального забезпечення* позичальника - x_7, x $\in$[0..3] розроблено відповідну методику, що базується на балансовій моделі стійкост фінансового стану фірми [8].

$$x_8 = \frac{S}{K},\ x_8 \geq 1{,}25,\ x_8 \in [0..2]\ (12);\quad x_9 = C_p \frac{R_1 + R_2 + \ldots + R_n}{K} * E,\ x_9 \in [0..1]\ (13);$$

$$x_{10} = \frac{SS}{P_{23}},\ x_{10} \in [0..1] \quad (14); \qquad x_{11} = \frac{SS}{A_{23}},\ x_{11} \in [0..1] \quad (15);$$

$$x_{12} = \frac{K}{SS},\ x_{12} \in [0..1] \quad (16),$$

де:

x_8 - *коефіцієнт забезпеченості кредиту,* S - сума застави, К - сума кредиту;

x_9 - *коефіцієнт ризику позичальника*, C_p - коригуючий коефіцієнт, який врахову кредитоспроможність клієнта; $R_1..R_n$- розміри ризиків, пов'язаних з даною кредитно операцією; К - сума кредиту; Е - коригуючий коефіцієнт, для визначення яког розроблено відповідну методику, що дозволяє враховувати зовнішні чинники, котр впливають на окремого позичальника [9-10];

x_{10} - *коефіцієнт заборгованості* позичальника, SS - власні кошти позичальник P_{23} - II та III розділи пасиву балансу позичальника.

x_{11} - *коефіцієнт власних коштів* позичальника. x_{10} и $x_{11} > 0,5$;

x_{12} - *коефіцієнт суми кредиту*, К - сума кредиту. Нормативне значення $x_{12} < 0,5$.

Розглянемо *якісні параметри репутаційного рівня* позичальника, які наведені таблиці 1 [9-10].

Для оцінювання лінгвістичних змінних x_1-x_{17} будемо використовувати єдин шкалу якісних термів: Н - низький; С - середній; В - високий. Використовуюч наведені якісні терми, представимо співвідношення (1)-(3) матрицями знань 1 - 3 Виходячи з матриць знань, легко отримати відповідні

Параметри репутаційного рівня позичальника

Таблиця 1

Найменування параметра	Параметр	$x_i \in [\underline{x_i}, \overline{x_i}]$
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]

логічні рівняння, що пов'язують функції належності змінних Y, Z та D:

$$
\begin{aligned}
\mu^{H}(Y) = {} & \mu^{H}(x_1)*\ldots*\mu^{H}(x_8)*\mu^{H}(x_{13})*\ldots*\mu^{H}(x_{17}) \vee \mu^{H}(x_1)*\mu^{c}(x_2)*\mu^{H}(x_3)* \\
& *\mu^{H}(x_4)*\mu^{H}(x_5)*\mu^{H}(x_6)*\mu^{c}(x_7)*\mu^{c}(x_8)*\mu^{H}(x_{13})*\mu^{H}(x_{14})*\mu^{H}(x_{15})* \\
& *\mu^{c}(x_{16})*\mu^{\text{í}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{í}}(x_1)*\mu^{c}(x_2)*..*\mu^{c}(x_5)*\mu^{\text{í}}(x_6)*\mu^{c}(x_7)*\mu^{\text{í}}(x_8)* \\
& *\mu^{\text{í}}(x_{13})*\mu^{c}(x_{14})*\mu^{\text{í}}(x_{15})*\mu^{\text{í}}(x_{16})*\mu^{\text{í}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{í}}(x_1)*\mu^{c}(x_2)*\mu^{\text{í}}(x_3)* \qquad (17) \\
& * \ldots *\mu^{\text{í}}(x_8)*\mu^{c}(x_{13})*\mu^{\text{í}}(x_{14})*\mu^{c}(x_{15})*\mu^{c}(x_{16})*\mu^{c}(x_{17}) \vee \mu^{c}(x_1)* \\
& *\mu^{c}(x_2)*\mu^{\text{í}}(x_3)*\mu^{c}(x_4)*\ldots*\mu^{c}(x_{13})*\mu^{\text{í}}(x_{14})* \ldots *\mu^{\text{í}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{í}}(x_1)* \\
& *\mu^{c}(x_2)*\mu^{\text{í}}(x_3)*\mu^{c}(x_4)*\mu^{c}(x_5)*\mu^{\text{í}}(x_6)*\mu^{c}(x_7)*\mu^{c}(x_8)*\mu^{\text{í}}(x_{13})* \\
& *\mu^{\text{í}}(x_{14})*\mu^{\text{í}}(x_{15})*\mu^{\text{ñ}}(x_{16})*\mu^{\text{ñ}}(x_{17});
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mu^{c}(Y) = {} & \mu^{c}(x_1)*\mu^{B}(x_2)*\mu^{c}(x_3)*..*\mu^{c}(x_6)*\mu^{B}(x_7)*\mu^{c}(x_8)*\mu^{c}(x_{13})*..*\mu^{c}(x_{17}) \\
& \vee \mu^{c}(x_1)*\mu^{B}(x_2)*\mu^{c}(x_3)*..*\mu^{c}(x_6)*\mu^{B}(x_7)*\mu^{H}(x_8)*\mu^{c}(x_{13})*\mu^{H}(x_{14})* \\
& *\mu^{\text{ñ}}(x_{15})*\mu^{\text{ñ}}(x_{16})*\mu^{\text{ñ}}(x_{17}) \vee \mu^{c}(x_1)*\mu^{\text{â}}(x_2)*\mu^{\text{ñ}}(x_3)*\mu^{\text{â}}(x_4)*\mu^{\text{â}}(x_5)* \\
& *\mu^{\text{ñ}}(x_6)*\mu^{\text{ñ}}(x_7)*\mu^{\text{í}}(x_8)*\mu^{\text{ñ}}(x_{13})*\ldots*\mu^{\text{ñ}}(x_{15})*\mu^{\text{í}}(x_{16})*\mu^{\text{ñ}}(x_{17}) \vee \qquad (18) \\
& *\mu^{\text{ñ}}(x_1)*..*\mu^{\text{ñ}}(x_4)*\mu^{\text{â}}(x_5)*\mu^{\text{ñ}}(x_6)*\mu^{\text{ñ}}(x_7)*\mu^{\text{ñ}}(x_8)*\mu^{\text{â}}(x_{13})*..*\mu^{\text{â}}(x_{15})* \\
& *\mu^{\text{ñ}}(x_{16})*\mu^{\text{â}}(x_{17}) \vee \mu^{c}(x_1)*\mu^{\text{â}}(x_2)*\mu^{\text{ñ}}(x_3)*\ldots*\mu^{\text{ñ}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{í}}(x_1)* \\
& *\mu^{\text{â}}(x_2)*\mu^{\text{ñ}}(x_3)*\mu^{c}(x_4)*\mu^{\text{â}}(x_5)*\mu^{c}(x_6)*\mu^{\text{â}}(x_7)*\mu^{\text{í}}(x_8)*\mu^{\text{ñ}}(x_{13})* \\
& *\mu^{\text{í}}(x_{14})*\mu^{\text{ñ}}(x_{15})*\mu^{\text{â}}(x_{16})*\mu^{\text{â}}(x_{17});
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mu^{B}(Y) = {} & \mu^{c}(x_1)*\mu^{B}(x_2)*\mu^{B}(x_3)*\mu^{B}(x_4)*\mu^{c}(x_5)*\mu^{c}(x_6)*\mu^{B}(x_7)* \\
& *\mu^{c}(x_8)*\mu^{c}(x_{13})*\mu^{B}(x_{14})*\mu^{c}(x_{15})*\mu^{c}(x_{16})\mu^{c}(x_{17}) \vee \mu^{B}(x_1)* \\
& *\mu^{B}(x_2)*\ldots*\mu^{B}(x_{13})*\mu^{c}(x_{14})*\mu^{B}(x_{15})*\ldots*\mu^{B}(x_{17}) \vee \mu^{B}(x_1)* \\
& *\mu^{\text{ñ}}(x_2)*\mu^{\text{ñ}}(x_3)*\mu^{\text{â}}(x_4)*\mu^{\text{â}}(x_5)*\mu^{\text{â}}(x_6)*\mu^{\text{ñ}}(x_7)*\mu^{\text{ñ}}(x_8)* \\
& *\mu^{\text{â}}(x_{13})*\mu^{\text{ñ}}(x_{14})*..\mu^{\text{ñ}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{ñ}}(x_1)*\mu^{c}(x_2)*\mu^{\text{â}}(x_3)*\mu^{\text{â}}(x_4)* \qquad (19) \\
& *\mu^{\text{â}}(x_5)*\mu^{c}(x_6)*\mu^{c}(x_7)*\mu^{\text{â}}(x_8)*\mu^{c}(x_{13})*\mu^{\text{â}}(x_{14})*..*\mu^{\text{â}}(x_{17}) \vee \\
& *\mu^{\text{â}}(x_1)*\ldots*\mu^{\text{â}}(x_7)*\mu^{\text{ñ}}(x_8)*\mu^{\text{â}}(x_{13})*\mu^{\text{â}}(x_{14})*\mu^{c}(x_{15})*\mu^{\text{â}}(x_{16})* \\
& *\mu^{\text{â}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{â}}(x_1)*\ldots*\mu^{\text{â}}(x_{17}) \vee \mu^{\text{ñ}}(x_1)*\mu^{\text{â}}(x_2)*\mu^{\text{â}}(x_3)*\mu^{\text{ñ}}(x_4)* \\
& *\mu^{c}(x_5)*\mu^{B}(x_6)*\mu^{B}(x_7)*\mu^{c}(x_8)*\mu^{B}(x_{13})*\mu^{B}(x_{14})*\mu^{c}(x_{15})* \\
& *\mu^{B}(x_{16})*\mu^{B}(x_{17});
\end{aligned}
$$

$$\mu^{H}(Z) = \mu^{H}(Y)*\mu^{H}(x_9) \vee \mu^{H}(Y)*\mu^{C}(x_9) \vee \mu^{C}(Y)*\mu^{H}(x_9) \qquad (20);$$

$$\mu^{C}(Z) = \mu^{C}(Y)*\mu^{C}(x_9) \vee \mu^{C}(Y)*\mu^{B}(x_9) \qquad (21);$$

$$\mu^{B}(Z) = \mu^{B}(Y)*\mu^{C}(x_9) \vee \mu^{B}(Y)*\mu^{B}(x_9) \qquad (22).$$

$$\mu^{d_1}(x_{10},x_{11},x_{12},Z)=\mu^{H}(x_{10})*\mu^{H}(x_{11})*\mu^{H}(x_{12})*\mu^{H}(Z)\vee\mu^{c}(x_{10})*\mu^{H}(x_{11})* \quad (23)$$

$$*\mu^{H}(x_{12})*\mu^{H}(Z)\vee\mu^{c}(x_{10})*\mu^{c}(x_{11})*\mu^{H}(x_{12})*\mu^{H}(Z)\vee$$

$$\mu^{d_2}(x_{10},x_{11},x_{12},Z)=\mu^{\text{í}}(x_{10})*\mu^{\text{í}}(x_{11})*\mu^{\text{ñ}}(x_{12})*\mu^{\text{ñ}}(Z)\vee\mu^{\text{í}}(x_{10})*\mu^{\text{â}}(x_{11})* \quad (24)$$

$$*\mu^{\text{í}}(x_{12})*\mu^{\text{ñ}}(Z)\vee\mu^{\text{â}}(x_{10})*\mu^{\text{â}}(x_{11})*\mu^{\text{â}}(x_{12})*\mu^{\text{í}}(Z);$$

$$\mu^{d_3}(x_{10},x_{11},x_{12},Z)=\mu^{c}(x_{10})*\mu^{c}(x_{11})*\mu^{\text{ñ}}(x_{12})*\mu^{\text{ñ}}(Z)\vee\mu^{c}(x_{10})*\mu^{\text{í}}(x_{11})* \quad (25)$$

$$*\mu^{\text{ñ}}(x_{12})*\mu^{\text{ñ}}(Z)\vee\mu^{\text{ñ}}(x_{10})*\mu^{\text{â}}(x_{11})*\mu^{\text{ñ}}(x_{12})*\mu^{\text{ñ}}(Z)$$

$$\mu^{d_4}(x_{10},x_{11},x_{12},Z)=\mu^{в}(x_{10})*\mu^{в}(x_{11})*\mu^{в}(x_{12})*\mu^{c}(Z)\vee\mu^{в}(x_{10})*\mu^{c}(x_{11})* \quad (26)$$

$$*\mu^{c}(x_{12})*\mu^{в}(Z)\vee\mu^{c}(x_{10})*\mu^{в}(x_{11})*\mu^{c}(x_{12})*\mu^{в}(Z);$$

$$\mu^{d_5}(x_{10},x_{11},x_{12},Z)=\mu^{в}(x_{10})*\mu^{в}(x_{11})*\mu^{в}(x_{12})*\mu^{в}(Z). \quad (27)$$

<u>*Крок 2.*</u> 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 єдин універсальну множину X={a,b}. Задамо три нечітких підмножини, функції належ ності яких показані на рис.2.

На рис.2 використані такі α - рівні: 0; 1 [3, 4]. Нормовані граничні значенн параметрів - c та d. Відхилення від нормованих значень при використанні експертни даних - c_1 та d_1. Для отримання аналітичних виразів даних функцій використаєм рівняння прямої, з координатами

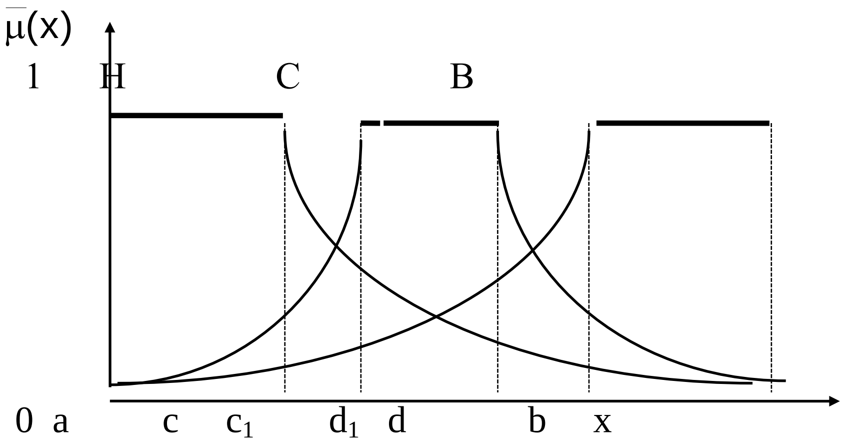


Рис.2 - Функція належності трьох нечітких термів

(x_1,μ_1) та (x_2,μ_2): $$\frac{x-x_1}{x_2-x_1}-\frac{\mu(x)-\mu_1}{\mu_2-\mu_1}=0,$$ звідки:

$$\mu(x) = \frac{\mu_2 - \mu_1}{x_2 - x_1} x + \frac{\mu_1 x_2 - \mu_2 x_1}{x_2 - x_1} \quad (28)$$

Враховуючи (28): $\mu(x)=\left[\mu^{j}(x)\right],^{k}\ \ x \in X = [a,b]$, j = Н, С, В; приймемо k=$\overline{1,5}$,

при цьому графік функції стискується, що наближує її до реальних даних.

$$\mu^{\hat{a}}(x) = \begin{cases} \left(\dfrac{x - a}{d - a}\right)^{1,5}, & x \in [a, d] \\ 1, & x \in (d, b] \end{cases} \quad (29) \qquad \mu^{\acute{\i}}(x) = \begin{cases} 1, & x \in [a, c) \\ \left(\dfrac{b - x}{b - c}\right)^{1,5}, & x \in [c, b] \end{cases} \quad (30)$$

$$\mu^{c}(x) = \begin{cases} \left(\dfrac{x - a}{c_1 - a}\right)^{1,5}, & x \in [a, c_1] \\ 1, & x \in (c_1, d_1) \\ \left(\dfrac{b - x}{b - d_1}\right)^{1,5}, & x \in [d_1, b] \end{cases} \quad (31)$$

Значення a, b, c_1, d_1, c, d âèçíà÷имо за допомогою матриць знань та запропонованог діапазону змінювання параметрів.

Крок 3. Використаємо конкретні значення параметрів, використовуючи реаль банківські дані по одному з позичальників:

x_1 = 1,2; x_2 = 2,37; x_3 = 1,5; x_4 = 2,26; x_5 = 1,2; x_6 = 0,4; x_7 = 2,7; x_8 = 1,4;

x_9 = 0,1; x_{10} =1,1; x_{11} = 0,53; x_{12} = 0,42; x_{13} = 1,8; x_{14} = 1,35; x_{15} = 0,7;

x_{16} = x_{17} = 0,2.

Крок 4. За допомогою виразів (29)-(31) знайдемо значення функцій належності точках x_i (i=$\overline{1,17}$) для всіх нечітких термів і зведемо їх у таблицю 2:

Значення функцій належності з фіксованими значеннями параметрів

Таблиця 2

x_i	$\mu^{н}(x_i)$	$\mu^{с}(x_i)$	$\mu^{в}(x_i)$
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 належності в логічні рівняння, щ складені на кроку 1, та скорочуючи їх, отримаємо:

$$\mu^{\text{í}}(y) = 0{,}058 \vee 0{,}081 \vee 0{,}125 \vee 0{,}058 \vee 0{,}081 \vee 0{,}081 = 0{,}125;$$

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

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

$$\mu^{\text{í}}(Z) = 0{,}044 \vee 0{,}125 \vee 0{,}044 = 0{,}125;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Створено відповідну ***експертну систему*** для рішення вищеназваної проблеми що працює на комп'ютерах класу IBM та сумісних з ним. Запропонована систем забезпечує більш точне оцінювання кредитоспроможності позичальника, а також стійкості його фінансового стану. Крім того, вона дає можливість визначити ризи банку щодо конкретного позичальника та кількісно оцінити різні складно формалізовані аспекти, зокрема, аспекти "людського фактору".

ЛІТЕРАТУРА

1. Белецкий В.М.,Жуков И.А. Моделирование макроэкономических процессов н параллельном компьютере Power Challenge//УСиМ.-№3.-1996.-с.88-96.
2. Клапків М.С. Математичні основи страхового підприємництва//Фінанси України. 1997.-№6- с.103-109 .
3. Заде Л. Понятие о лингвистической переменной и ее применение к принятиı приближенных решений. - М.: Мир, 1976. -167 с.
4. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница Континент-ПРИМ, 1996. - 132 с.
5. Спицын И. О., Спицын Я. О. Маркетинг в банке.- К.: ЦММС "Писпайт",1993.-65 с.
6. Морозов А.И. Основы банковского дела. - К.: Либра, 1994. - 312 с.
7. Лаврушина О.И. Банковское дело.-М.: Банковский и биржевой научно консультационный центр, 1992 - 428 с.
8. Грабовый П.Г. и др. Риски в банковском деле.-М.: Аланс,1994.- 215 с.
9. 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.
10. Азарова А.А. Оцінювання кредитних ризиків та методи їх розрахун-ку// Вінниц.держ.техн.ун-т.-Вінниця,1996.-5 с.-Бібліогр.: II назв.-Укр. Деп. в ДНТБ України 22.04.96, №1017 - Ук 96.