

УДК 519.8

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ФІНАНСОВОЇ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

М. М. Маляр

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедрою
Кафедра кібернетики і прикладної математики
Ужгородський національний університет
вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000
Контактний тел.: (0312) 64-27-25
E-mail: malyarimm@gmail.com

В. В. Поліщук

Аспірант
Кафедра інформаційних управляючих систем та
технологій
Закарпатський державний університет
вул. Заньковецької, 87 «Б», м. Ужгород, Україна, 88000
Контактний тел.: 066-420-74-84
E-mail: v.polishchuk87@gmail.com

У роботі запропонований підхід до представлення функцій належності для різних видів критеріїв оцінки кредитоспроможності підприємств (суб'єктів) та побудована оцінка кредитоспроможності

Ключові слова: кредитоспроможність, нечітка інформація, функції належності, критерії, оцінка, клас позичальника

В работе предложен подход к представлению функций принадлежности для различных видов критериев оценки кредитоспособности предприятий (субъектов) и построена оценка кредитоспособности

Ключевые слова: кредитоспособность, нечеткая информация, функции принадлежности, критерии, оценка, класс заемщика

The paper proposed an approach to represent membership functions for different types of criteria for evaluating the creditworthiness of the enterprise (business) and credit score is based

Keywords: credit, fuzzy information, membership function, criteria; evaluation, class borrower

Вступ

Наведемо підхід щодо представлення критеріїв кредитоспроможності підприємств за допомогою апарату нечіткої логіки і побудови їх функцій належності. Розглядається випадок, коли існують як кількісні, так і якісні критерії оцінок. У такому випадку, запропонуємо методику формалізації критеріїв оцінки за допомогою функцій належності. Приведемо найбільш вживані види функції належності, які можуть задавати множину критеріїв для розглядуваної задачі. Розіб'ємо множину критеріїв на групи відносно описання тим чи іншим видом функції належності. Розробимо інтегральну модель, на основі функцій належності, яка буде визначати клас позичальника.

Серед вчених, що сьогодні досліджують прийнятність рішень у інвестиційній діяльності за умов невизначеності, варто відмітити: Ю.П. Зайченко [3], А.В. Матвійчук [6,7], А.О. Недосекін [9], В.Г. Чернова [12]. Основним математичним апаратом, що використовують дослідники, є теорія нечітких множин [11, 12, 14].

1. Підхід до побудови і класифікацій функцій належності

Експертно визначимо множину якісних і кількісних критеріїв, які, на нашу думку, характеризують стабільність функціонування підприємства. Всі

критерії визначаються і оцінюються експертами, тому вони несуть у собі певний суб'єктивізм, невизначеність даних та інформації і необхідність об'єднання кількісної та якісної інформації. В результаті цього, стає можливим використовувати апарат нечіткої логіки для розкриття невизначеності і формалізації якісної інформації. Тому, підхід до побудови функцій належності для кожного критерію дасть можливість більш адекватно підійти до проблеми оцінювання.

Як показує досвід, для представлення запропонованих експертом критеріїв оцінки суб'єктів господарювання, за допомогою нечіткої логіки найбільш вдало використовувати наступні види функції належності [1]:

1. Трикутну;
2. S-подібну;
3. Лінійну S-подібну;
4. Лінійну Z-подібну.

Далі визначену множину критеріїв оцінки розділимо по групах, запропонованих вище видів функцій належності.

1. Група критеріїв, яку можна представити за допомогою трикутної функції належності

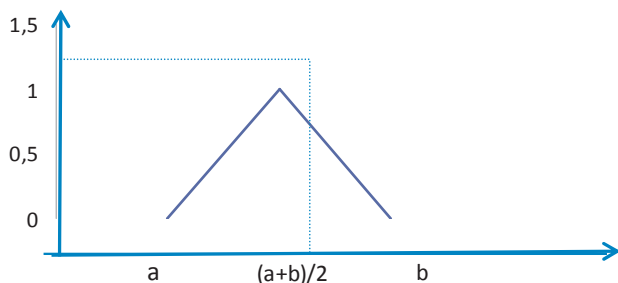
Найбільш характерним прикладом кусково-лінійної функції належності – трикутні функції належності. У нашому випадку кожна з розглядуваних функцій належності буде задаватися на інтервалі значень тих чи інших коефіцієнтів.

В загальному випадку задамо трикутну функцію належності наступним аналітичним виразом [1]:

$$\mu_1(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < c < x \\ 0, & x \geq c \end{cases}, \quad (1)$$

де a, b, c - числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a \leq b \leq c$. Параметри a і c характеризують основу трикутника, а параметр b - його вершину.

Графік трикутної функції належності буде мати вигляд:



Запишемо всі критерії оцінки суб'єктів, що, на нашу думку, можна представити у вигляді трикутної функції належності [5].

1. Коефіцієнт загальної ліквідності.

Коефіцієнт загальної ліквідності визначається як оборотні активи розділені на поточні зобов'язання [4].

Позначимо величину K_1 наступним чином:

$$K_1 = \begin{cases} K'_1 * 0,09; & \text{якщо } K'_1 \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_1; & \text{якщо } K'_1 \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{13} * 1,1; & \text{якщо } K'_1 \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Функція належності для величини K_1 можемо записати:

$$\mu(K_1; 1; 1,75; 2,5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_1 \leq 1; \\ \frac{4(K_1-1)}{3}, & \text{якщо } 1 < K_1 \leq 1,75; \\ \frac{10-4K_1}{3}, & \text{якщо } 1,75 < K_1 < 2,5; \\ 0, & \text{якщо } K_1 \geq 2,5. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт фінансової незалежності.

Коефіцієнт фінансової незалежності характеризує ступінь незалежності підприємства від зовнішніх запитань [13].

Визначається як відношення загальної суми власних коштів до підсумку балансу. Цей коефіцієнт характеризує частку власного капіталу в загальній сумі засобів, авансованих у його діяльність. Чим вище значення коефіцієнта автоматизації, тим підприємство

фінансово стійке і незалежне від зовнішніх кредиторів та інвесторів.

Коефіцієнт фінансової незалежності обчислюється за допомогою формули:

$K'_2 = (\text{Забезпечення наступних витрат і цільове фінансування} + \text{Довгострокові зобов'язання} + \text{Поточні зобов'язання}) / \text{Власний капітал}$.

Позначимо величину K_2 наступним чином:

$$K_2 = \begin{cases} K'_2 * 0,09; & \text{якщо } K'_2 \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_2; & \text{якщо } K'_2 \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_2 * 1,1; & \text{якщо } K'_2 \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Функцію належності побудуємо наступним чином:

$$\mu(K_2; 0; 1; 2) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_2 \leq 0; \\ K_2, & \text{якщо } 0 < K_2 \leq 1; \\ 2 - K_2, & \text{якщо } 1 < K_2 < 2; \\ 0, & \text{якщо } K_2 \geq 2. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт маневреності власних коштів.

Коефіцієнт маневреності власних коштів визначається як різниця між власним капіталом та необоротними активами розділена на власний капітал [13].

Наведений показник показує наскільки мобільні власні джерела засобів з фінансової точки зору. Він може варіювати залежно від структури капіталу і галузевої належності підприємства. Багато щоб коефіцієнт маневреності дещо зростав, але доцільно допускати різке його збільшення, оскільки автоматично зменшуються інші показники, наприклад, коефіцієнт автономії, що призводить до більшої залежності підприємства від кредиторів.

Позначимо величину K_3 наступним чином:

$$K_3 = \begin{cases} K'_3 * 0,09; & \text{якщо } K'_3 \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_3; & \text{якщо } K'_3 \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_3 * 1,1; & \text{якщо } K'_3 \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Функцію належності можемо записати:

$$\mu(K_3; 0; 0,5; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_3 \leq 0; \\ 2K_3, & \text{якщо } 0 < K_3 \leq 0,5; \\ 2 - 2K_3, & \text{якщо } 0,5 < K_3 < 1; \\ 0, & \text{якщо } K_3 \geq 1. \end{cases}$$

4. Коефіцієнт фінансового левериджу.

Ефект фінансового левериджу – це збільшення рентабельності власних коштів внаслідок використання кредиту, незважаючи на платність останнього [13].

Ефект фінансового левериджу викликає:

1) різницею між рентабельністю власних коштів і середньою ставкою банківського кредиту;

2) положенням господарського законодавства, відповідно до якого виплата відсотків за довгостроковий кредит включається в суму витрат на виробництво продукції й не обкладається податком на прибуток.

Цей коефіцієнт показує, скільки одиниць власних коштів приходить на кожну одиницю запозичених. Оптимальне значення цього коефіцієнта менше або

дорівнює 0,5. Його критичне значення дорівнює одиниці.

Коефіцієнт фінансового левериджу обчислюється згідно рівності [4]:

$$K'_4 = (\text{Довгострокові зобов'язання} + \text{Короткострокові кредити банків} + \text{Поточна заборгованість за довгостроковими зобов'язаннями}) / \text{Власний капітал}.$$

Для коефіцієнта фінансового левериджу ми побудуємо три функції належності в залежності від виду галузей:

1. Для цільових галузей:

$$\mu(K_4; 0; 0,9; 1,8) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_4 \leq 0; \\ \frac{10K_4}{9}, & \text{якщо } 0 \leq K_4 \leq 0,9; \\ \frac{18-10K_4}{9}, & \text{якщо } 0,9 \leq K_4 < 1,8; \\ 0, & \text{якщо } K_4 \geq 1,8. \end{cases}$$

2. Для обмежених галузей:

$$\mu(K_4; 0; 0,7; 1,4) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_4 \leq 0; \\ \frac{10K_4}{7}, & \text{якщо } 0 \leq K_4 \leq 0,7; \\ \frac{14-10K_4}{7}, & \text{якщо } 0,7 \leq K_4 < 1,4; \\ 0, & \text{якщо } K_4 \geq 1,4. \end{cases}$$

3. Для ризикових галузей:

$$K_5 = \begin{cases} K'_5 * 0,09; & \text{якщо } K'_5 \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_5; & \text{якщо } K'_5 \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_5 * 1,1; & \text{якщо } K'_5 \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

$$\mu(K_4; 0; 0,5; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_4 \leq 0; \\ 2K_4, & \text{якщо } 0 \leq K_4 \leq 0,5; \\ 2-2K_4, & \text{якщо } 0,5 \leq K_4 < 1; \\ 0, & \text{якщо } K_4 \geq 1. \end{cases}$$

II. Група критеріїв, яку можна представити за допомогою s-подібної функції належності

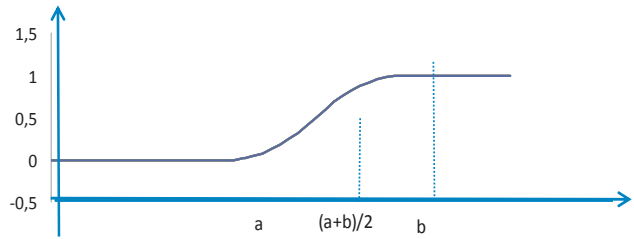
Дана функція належності дістала свою назву по виду кривої, яка представляє її графік.

В загальному випадку s-подібна функція належності задана наступним аналітичним виразом:

$$\mu_2(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

де a, b - числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: a < b. Параметри a і c характеризують основу трикутника, а параметр b - його вершину. Дані функції належності утворюють нормальні випуклі нечіткі множини з ядром [b; +∞) і носієм (a; +∞).

Графік s-подібної функції належності наступний:



Запишемо всі критерії оцінки суб'єктів, що, на нашу думку, можна представити у вигляді s-подібної функції належності.

1. Коефіцієнт миттєвої ліквідності.

Коефіцієнт миттєвої ліквідності характеризується тим, як швидко короткострокові зобов'язання можуть бути погашені високоліквідними активами. Тобто, здатність підприємства негайно ліквідувати короткострокову заборгованість.

До високоліквідних активів належать: поточні фінансові інвестиції, грошові кошти в національній валюті та еквіваленти грошових коштів в іноземній валюті.

Поточні зобов'язання – це короткострокові кредити та розрахунки з кредитами.

Отже, формулу коефіцієнта миттєвої ліквідності визначимо наступним чином:

$$K'_5 = (\text{Поточні фінансові інвестиції} + \text{Грошові кошти в національній валюті} + \text{Еквіваленти грошових коштів в іноземній валюті}) / \text{Поточні зобов'язання}.$$

Позначимо величину K₅ наступним чином:

Далі побудуємо функцію належності для величини K₅:

$$\mu(K_5; 0,2; 0,25) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_5 \leq 0,2; \\ 32(5K_5 - 1)^2, & \text{якщо } 0,2 < K_5 \leq 0,225; \\ 1-50(1-4K_5)^2, & \text{якщо } 0,225 < K_5 < 0,25; \\ 1, & \text{якщо } K_5 \geq 0,25. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт поточної ліквідності.

Коефіцієнт поточної ліквідності обчислюється згідно рівності [13]:

$$K'_6 = (\text{Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги їх чиста реалізаційна вартість} + \text{Дебіторська заборгованість за розрахунками} + \text{Інша поточна дебіторська заборгованість} + \text{Поточні фінансові інвестиції} + \text{Грошові кошти в національній валюті} + \text{Еквіваленти грошових коштів в іноземній валюті}) / \text{Поточні зобов'язання}.$$

Бажано, щоб цей коефіцієнт був більшим за одиницю. Таким чином визначають чи вистачить у підприємства всіх оборотних активів для повної ліквідації своїх боргових зобов'язань. При цьому за умови низької ліквідності активів може погіршитися фінансовий стан підприємства, а надто висока ліквідність буде свідчити про недолік у використанні поточних активів.

Коефіцієнт поточної ліквідності за звичай є задовільним, якщо він більший двох. Рівень цього показ-

ника залежить від сфери діяльності, структури і якості активів, тривалості операційного циклу, швидкості погашення кредиторської заборгованості. Зміна рівня коефіцієнта поточної ліквідності може мати місце у зв'язку зі збільшенням або зменшенням величини за кожною статтею поточних активів і пасивів.

Позначимо величину K_6 наступним чином:

$$K_6 = \begin{cases} K'_6 * 0,09; & \text{якщо } K'_6 \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_6; & \text{якщо } K'_6 \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_6 * 1,1; & \text{якщо } K'_6 \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases} \quad \text{Функція належності має вигляд:}$$

Функцію належності для величини K_6 запишемо наступним чином:

$$\mu(K_6; 0,5; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_6 \leq 0,5; \\ 2(2K_6 - 1)^2, & \text{якщо } 0,5 < K_6 \leq 0,75; \\ 1 - 8(1 - K_6)^2, & \text{якщо } 0,75 < K_6 < 1; \\ 1, & \text{якщо } K_6 \geq 1. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт надходжень коштів на поточні рахунки позичальників.

Співвідношення надходжень на всі поточні рахунки позичальника в Банку і загальної суми заборгованості за кредитом, отриманим в Банку, та відсотками. Запишемо це згідно формули:

$K_7 = (\text{середньомісячні надходження на рахунки позичальника в Банку (за винятком кредитних коштів), розраховані як середнє значення за попередні 12 місяців * кількість місяців до дати погашення кредиту за угодою}) / \text{суму кредиту та відсотків, що будуть сплачені за кредит.}$

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_7; 1,5; 3) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_7 \leq 1,5; \\ \frac{2(2K_7 - 3)^2}{9}, & \text{якщо } 1,5 < K_7 \leq 2,25; \\ 1 - \frac{8(3 - K_7)^2}{9}, & \text{якщо } 2,25 < K_7 < 3; \\ 1, & \text{якщо } K_7 \geq 3. \end{cases}$$

4. Коефіцієнт діяльності минулих років.

Для аналізу прибутків та збитків введемо наступну градацію:

- (0; 1] - збиткова діяльність за два минулих роки або звіт за попередній звітний рік не наданий;
- (1; 2] - збиткова діяльність за минулий рік;
- (2; 3] - діяльність за відсутності прибутків та збитків, або відсутності діяльності;
- (3; 4] - прибуткова за минулий рік;
- (4; 5] - прибуткова за два минулих роки.

Функцію належності побудуємо як s-подібну:

$$\mu(K_8; 1; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_8 \leq 1; \\ \frac{(K_8 - 1)^2}{8}, & \text{якщо } 1 < K_8 \leq 3; \\ 1 - \frac{(5 - K_8)^2}{8}, & \text{якщо } 3 < K_8 < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_8 \geq 5. \end{cases}$$

5. Коефіцієнт рентабельності виробництва.

Рентабельність виробництва обчислюється згідно рівності [4]:

$K_9 = (\text{Чистий прибуток}) / (\text{Матеріальні затрати} + \text{Витрати на оплату праці} + \text{Відрахування на соціальні заходи} + \text{Амортизація} + \text{Інші операційні витрати}).$

$$\mu(K_9; 0,05; 0,1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_9 \leq 0,05; \\ 2(20K_9 - 1)^2, & \text{якщо } 0,05 < K_9 \leq 0,075; \\ 1 - 8(1 - 10K_9)^2, & \text{якщо } 0,075 < K_9 < 0,1; \\ 1, & \text{якщо } K_9 \geq 0,1. \end{cases}$$

6. Критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню основної суми боргу.

Для критерію кредитна історія введемо таку градацію:

- (0; 1] - погашав кредит з порушенням терміну більше 180 днів;
- (1; 2] - погашав кредит з порушенням терміну 91 - 180 днів;
- (2; 3] - погашав кредит з порушенням терміну 31 - 90 днів;
- (3; 4] - погашення в звітному періоді непередбачено;
- (4; 5] - погашав кредит з порушенням терміну 1-30 днів, але своєчасно сплачував відсотки;
- (5; 6] - погашав своєчасно.

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{10}; 1; 6) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{10} \leq 1; \\ \frac{2(K_{10} - 1)^2}{25}, & \text{якщо } 1 < K_{10} \leq 3,5; \\ 1 - \frac{2(6 - K_{10})^2}{25}, & \text{якщо } 3,5 < K_{10} < 6; \\ 1, & \text{якщо } K_{10} \geq 6. \end{cases}$$

7. Критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню відсотків.

Введемо наступну градацію:

- (0; 1] - погашав відсотки з порушенням терміну більше 60 днів;
- (1; 2] - погашав відсотки з порушенням терміну 31 - 60 днів;
- (2; 3] - погашення в звітному періоді непередбачено, або погашав своєчасно.

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{11}; 1; 3) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{11} \leq 1; \\ \frac{(K_{11} - 1)^2}{2}, & \text{якщо } 1 < K_{11} \leq 2; \\ 1 - \frac{(3 - K_{11})^2}{2}, & \text{якщо } 2 < K_{11} < 3; \\ 1, & \text{якщо } K_{11} \geq 3. \end{cases}$$

8. Коефіцієнт найбільшої суми раніше повернутого кредиту.

Коефіцієнт найбільшої суми раніше повернутого кредиту обчислюється у відсотках від суми поточної заборгованості за кредитами (з врахуванням суми кредиту, який запитується) розділено на 100.

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{12}; 0,8; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{12} \leq 0,8; \\ \frac{2(5K_{12}-4)^2}{8}, & \text{якщо } 0,8 < K_{12} \leq 0,9; \\ 1 - \frac{2(5-5K_{12})^2}{8}, & \text{якщо } 0,9 < K_{12} < 1; \\ 1, & \text{якщо } K_{12} \geq 1. \end{cases}$$

9. Коефіцієнт питомої ваги реальної вартості основних засобів у валюті балансу [13].

Даний коефіцієнт обчислюється по наступній формулі:

$K_{13} = (\text{Незавершене будівництво} + \text{Залишкова вартість основних засобів} + \text{Справедлива (залишкова) вартість довгострокових біологічних активів}) / \text{Баланс активів}.$

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{13}; 0,3; 0,5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{13} \leq 0,3; \\ \frac{(10K_{13}-3)^2}{2}, & \text{якщо } 0,3 < K_{13} \leq 0,4; \\ 1 - \frac{(5-10K_{13})^2}{2}, & \text{якщо } 0,4 < K_{13} < 0,5; \\ 1, & \text{якщо } K_{13} \geq 0,5. \end{cases}$$

10. Коефіцієнт зносу основних засобів.

Коефіцієнт зносу основних засобів визначається за формулою [13]:

$K_{14} = (\text{Знос основних засобів} + \text{Накопичена амортизація довгострокових біологічних активів}) / (\text{Первісна вартість основних засобів} + \text{Первісна вартість довгострокових біологічних активів}).$

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{14}; 0,25; 0,85) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{14} \leq 0,25; \\ \frac{25(4K_{14}-1)^2}{72}, & \text{якщо } 0,25 < K_{14} \leq 0,55; \\ 1 - \frac{(17-20K_{14})^2}{72}, & \text{якщо } 0,55 < K_{14} < 0,85; \\ 1, & \text{якщо } K_{14} \geq 0,85. \end{cases}$$

11. Коефіцієнт наявності власного ліквідного майна.

Коефіцієнт наявності власного ліквідного майна, тобто такого, яке вільне від зобов'язань, а також за винятком майна, яке пропонується в забезпечення по новому кредиту. Він обчислюється у відсотках від заборгованості за кредитами Банку (з урахуванням суми кредиту, яка позичається) розділено на 100.

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{15}; 0,25; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{15} \leq 0,25; \\ \frac{2(4K_{15}-1)^2}{9}, & \text{якщо } 0,25 < K_{15} \leq 0,625; \\ 1 - \frac{32(1-K_{15})^2}{9}, & \text{якщо } 0,625 < K_{15} < 1; \\ 1, & \text{якщо } K_{15} \geq 1. \end{cases}$$

12. Термін існування підприємства.

Розглянемо критерій термін існування підприємства і його функцію належності:

$$\mu(K_{16}; 1; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{16} \leq 1; \\ \frac{(K_{16}-1)^2}{8}, & \text{якщо } 1 < K_{16} \leq 3; \\ 1 - \frac{(5-K_{16})^2}{8}, & \text{якщо } 3 < K_{16} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{16} \geq 5. \end{cases}$$

13. Критерій репутація якості продукції, робіт та послуг торгової марки.

Для критерію репутація якості продукції, робіт, послуг торгової марки введемо таку градацію:

- (0; 1] - наявність штрафних санкцій за порушення якості продукції, наявність претензій з боку контрагентів (оцінюється в залежності від кількості штрафів або претензій, відповідно чим менше їх, тим більша градація);

- (1; 2] - позичальником не надані документи та інформація, яка характеризує якість продукції (сертифікати якості, документи, що засвідчують наявність торгової марки тощо);

- (2; 3] - наявність сертифікатів якості, патентів, ліцензій на виробництво, позитивної репутації в торгових фірмах тощо.

Тоді функцію належності визначимо наступним чином:

$$\mu(K_{17}; 1; 2) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{17} \leq 1; \\ 2(K_{17}-1)^2, & \text{якщо } 1 < K_{17} \leq 1,5; \\ 1 - 2(2-K_{17})^2, & \text{якщо } 1,5 < K_{17} < 2; \\ 1, & \text{якщо } K_{17} \geq 2. \end{cases}$$

14. Критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника.

Керівник має досвід керівної роботи на підприємстві (або підприємствах), яке успішно співпрацювало з Банком. Даний критерій вимірюється у роках і його функція належності наступна:

$$\mu(K_{18}; 3; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{18} \leq 3; \\ \frac{(K_{18}-3)^2}{2}, & \text{якщо } 3 < K_{18} \leq 4; \\ 1 - \frac{(5-K_{18})^2}{2}, & \text{якщо } 4 < K_{18} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{18} \geq 5. \end{cases}$$

15. Аудиторські висновки.

Введемо наступну градацію:

- Позитивні за останні 3 роки – оцінку ставимо 5 і більше;

- Позитивні за останні 2 роки – від 4 до 5;

- Позитивні за останній рік – від 3 до 4;

- Відсутній – від 2 до 3;

- Негативний – менше 2.

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{19}; 2; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{19} \leq 2; \\ \frac{2(K_{19}-2)^2}{9}, & \text{якщо } 2 < K_{19} \leq 3,5; \\ 1 - \frac{2(5-K_{19})^2}{9}, & \text{якщо } 3,5 < K_{19} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{19} \geq 5. \end{cases}$$

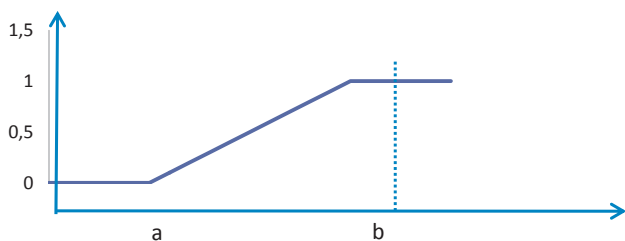
III. Група критеріїв, яку можна представити за допомогою лінійної s-подібної функції належності

Лінійну s-подібну функцію належності задамо наступним аналітичним виразом [1]:

$$\mu_3(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

де a, b - числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: a < b.

Графік лінійної s-подібної функції належності буде мати вигляд:



Запишемо всі критерії оцінки суб'єктів, що на нашу думку можна представити у вигляді лінійної s-подібної функції належності.

1. Динаміка виручки від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг).

Динаміка виручки від реалізації продукції визначимо у процентному відношенні у порівнянні з відповідним періодом минулого року. Якщо вона зменшилась у порівнянні з відповідним періодом минулого року, то відлік процентного відношення ведемо у від'ємній частині осі абсцис, і навпаки, якщо динаміка виручки від реалізації продукції збільшується, тоді значення ставимо додатні.

Функцію належності для критерію K_{20} - динаміка виручки від реалізації продукції визначимо формулою:

$$\mu(K_{20}; -20; 20) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{20} \leq -20; \\ \frac{K_{20}}{40} + \frac{1}{2}, & \text{якщо } -20 < K_{20} < 20; \\ 1, & \text{якщо } K_{20} \geq 20. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт обслуговування (покриття) боргу.

Коефіцієнт обслуговування (покриття) боргу обчислюється за допомогою формули [4]:

$K_{21} = (\text{Чистий дохід (виручка) від реалізації продуктів (товарів, робіт, послуг)} + \text{Інші операційні доходи} + \text{Інші звичайні доходи} - \text{Матеріальні затрати} - \text{Витра-$

$\text{ти на оплату праці} - \text{Відрахування на соціальні заходи} - \text{Амортизація} - \text{Інші операційні витрати} - \text{Інші звичайні витрати}) / \text{платежі по кредиту та витрати за відсотками.}$

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{21}; 0,5; 1,5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{21} \leq 0,5; \\ \frac{2K_{21}-1}{2}, & \text{якщо } 0,5 < K_{21} < 1,5; \\ 1, & \text{якщо } K_{21} \geq 1,5. \end{cases}$$

3. Питома вага власних коштів підприємства у вартості кредитного проекту.

Визначимо співвідношення ваги власних коштів і вартості кредитного проекту. Функцію належності у такому випадку визначимо наступним чином:

$$\mu(K_{22}; 0,2; 0,4) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{22} \leq 0,2; \\ 5K_{22}-1, & \text{якщо } 0,2 < K_{22} < 0,4; \\ 1, & \text{якщо } K_{22} \geq 0,4. \end{cases}$$

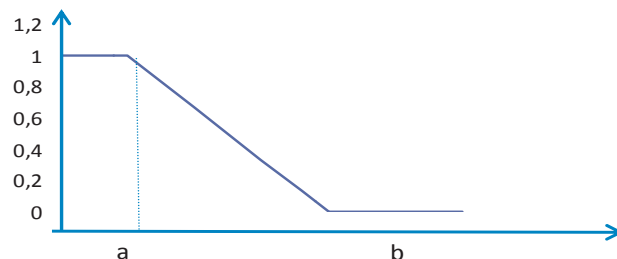
IV. Група критеріїв, яку можна представити за допомогою лінійної z-подібної функції належності

Лінійну z-подібну функцію належності задамо наступним аналітичним виразом:

$$\mu_4(x, a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & b \leq x \end{cases} \quad (4)$$

де a, b - числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: a < b.

Графік лінійної z-подібної функції належності наступний:



1. Коефіцієнт періоду обороту дебіторської заборгованості.

Коефіцієнт періоду обороту дебіторської заборгованості обчислюється за допомогою формули і визначається у днях [4]:

$K_{23} = (\text{кількість днів в періоді} * (\text{Дебіторська заборгованість на початок звітного періоду} + \text{Дебіторська заборгованість на кінець звітного періоду}) / 2 * \text{Чистий дохід (виручка) від реалізації продуктів (товарів, робіт, послуг)}).$

Функція належності обчислюється згідно формули:

$$\mu(K_{23}; 30; 120) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{23} \leq 30; \\ \frac{120 - K_{23}}{90}, & \text{якщо } 30 < K_{23} < 120; \\ 0, & \text{якщо } K_{23} \geq 120. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт питомої ваги простроченої дебіторської заборгованості.

Коефіцієнт питомої ваги простроченої дебіторської заборгованості визначається як прострочена дебіторська заборгованість [4].

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{24}; 0,05; 0,2) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{24} \leq 0,05; \\ \frac{4(1 - 5K_{24})}{3}, & \text{якщо } 0,05 < K_{24} < 0,2; \\ 0, & \text{якщо } K_{24} \geq 0,2. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт періоду обороту кредиторської заборгованості.

Коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості показує, через скільки днів у середньому підприємство погашає свою заборгованість перед постачальниками [4].

Коефіцієнт періоду обороту кредиторської заборгованості обчислюється за допомогою формули і визначається у днях:

$K_{25} = (\text{Кількість днів в періоді} * (\text{Кредиторська заборгованість на початок звітнього періоду} + \text{Кредиторська заборгованість на кінець звітнього періоду})) / 2 * \text{Чистий дохід (виручка) від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)}$.

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{25}; 30; 120) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{25} \leq 30; \\ \frac{120 - K_{25}}{90}, & \text{якщо } 30 < K_{25} < 120; \\ 0, & \text{якщо } K_{25} \geq 120. \end{cases}$$

4. Коефіцієнт питомої ваги простроченої кредиторської заборгованості.

Коефіцієнт питомої ваги простроченої кредиторської заборгованості визначається, як прострочена кредиторська заборгованість [4].

Функція належності має вигляд:

$$\mu(K_{26}; 0,05; 0,2) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{26} \leq 0,05; \\ \frac{4(1 - 5K_{26})}{3}, & \text{якщо } 0,05 < K_{26} < 0,2; \\ 0, & \text{якщо } K_{26} \geq 0,2. \end{cases}$$

Отже, ми визначили 26 критеріїв оцінки кредитоспроможності підприємств, побудували функції належності та розбили їх на чотири групи.

2. Визначення кредитоспроможності та класів позичальників за допомогою побудованих функцій належності

На основі побудованих функцій належностей розробимо модель, яка буде визначати клас позичальника. Для кожного підприємства, яке подало заявку для

отримання кредиту, будемо визначати оцінку кредитоспроможності, і на основі даної оцінки відносити його до певного класу.

Згідно “Положення про порядок формування та використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків” виданим Національним банком України [10] існує п’ять класів визначення фінансового стану позичальників:

Клас “А” - фінансова діяльність добра, що свідчить про можливість своєчасного виконання зобов’язань за кредитними операціями.

Клас “Б” - фінансова діяльність позичальника цієї категорії близька за характеристиками до класу “А”, але ймовірність підтримування її на цьому рівні протягом тривалого часу є низькою.

Клас “В” - фінансова діяльність задовільна і потребує більш детального контролю.

Клас “Г” - фінансова діяльність незадовільна, є високий ризик значних збитків, ймовірність повного погашення кредитної заборгованості та відсотків/комісій за нею є низькою.

Клас “Д” - фінансова діяльність незадовільна і є збитковою.

Кредит будемо надавати, якщо за оцінкою фінансового стану позичальник відноситься до класу не нижче «В».

Нехай $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ - множина визначених критеріїв, які використовуються для оцінки деякого підприємства А. Шкалу вимірювань визначимо інтервалом $[0; 1]$ і для кожного показника K_j ($j = \overline{1, m}$) визначили функції належності $\mu(K_j) \in [0, 1]$. Далі кожен показник K_j буде описуватись множиною $\{\mu(K_1), \mu(K_2), \dots, \mu(K_m)\}$ відповідних їм числових оцінок.

Якщо серед оцінок $\mu(K_j)$ ($j = \overline{1, m}$) існують від’ємні значення, тоді множину $\{\mu(K_1), \mu(K_2), \dots, \mu(K_m)\}$ нормалізуємо за допомогою формули [8]:

$$\mu'(K_j) = \mu(K_j) - \min \mu(K_j), \quad (j = \overline{1, m}).$$

Кожному показнику задамо оцінку вагомості $p_j \in [0; 10]$, $j = \overline{1, m}$. Коефіцієнт, що характеризує відносну важливість показників, будемо називати коефіцієнтом вагомості:

$$\beta_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^m p_j}, \quad \sum_{j=1}^m \beta_j = 1 \tag{5}$$

Оцінки вагомості для розглядуваних критеріїв можемо визначити наступним чином:

Таблиця 1

Критерій	Оцінка	Критерій	Оцінка	Критерій	Оцінка	Критерій	Оцінка
K_1	5	K_8	10	K_{15}	7	K_{22}	3
K_2	6	K_9	4	K_{16}	4	K_{23}	5
K_3	6	K_{10}	8	K_{17}	3	K_{24}	5
K_4	6	K_{11}	9	K_{18}	4	K_{25}	6
K_5	5	K_{12}	3	K_{19}	5	K_{26}	6
K_6	5	K_{13}	5	K_{20}	7	-	-
K_7	9	K_{14}	5	K_{21}	5	-	-

Розглянемо загальний випадок. Нехай нам задано n – підприємств $A=(a_1, a_2, \dots, a_n)$, для яких потрібно визначити їх клас.

Оцінку кредитоспроможності визначимо за допомогою наступної формули [2]:

$$m(a_i) = \sum_{j=1}^m \beta_j \cdot \mu_{a_i}(K_j), \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Отже, якщо $V = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m]^T$ - вектор коефіцієнтів вагомості,

$$M = \begin{bmatrix} \mu_{a_1}(K_1) & \dots & \mu_{a_1}(K_m) \\ \dots & \dots & \dots \\ \mu_{a_n}(K_1) & \dots & \mu_{a_n}(K_m) \end{bmatrix}$$

матриця значень функцій належності для підприємств a_1, \dots, a_n , то M' - вектор елементів $m(a_1), m(a_2), \dots, m(a_n)$, які визначають клас того чи іншого підприємства і він має вигляд:

$$M' = M \cdot V. \quad (7)$$

Із досвіду роботи, шкалу отриманого результату і відповідності класу позичальника можемо визначити наступним чином:

$m(a) \in [0; 0,30]$ тоді позичальника відносимо до класу Д;

$m(a) \in (0,30; 0,38]$ тоді позичальника відносимо до класу Г;

$m(a) \in (0,38; 0,43]$ тоді позичальника відносимо до класу В;

$m(a) \in (0,43; 0,49]$ тоді позичальника відносимо до класу Б;

$m(a) \in (0,49; 1]$ тоді позичальника відносимо до класу А.

3. Приклад вибору підприємств для надання позики

Розглянемо підприємство ТОВ "Авто-М" і визначимо його оцінку кредитоспроможності. Спочатку визначимо критерії оцінки за фінансовими результатами. Потім для кожного з критеріїв побудуємо функцію належності. Все це запишемо у вигляді табл. 2.

Таблиця 2

Критерій	Експертна оцінка вагомості	Коефіцієнт вагомості	Значення критерію K_i	Функція належності $\mu(K_i)$
1	2	3	4	5
K_1	5	0,0342	2,500	1,000
K_2	6	0,0411	15,920	0,000
K_3	6	0,0411	-3,380	0,000
K_4	6	0,0411	14,340	0,000
K_5	5	0,0342	0,048	0,000
K_6	5	0,0342	1,764	1,000

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
K_7	9	0,0616	2,670	0,903
K_8	10	0,0685	3,500	0,719
K_9	4	0,0274	0,001	0,000
K_{10}	8	0,0548	6,000	1,000
K_{11}	9	0,0616	2,400	0,820
K_{12}	3	0,0205	0,500	0,000
K_{13}	5	0,0342	0,260	0,000
K_{14}	5	0,0342	0,640	0,755
K_{15}	7	0,0479	0,240	0,000
K_{16}	4	0,0274	6,000	1,000
K_{17}	3	0,0205	1,500	0,500
K_{18}	4	0,0274	5,000	1,000
K_{19}	5	0,0342	2,500	0,056
K_{20}	7	0,0479	20,000	1,000
K_{21}	5	0,0342	0,007	0,000
K_{22}	3	0,0205	0,200	0,000
K_{23}	5	0,0342	59,000	0,678
K_{24}	5	0,0342	0,000	1,000
K_{25}	6	0,0411	30,000	1,000
K_{26}	6	0,0411	0,000	1,000

Значення функції належності запишемо у вигляді вектора:

$$M = [1,000; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000; 1,000; 0,903; 0,719; 0,000; 1,000; 0,820; 0,000; 0,000; 0,755; 0,000; 1,000; 0,500; 1,000; 0,056; 1,000; 0,000; 0,000; 0,678; 1,000; 1,000; 1,000].$$

Вектор коефіцієнтів вагомості має наступний вигляд:

$$V = [0,0342; 0,0411; 0,0411; 0,0411; 0,0342; 0,0342; 0,0616; 0,0685; 0,0274; 0,0548; 0,0616; 0,0205; 0,0342; 0,0342; 0,0479; 0,0274; 0,0205; 0,0274; 0,0342; 0,0479; 0,0342; 0,0205; 0,0342; 0,0342; 0,0411; 0,0411]^T.$$

За допомогою формули (7) отримаємо

$$M' = 0,559.$$

Отже, ми визначили оцінку кредитоспроможності, на основі якої можемо зробити висновок, що розглядуване підприємство відноситься до класу А.

Висновок

У роботі розглянуто ідейний підхід до визначення класу кредитоспроможності підприємств при невизначених умовах. Введено поняття оцінка кредитоспроможності з використанням апарату нечіткої логіки. Запропоновано множину критеріїв кредитоспроможності і підхід до представлення функцій належності критеріїв по чотирьох групах.

Таким чином, результатом проведеного наукового дослідження є побудована модель для визначення фінансового стану і класу підприємств у ринкових умовах функціонування, коли не можливо уникнути невизначеності. Адже уникнути невизначеності – це

означає виключити сам ринок, тобто різновид не співпадаючих інтересів і дій.

Розглянутий у роботі приклад наглядно показує можливість застосування моделі на практиці різними фінансовими установами, при їх діяльності.

Література

1. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета. – 2000. – 352 с.
2. Волошин О.Ф. Моделювання конкурентоспроможності об'єктів економічної діяльності за допомогою нечітких множин. /О.Ф. Волошин, М.М. Маляр, М.М. Шаркаді// Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2010. - №690 - С.534-539.
3. Згуровский М.З. Модели і методи прийняття рішень за нечітких умов. / М.З. Згуровский, Ю.П. Зайченко – К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2011. – 279 с.
4. Литвин Б.М. Фінансовий аналіз: Навч. посібник. / Б.М. Литвин, М.В. Стельмах – К.: «Хай-Тек Прес», 2008. – 336 с.
5. Маляр М.М. Модель оцінки кредитоспроможності підприємства в умовах невизначеності/ Маляр М.М., Поліщук В.В.// Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2012. - №1/4(55). – С.51-57.
6. Матвійчук А.В. Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу / А.В. Матвійчук // К.: Вісн. НАН України. – 2010. – №9. – С. 24-46.
7. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія / А.В. Матвійчук - К.: КНЕУ, 2011. - 439 с.
8. Михалевич В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович – М.: Наука, 1982. - 286 с.
9. Недосекин А. О. Фондовый менеджмент в расплывчатых условиях. / А.О. Недосекин – СПб. : Типография “Сезам”, 2003. – 201 с.
10. Постанова НБУ “Положення про порядок формування та використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків” від 06.07.2000 року, №279.
11. Ротштейн О.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. / О.П. Ротштейн – Вінниця: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1999. – 320 с.
12. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. / В.Г. Чернов - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 312 с.
13. Шило В.П. Аналіз фінансового стану виробничої та комерційної діяльності підприємства: Навч. Посібник/ В.П. Шило – К.: Кондор, 2005. – 240 с.
14. Zadeh L. Fuzzy Sets / L. Zadeh // Information and Control. - 1965. - №8. - P. 338–353.