

УДК 336.77:338,3

О. І. Масна*Львівський банківський інститут НБУ***К. М. Масний***Львівський державний аграрний університет***А. А. Музичук***Львівський національний університет ім. Івана Франка*

АНАЛІЗ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ ПОЗИЧАЛЬНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Запропоновано метод оцінювання кредитоспроможності позичальника, що базується на теорії нечітких множин. Розроблено набір показників для визначення ризикованості операції кредитування фізичних осіб. Припускається, що експерт-аналітик формує набір основних правил, за якими для кожного потенційного клієнта визначає рівень платоспроможності. Для налаштування моделі необхідним припущенням є наявність статистичної інформації про проблемних і стабільних позичальників.

The method of evaluation of solvency of borrower, that will be based on the unclear set theory is offered. The set of indexes is developed for determination of rizicovanosti operation of crediting of physical persons. It is assumed, that form ecpert-analiti set of basic rules, after which for every target audience determines the level of solvency. For tuning of model the presence of statistical information about problem and stable borrowers is necessary supposition.

Оцінюючи кредитоспроможність клієнта, банківська установа фактично визначає рівень кредитного ризику, який візьме на себе, встановлюючи кредитні стосунки з клієнтом. Розрізняють зовнішні і внутрішні способи мінімізації кредитного ризику. До зовнішніх відносять страхування, розподіл ризику, вимогу надання забезпечення, до внутрішніх — нормування кредитів, диверсифікацію, оцінку платоспроможності, лімітування кредитів, створення резервів. Оцінювання кредитоспроможності позичальника проводиться на другому етапі кредитування. Воно передбачає якісне і кількісне оцінювання позичальника з метою оцінки кредитного ризику. Завдяки оцінці кредитоспроможності здійснюється відсів кредитів, які суперечать кредитній політиці банку.

Істотно підвищити можливості аналізу неповернення кредиту можна шляхом поєднання кількісних (фінансових) та якісних (індикаторних) показників. Застосування нечітких множин у фінансовому аналізі діяльності позичальника, як наприклад у [1, 2], дає можливість враховувати невизначеності не лише статистичної, але й лінгвістичної природи. Нечіткі описи в структурі методу фінансово-економічного аналізу з'являються через невпевненість експерта, що виникає в ході різного роду класифікації. Наприклад, коли експерт не може чітко розмежувати значення низького та високого рівнів деякого параметра.

Розглянемо метод аналізу платоспроможності позичальника з використанням елементів нечітких множин.

На першому етапі експерт-аналітик формує набір показників $X_i, i = \overline{1, N}$, які є найважливішими для оцінки платоспроможності позичальника. Так, для оцінки фінансового стану фізичної особи пропонуємо використати такі показники:

X_1 — співвідношення середньомісячної суми доходу позичальника та його сім'ї до розміру кредиту;

X_2 — співвідношення першого внеску та суми всіх активів;

X_3 — відношення всіх середньомісячних витрат (включаючи комінальні послуги, хобі, витрати на авто тощо) до суми всіх активів позичальника;

X_4 — коефіцієнт перспективної платоспроможності позичальника (тенденція до кар'єрного росту або спаду);

X_5 — показник кредитної історії позичальника.

На наступному етапі формують лінгвістичні змінні та нечіткі підмножини. Спочатку для оцінки всіх показників, що характеризують позичальника, формують єдину лінгвістичну множину $\{\hat{A}, \hat{I}, \hat{N}, \hat{A}\}$ де \hat{A} — дуже низький рівень показника X_i ; \hat{I} — низький рівень показника X_i ; \hat{N} — середній рівень показника X_i ; \hat{A} — високий рівень показника X_i .

Для оцінки вихідної лінгвістичної змінної G , яка являє собою повну множину ступенів впевненості кредитодавця в погашенні заборгованості позичальником, будемо використовувати терми: \hat{I} — надійний; $\hat{D}\hat{I}$ — група низького ризику; $\hat{D}\hat{A}$ — група високого ризику; \hat{A} — безнадійний.

На основі розрахованих значень показників визначаємо рівень платоспроможності позичальника за виразом

$$G = f_G(X_1, \dots, X_N). \quad (1)$$

Усі дані для обчислення показників беремо з різних форм звітності, наданих клієнтом.

На третьому етапі будуємо функції належності. Спершу визначаємо можливий діапазон змінювання контрольованих параметрів $X_i, i = \overline{1, N}$ та вихідної змінної G . Відтак задаємо вигляд функції належності нечітких термів для різних контрольованих параметрів. Функція належності відображає елементи з універсальної множини U в інтервал $[0, 1]$, які вказують на ступінь належності кожного елемента до різних якісних термів. Для даної задачі використовуватимемо квазіподібні функції належності нечітких термів, які можна подати у вигляді

$$\mu^T(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{u - b_T}{c_T}\right)^2}, \quad (2)$$

де T — лінгвістичний терм з множини $\{\hat{A}, \hat{I}, \hat{N}, \hat{A}\}$ для вхідної змінної або з множини $\{\hat{I}, \hat{P}\hat{I}, \hat{D}\hat{A}, \hat{A}\}$ для вихідної змінної.

Наступним, четвертим етапом є формування набору правил. Необхідним моментом побудови експертної системи на базі нечітких знань є реалізація механізму нечіткого логічного висновку — такого, щоб можна було отримати

математично обґрунтований результат про рівень платоспроможності позичальника. Експерт-аналітик формує правила, за якими кожного потенційного клієнта банку можна віднести до однієї з груп, що визначає рівень його платоспроможності. Чим більше система містить логічних правил, тим точніше буде проведено аналіз.

Базу знань для визначення категорії позичальника за трьома критеріями подано в таблиці.

Загальний вигляд бази нечітких знань

Номер правила	Значення критеріїв			Вага	Вихідна змінна
	X_1	...	X_5		
11	a_1^{11}	...	a_5^{11}	w_{11}	d_1
12	a_1^{12}	...	a_5^{12}	w_{12}	
...	
$1k_1$	$a_1^{1k_1}$...	$a_5^{1k_1}$	w_{1k_1}	
...
41	a_1^{41}	...	a_5^{31}	w_{41}	d_4
42	a_1^{42}	...	a_5^{32}	w_{42}	
...	
$4k_4$	$a_1^{4k_4}$...	$a_5^{4k_4}$	w_{4k_4}	

Примітка. a_p^{ij} — терми з лінгвістичної множини $\{\hat{A}_1, \hat{I}, \hat{N}, \hat{A}\}$; w_j — вага правила ij ; d_i — терми з лінгвістичної множини $\{\hat{I}, \hat{P}_1, \hat{D}\hat{A}, \hat{A}\}$ ($p, i = \overline{1, 3}; j = \overline{1, k_i}$).

Прикладом формування вирішального правила на основі набору заданих параметрів може бути таке: ЯКЩО співвідношення суми доходу позичальника та тазміру кредиту дуже низьке ТА співвідношення першого внеску до суми всіх активів низьке ТА відношення всіх витрат до суми активів високе ТА коефіцієнт перспективності платоспроможності позичальника низький ТА показник кредитної історії позичальника середній АБО співвідношення суми доходу позичальника та тазміру кредиту середнє ТА співвідношення першого внеску до суми всіх активів дуже низьке ТА відношення всіх витрат до суми активів дуже високе ТА коефіцієнт перспективності платоспроможності позичальника середній ТА показник кредитної історії позичальника низький, ТОДІ ступінь надійності позичальника є низьким і такий позичальник відноситься до групи безнадійних щодо вчасного повернення позики. Нехай вагами правил є w_1 та w_2 відповідно. Тоді вирішальне правило можемо подати за допомогою функції належності:

$$\mu^{\hat{I}}(X_1, \dots, X_5) = w_1 \left[\mu^{\hat{N}}(X_1) \cdot \mu^{\hat{I}}(X_2) \cdot \mu^{\hat{I}}(X_3) \cdot \mu^{\hat{I}}(X_4) \cdot \mu^{\hat{N}}(X_5) \right] \vee w_2 \left[\mu^{\hat{N}}(X_1) \cdot \mu^{\hat{N}}(X_2) \cdot \mu^{\hat{I}\hat{A}}(X_3) \cdot \mu^{\hat{I}}(X_4) \cdot \mu^{\hat{I}}(X_5) \right], \quad (3)$$

де $\mu^G(X_1, \dots, X_5)$ — функція належності вектора вхідних змінних X_1, \dots, X_5 значенню вихідної змінної G ; $\mu^a(X_i)$ — функція належності параметра X_i до нечіткого терму a_i .

Зазвичай будується система логічних рівнянь з використанням даних вищенаведеної таблиці:

$$\begin{aligned} \mu^{d_j}(X_1, \dots, X_5) = & w_{j1} \left[\mu^{a_1^1}(X_1) \wedge \mu^{a_2^1}(X_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^1}(X_5) \right] \vee \\ & \vee w_{j2} \left[\mu^{a_1^2}(X_1) \wedge \mu^{a_2^2}(X_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^2}(X_5) \right] \\ & \vee \dots \vee w_{jk} \left[\mu^{a_1^k}(X_1) \wedge \mu^{a_2^k}(X_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^k}(X_5) \right], \end{aligned} \quad (4)$$

де $\mu^{a^{jk}}(X_k)$ — функція належності параметра X_k до нечіткого терму a_k^{jk} ; ($j = \overline{1,4}, k = \overline{1,5}$); \wedge — логічне «ТА»; \vee — логічне «АБО».

При обчисленнях логічні операції \wedge і \vee над функціями належності замінюють, відповідно, на \min або \max :

$$\begin{aligned} \mu(a) \wedge \mu(b) &= \min \{ \mu(a), \mu(b) \}, \\ \mu(a) \vee \mu(b) &= \max \{ \mu(a), \mu(b) \}. \end{aligned}$$

Отже, вихідна змінна g набуває значення того терму d_j^* , функція належності якого є максимальною, тобто

$$g = \arg \max_{d_j \in G} \{ \mu^{d_j}(X_1, \dots, X_5) \}. \quad (5)$$

При побудові математичної моделі експерту потрібно задати лише ключові правила, за допомогою яких система видаватиме рішення для контрольованих параметрів. Істотно підвищити ефективність прийняття рішення можна шляхом навчання системи щодо існуючих статистичних даних. Такими даними можуть бути значення показників як для проблемних, так і для стабільних клієнтів.

Для налаштування моделі найчастіше використовують метод зворотного поширення помилки [4] або його різновиди [3], що автоматизують процес навчання, поліпшуючи при цьому параметри системи. Така властивість важлива для розв'язання економічних завдань, оскільки в процесі навчання динамічно змінюються параметри функції належності відповідно до постійно змінних умов.

1. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки: Моногр., К., 2005. 2. Недоседкин А. О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. СПб, 2002. 3. Minia A. A., Williams R. D. Acceleration of Back-Propagation through Learning Rate and Moment Adaptation // International Joint Conference on Neural Networks. 1990. Vol.I. P. 676–680. 4. Rummelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning Internal Representation by Back-Propagation Errors // Nature. 1986. № 23. P. 533–536.