

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

М. М. Маляр

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри
Кафедра кібернетики і прикладної математики
Ужгородський національний університет
вул. Північна, 14, к.325, м. Ужгород, Україна, 88000
Контактний тел.: (0312) 64-27-25
E-mail: malyarmm@gmail.com

В. В. Поліщук

Аспірант
Кафедра інформаційних управляючих систем і 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 запропоновано підхід до аналізу кредитоспроможності підприємства з використання апарату нечіткої логіки і лінгвістичних змінних. Побудовано математично-економічну модель визначення рівня кредитного ризику та класу позичальника

Ключові слова: кредитоспроможність, нечітка інформація, база знань, лінгвістичні змінні, критерії, оцінка

В работе предложен подход к анализу кредитоспособности предприятия с использованием аппарата нечеткой логики и лингвистических переменных. Построена математическо-экономическая модель определения уровня кредитного риска и класса заемщика

Ключевые слова: кредитоспособность, нечеткая информация, база знаний, лингвистические переменные, критерии, оценка

The approach to the analysis of the enterprise creditworthiness using the apparatus of fuzzy logic and linguistic variables is proposed in the article. The mathematical and economic model which determine the level of credit risk and borrower classes is built

Keywords: creditworthiness, fuzzy information, knowledge base, linguistic variables, criteria, evaluation

Вступ

Наведемо підхід щодо моделювання кредитоспроможності підприємства на основі інструменту нечіткої логіки. Розглядається випадок, коли існує невпевненість експерта у своїх висновках, або неможливість чітко оцінити за певним критерієм. У такому випадку, запропонуємо методику формалізації причинно-наслідкових зв'язків між змінними входу і виходу, коли вхідні дані є нечіткими. Суть її полягає у описі цих зв'язків природною мовою з використанням теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних [9]. Виходом моделі є рейтинг кредитоспроможності суб'єктів, що дає нам відповідь щодо можливості видачі кредиту.

Аналізуючи останні дослідження і публікації варто відмітити, що до 80-х років минулого століття дослідження економічних процесів з використанням апарату нечіткої логіки майже не проводилося. Серед вчених, що сьогодні досліджують прийняття рішень у інвестиційній діяльності за умов невизначеності, варто відмітити: А.В. Матвійчук [2,3], В.Г. Чернова [8], А.О. Недосекін [4], Ю.П. Зайченко [1]. Основним математичним апаратом, що використовують дослідники, є теорія нечітких множин. Дослідження у даному напрямку має великі перспективи для інвестиційної діяльності, як окремих підприємств так і України в цілому.

1. Математична модель

Постановка задачі: нехай нам задано множину критеріїв $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$, за якими потрібно оцінити деяке підприємство (суб'єкт). На основі даних оцінок потрібно визначити для даного суб'єкта оцінку рівня кредитоспроможності $D = (D_1, D_2, \dots, D_m)$.

Змоделюємо дану задачу за допомогою наступного підходу.

Аналізується об'єкт із n входами та одним виходом:

$$W = L(U_1, U_2, \dots, U_n), \quad (1)$$

де W - вихідна лінгвістична змінна, U_1, U_2, \dots, U_n - вхідні лінгвістичні оцінки. L - оператор, що ставить у відповідність вихідну змінну W , при вхідних змінних U_1, U_2, \dots, U_n (правило логічного виводу).

Позначимо через $U^* = (U_1^*, U_2^*, \dots, U_n^*)$ - вектор фіксованих значень вхідних змінних розглядуваного об'єкта, для прийняття рішення.

Щоб оцінити лінгвістичні змінні $U_i, i = \overline{1, n}$ і визначити W , використовуємо якісні терми з таких термножин:

$$A_i = (a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^l), \quad (2)$$

- термножина вхідної змінної $U_i, i = \overline{1, n}$,
 a_i^p - p -й компонент лінгвістичного терму змінної $U_i, p = \overline{1, l}, i = \overline{1, n}$.

$$D = (D_1, D_2, \dots, D_m), \tag{3}$$

- терм-множина вихідної змінної W , D_j - j -й компонент лінгвістичного терму змінної W , $j = \overline{1, m}$. Терм-множину вихідної змінної будемо називати рівнем.

Наступним етапом є розбиття змінних, які у нас виступають критеріями, на групи впливу – від найважливіших критеріїв, до таких, які відіграють незначну роль у оцінці. Для цього розіб'ємо множину U , на підмножини U^1, U^2, \dots, U^l за рівнем впливу критеріїв, $U = U^1 \cup U^2 \cup \dots \cup U^l$, $U^1 > U^2 > \dots > U^l$.

Далі експерт, чи група експертів, для кожного рівня $D_j, j = \overline{1, m}$ буде правила належності результируючих термів для кожної підмножини $U^k, k = \overline{1, l}$. Ці правила можуть бути побудовані у відсотковому відношенні належності тих чи інших термів вхідної змінної, по групам впливів $U^k, k = \overline{1, l}$. Згідно цих правил експерт, чи група експертів оцінює підприємство.

Наступним етапом створення моделі є побудова нечіткої бази знань.

Припустимо, що маємо N вхідних даних, які зв'язують входи і виходи об'єкта ідентифікації.

Нехай $N = k_1 + k_2 + \dots + k_m$, де k_j - кількість можливих комбінацій, що відповідають виходу $D_j, j = \overline{1, m}$, m - кількість можливих градацій рівнів.

Позначимо, через $p_1^1, p_2^1, \dots, p_{k_1}^1$ - номери комбінацій вхідних змінних для виходу D_1 ;

$p_1^2, p_2^2, \dots, p_{k_2}^2$ - номери комбінацій вхідних змінних для виходу D_2 ;

і т. д.;

$p_1^m, p_2^m, \dots, p_{k_m}^m$ - номери комбінацій вхідних змінних для виходу D_m .

Матрицею знань [7] називається матриця, яка сформована за такими правилами (табл. 1):

Таблица 1

Матриця знань

№ вхідної комбінації значень	Вхідні змінні				Вихідна змінна
	U_1	U_2	...	U_n	
p_1^1	a_1^{11}	a_2^{11}		a_n^{11}	D_1
p_2^1	a_1^{12}	a_2^{12}	...	a_n^{12}	
...	
$p_{k_1}^1$	a_1^{1k}	a_2^{1k}		a_n^{1k}	
...
p_1^j	a_1^{j1}	a_2^{j1}		a_n^{j1}	D_j
p_2^j	a_1^{j2}	a_2^{j2}	...	a_n^{j2}	
...	
$p_{k_j}^j$	a_1^{jk}	a_2^{jk}		a_n^{jk}	
...
p_1^m	a_1^{m1}	a_2^{m1}		a_n^{m1}	D_m
p_2^m	a_1^{m2}	a_2^{m2}	...	a_n^{m2}	
...	
$p_{k_m}^m$	a_1^{mk}	a_2^{mk}		a_n^{mk}	

1) Розмірність матриці – $(n+1) \times N$, де $(n+1)$ - кількість стовпців, а N - кількість рядків матриці.

2) Перші n стовпців матриці відповідають вхідним змінним $U_i, i = \overline{1, n}$, а $(n+1)$ -й стовпець відповідає значенням $D_j, j = \overline{1, m}$ вихідної змінної W .

3) Кожний рядок матриці є певною комбінацією значень вхідних змінних, для якої, ОПР вказує одне із можливих значень вихідної змінної W . Перші k_1 рядків відповідають значенню вихідної змінної $W = D_1$, і так далі, k_m – значенню $W = D_m$.

4) Елемент a_i^{jp} , який стоїть на перетині i -го стовпця та j -го рядка є лінгвістичною оцінкою критерію U_i і обирається із відповідної терм-множини змінної U_i , тобто $a_i^{jp} \in A, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, p = \overline{1, k_j}$.

Введена матриця знань визначає систему логічних висловлювань – “Якщо, Тоді, Інакше”, які пов'язують значення вхідних змінних U_1, U_2, \dots, U_n з одним із можливих значень $D_j, j = \overline{1, m}$.

Якщо $U_1 = a_1^{11}$ та $U_2 = a_2^{11}$ та ... та $U_n = a_n^{11}$

Або $U_1 = a_1^{12}$ та $U_2 = a_2^{12}$ та ... та $U_n = a_n^{12}$

Або ... Або $U_1 = a_1^{1k}$ та $U_2 = a_2^{1k}$ та ... та $U_n = a_n^{1k}$

Тоді $W = D_1$, Інакше... (4)

Подібним чином утворюються всі функціональні залежності, які втілюють у математичній формі правила прийняття рішень зведені до бази знань.

Лінгвістичні оцінки a_i^{jp} змінних U_1, U_2, \dots, U_n , що належить до логічних висловлювань (4), розглядаються як нечіткі множини з функціями належності $\mu^{a^{jp}}(U_i)$, тобто це функція належності критерію U_i до нечіткого терму $a_i^{jp} \in A, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, p = \overline{1, k_j}$;

$\mu^{D_j}(U_1, U_2, \dots, U_n)$ - функція належності рівневі $D_j, j = \overline{1, m}$.

Введемо систему логічних рівнянь:

$$\mu^{D_j}(U_1, U_2, \dots, U_n) = \omega_{j1}[\mu^{a_1^{j1}}(U_1) \wedge \mu^{a_2^{j1}}(U_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_n^{j1}}(U_n)] \vee \omega_{j2}[\mu^{a_1^{j2}}(U_1) \wedge \mu^{a_2^{j2}}(U_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_n^{j2}}(U_n)] \vee \dots \vee \omega_{jk_j}[\mu^{a_1^{jk_j}}(U_1) \wedge \mu^{a_2^{jk_j}}(U_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_n^{jk_j}}(U_n)] \vee \dots \vee \tag{5}$$

де \wedge - логічне “Та”, \vee - логічне “Або”, $\omega_{jk_j}, j = \overline{1, m}$ - вага правила.

Вага правила є числом з інтервалу $[0,1]$, що характеризує впевненість експерта у вибраному правилі (на практиці усі ваги правил спочатку прирівнюються до одиниці, в результаті оптимізації моделі на реальних даних вони зменшуються, якщо правило не відповідає дійсності).

Правило вибору

Рішення щодо поточного рівня фінансового стану підприємства обирається таке, для якого функція належності вихідної змінної буде найбільшою для заданих значень показників діяльності підприємства $U_i^*, i = \overline{1, n}$ [6]:

$$W^* = \arg \max_{D_j} [\mu^{D_j}(U_1^*, \dots, U_n^*)], j = \overline{1, m}. \tag{6}$$

Оскільки функції належності вихідної змінної за кожним правилом розраховують як добуток функцій належності всіх вхідних змінних, а для визначення терма результативного показника W^* застосовують максимальний вихід з усіх правил, то можна також вихідну змінну моделі розрахувати за наступною функцією [2]:

$$W^* = \arg \max_{a_i^{jp}} \{ \omega_{a_i^{jp}} \prod_{j=1}^m \mu^{a_i^{jp}}(U_j^*) \}, i = \overline{1, n}, p = \overline{1, k_j}. \tag{7}$$

Результат є лінгвістичний опис діяльності підприємства та прийняття рішення, щодо можливості кредитування підприємства. При переході від кількісних значень фінансових показників до лінгвістичних термів у нечітких моделях втрачається сенс мультиколінеарності.

Таким чином, виникає можливість побудувати модель на тих інформаційних показниках, які фінансовий аналітик вважає за доцільне використовувати, без проведення попереднього дослідження на наявність між ними кореляційних зв'язків.

2. Побудова вхідної множини даних

Для побудови моделі, на першому етапі, потрібно визначити перелік критеріїв U_1, U_2, \dots, U_n , по яких будемо оцінювати кредитоспроможність підприємств.

Для оцінювання всіх показників $U_i, i = \overline{1, n}$, що характеризують фінансовий стан підприємства, можемо сформувати наступні терми: ДН - дуже низький рівень показника, Н - низький рівень показника, С - середній рівень показника, та В - високий рівень показника. Терм-множина вхідної змінної має вигляд $A_i = (ДН, Н, С, В)$, $i = \overline{1, n}$.

Нехай маємо множину із десяти критеріїв кредитоспроможності підприємства $U = (U_1, U_2, \dots, U_{10})$, сформулюємо їх і введемо розмежування між термами.

1. Коефіцієнт миттєвої ліквідності (U_1). Він характеризується тим, як швидко короткострокові зобов'язання можуть бути погашені високоліквідними активами.

Коефіцієнт миттєвої ліквідності обчислимо за допомогою формули:

$U_1 = (\text{Поточні фінансові інвестиції} + \text{Грошові кошти в національній валюті} + \text{Еквіваленти грошових коштів в іноземній валюті}) / \text{Поточні зобов'язання}$.

Розмежування між термами ДН і Н було поставлено на рівні 0,2, між термами Н та С на рівні 0,225, а між термами С та В – 0,25.

2. Коефіцієнт поточної ліквідності (U_2). Він обчислюється згідно рівності:

$U_2 = (\text{Дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги їх чиста реалізаційна вартість} + \text{Дебіторська заборгованість за розрахунками} + \text{Інша поточна дебіторська заборгованість} + \text{Поточні фінансові інвестиції} + \text{Грошові кошти в національній валюті} + \text{Еквіваленти грошових коштів в іноземній валюті}) / \text{Поточні зобов'язання}$.

Для коефіцієнта поточної ліквідності розмежування між термами ДН і Н було поставлено на рівні 0,5, між термами Н та С на рівні 0,75, а між термами С та В – 1.

3. Коефіцієнт загальної ліквідності (U_3) визначається як оборотні активи розділені на поточні зобов'язання.

Розмежування між термами наступне:

В – на проміжку [1,5; 2];

С – на проміжку [1,25; 1,5)U(2; 2,25];

Н – на проміжку [1; 1,25)U(2,25; 2,5];

ДН – все інше.

4. Коефіцієнт фінансової незалежності (U_4). Обчислюється за допомогою формули:

$U_4 = (\text{Забезпечення наступних витрат і цільове фінансування} + \text{Довгострокові зобов'язання} + \text{Поточні зобов'язання}) / \text{Власний капітал}$.

Для коефіцієнта фінансової незалежності розмежування між термами наступні:

В – на проміжку [0,8; 1,2];

С – на проміжку [0,5; 0,8)U(1,2; 1,5];

Н – на проміжку [0,1; 0,5)U(1,5; 1,9];

ДН – все інше.

5. Коефіцієнт маневреності власних коштів (U_5) визначається, як різниця між власним капіталом та необоротними активами розділена на власний капітал. І розмежування між термами наступні:

В – на проміжку [0,4; 0,6];

С – на проміжку [0,2; 0,4)U(0,6; 0,8];

Н – на проміжку [0,1; 0,2)U(0,8; 0,9];

ДН – все інше.

6. Коефіцієнт діяльності минулих років (U_6).

Коефіцієнт діяльності минулих років визначається у аналізі прибутків та збитків, для яких 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.

Розмежування між термами ДН і Н було поставлено на рівні 1, між термами Н і С на рівні 3, а між термами С та В – 5.

7. Критерій кредитна історія (U_7).

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, або не користувався кредитом у минулому.

Для критерію кредитна історія розмежування між термами ДН і Н було поставлено на рівні 1, між термами Н та С на рівні 3,5, а між термами С та В – 6.

8. Коефіцієнт наявності власного ліквідного майна (U_8), 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.

Розмежування між термами ДН і Н було поставлено на рівні 0,25, між термами Н і С на рівні 0,625, а між термами С та В – 1.

9. Термін існування підприємства (U_9).

Для критерію термін існування підприємства розмежування між термами ДН і Н було поставлено на рівні 1 рік, між термами Н та С на рівні 3 роки, а між термами С та В – 5 років.

10. Критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника (U_{10}).

Керівник має досвід керівної роботи на підприємстві (або підприємствах), яке успішно співпрацювало з Банком. Даний критерій вимірюється у роках і розмежування між термами наступні: ДН і Н було поставлено на рівні 3-х років, між термами Н та С на рівні 4-х років, а між термами С та В – 5-ти років.

3. Задання терм-множини вихідної змінної

Визначимо множину рівнів. Множина рівнів відповідає оцінкам одного із трьох провідних рейтингових агентств світу - Фітч Рейтинг (англ. Fitch Ratings) $D = (AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, C, RD, D)$ [10]:

AAA - Найвищий рівень кредитоспроможності. Рейтинги рівня «AAA» означають найнижчі очікування по кредитним ризикам. Рейтинги даного рівня присвоюються тільки у випадку винятково високої здатності вчасно погашати фінансові зобов'язання. Імовірність негативного впливу на цю здатність з боку передбачуваних обставин дуже низька.

AA - Дуже висока кредитоспроможність. Рейтинги рівня «AA» позначають дуже низькі очікування по кредитних ризиках та дуже високу здатність своєчасно погашати фінансові зобов'язання.

A - Висока кредитоспроможність. Рейтинги рівня «A» позначають низькі очікування по кредитним ризикам. Здатність вчасно погашати фінансові зобов'язання оцінюється, як висока. Тим не менше, ця здатність може бути більш схильна до впливу змін обставин або економічної кон'юнктури, ніж у випадку більш високих рівнів рейтингу.

BBB - Гарна кредитоспроможність. Рейтинги рівня «BBB» позначають низькі на даний момент очікування по кредитним ризикам. Здатність вчасно погашати фінансові зобов'язання оцінюється як адекватна, однак негативні зміни обставин і економічної кон'юнктури з більшою вірогідністю можуть знизити цю здатність. Даний рівень рейтингу є найнижчим серед рейтингів інвестиційної категорії.

BB - Спекулятивний рейтинг. Рейтинг рівня «BB» означає, що існує можливість розвитку кредитних ризиків, особливо в результаті негативних економічних змін, які можуть статися з часом. Однак при цьому компаніям можуть бути доступні альтернативні ресурси в сфері бізнесу або фінансів, які дозволять їм виконати свої фінансові зобов'язання. Цінні папери, яким привласнені рейтинги даного рівня, не є цінними паперами інвестиційної категорії.

B - Значною мірою спекулятивний рейтинг. По відношенню до емітентів та цінних паперів, зобов'язання за якими виконуються, рейтинги рівня «B» означають наявність значних кредитних ризиків, однак при цьому залишається обмежена "подушка безпеки". На даний момент фінансові зобов'язання виконуються, проте здатність продовжувати виплати залежить від стійкої та сприятливої, ділової та економічної кон'юнктури.

CCC - Рейтинг говорить, що дефолт видається реальною можливістю. Здатність виконувати фінансові зобов'язання цілком залежить від стійкої та сприятливої ділової або економічної кон'юнктури.

CC - Ймовірний дефолт.

C - Дефолт неминучий.

RD - Даний рівень рейтингу означає, що емітент не провів своєчасні платежі. Частковий дефолт.

D - Дефолт. Рейтинг цього рівня присвоюється емітенту або державі, що оголосили дефолт за всіма своїми фінансовими зобов'язаннями.

Рівні міжнародного рейтингового агентств Фітч Рейтинг, можемо поставити у відповідність до вітчизняних рейтингів, згідно [5]:

Клас А відповідає рейтингам AAA, AA;

Клас Б відповідає рейтингам A, BBB;

Клас В відповідає рейтингам BB, B;

Клас Г відповідає рейтингу CCC;

Клас Д відповідає рейтингам C, RD, D;

Кредит будемо надавати підприємству, яке отримало клас не нижче В.

4. Побудова груп впливу критеріїв

Критерії розбиваємо на групи впливів. Побудуємо три підмножини U^1, U^2, U^3 , такі, що $U = U^1 \cup U^2 \cup U^3$, і $U^1 \supset U^2 \supset U^3$ за наступним правилом - експерт проанжує критерії оцінки по впливу на три групи. Як показує досвід, ці групи наступні:

1. Дуже важлива група впливу критеріїв;

2. Важлива група впливу критеріїв;

3. Менш важлива група впливу критеріїв.

Підмножини U^1, U^2, U^3 розмістимо відповідно по групам впливів.

До дуже важливої групи впливу можна віднести наступні критерії:

1. Коефіцієнт діяльності минулих років.

2. Критерій кредитна історія.

3. Коефіцієнт наявності власного ліквідного майна.

Отже, підмножина U^1 множини U складається із трьох критеріїв – $U^1 = (U_6, U_7, U_8)$.

Міркування щодо віднесення критеріїв до важливої групи впливу такі:

1. Коефіцієнт фінансової незалежності.

2. Коефіцієнт маневреності власних коштів.

3. Коефіцієнт миттєвої ліквідності.

4. Коефіцієнт поточної ліквідності.

5. Коефіцієнт загальної ліквідності.

Підмножина U^2 складається із п'яти критеріїв – $U^2 = (U_4, U_5, U_1, U_2, U_3)$.

До групи менш важливого впливу можемо віднести наступні критерії:

1. Термін існування підприємства.

2. Критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника.

Підмножина U^3 складається із двох критеріїв – $U^3 = (U_9, U_{10})$.

5. Побудова правил належності

Як показує практичний досвід, можемо побудувати для кожного рівня правила належності результуючих термів по групах важливості.

Рівень кредитоспроможності AAA

Щоб отримати оцінку AAA підприємство повинно задовольняти наступним вимогам. Як показує досвід, у

дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна становити не менше 87%, а решту 13% терми на рівні не нижче середнього від всіх запропонованих критеріїв. У важливій групі впливу ми повинні спостерігати мінімальну кількість критеріїв із високим термом, які повинні становити не менше 80% від всіх існуючих критеріїв, а решту 20% терми не нижче середнього. Для менш важливої групи критеріїв терми високого рівня не нижче 75%, а середнього – 25%.

Рівень кредитоспроможності AA

Щоб отримати оцінку AA викладемо наступні вимоги підприємству. У дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом, на наш погляд, повинна становити не менше 75%, а решту 25% - терми на рівні не нижче середнього від всіх запропонованих критеріїв. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна становити не менше 60% від всіх існуючих критеріїв, а решту 40% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв терми високого рівня можемо віднести не нижче 50%, а середнього – 50%.

Рівень кредитоспроможності A

Щоб отримати оцінку A необхідно, на нашу думку, у дуже важливій групі впливу, набрати мінімальну кількість критеріїв із високим термом не менше 60% і 20% - середніх термів. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна спостерігатися не менше 60% від всіх існуючих критеріїв, а 40% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв терми високого рівня, на наш погляд, повинно міститись не нижче 50%, а середнього – 37%.

Рівень кредитоспроможності BBV

Як показує досвід, щоб отримати оцінку BBV підприємство повинно задовольняти наступним вимогам. У дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв, на нашу думку, повинна становити не менше 50% - із високих термів, і 13% - середніх термів. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом можемо встановити на рівні не менше 40%, від всіх існуючих критеріїв, і середніх на тому ж самому рівні – 40%. Для менш важливої групи критеріїв, терми високого рівня можемо покласти не нижче 37%, і середнього – 37%.

Рівень кредитоспроможності BV

Щоб отримати оцінку BV, на нашу думку, необхідно у дуже важливій групі впливу, набрати мінімальну кількість критеріїв із високим термом не менше 33% і 33% - середніх термів. У важливій групі впливу, як показує практика, мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна становити не менше 35% від всіх існуючих критеріїв, а 35% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв терми високого рівня маємо спостерігати не нижче 25% або середнього – 37%.

Рівень кредитоспроможності B

Щоб отримати оцінку B у дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом, на нашу думку, повинна становити не менше 25%, а решту 33% - терми на рівні не нижче середнього від всіх запропонованих критеріїв. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим

термом, на нашу думку, повинна становити не менше 20% від всіх існуючих критеріїв, а решту 40% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв, терми низького рівня повинні становити не нижче 37%.

Рівень кредитоспроможності CCC

Щоб отримати оцінку CCC необхідно, на нашу думку, у дуже важливій групі впливу, набрати мінімальну кількість критеріїв із середнім термом не менше 33%. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із середнім термом повинна становити не менше 40% від всіх існуючих критеріїв.

Все, що нижче вказаних результатів, без розмежування, будемо вважати, що підприємство відноситься до рівнів C, RD і D.

6. Побудова бази знань та прийняття рішення

Експертна система на базі нечіткої логіки має містити механізм прийняття рішень щодо кредитоспроможності на основі інформації аналітика. В основу системи потрібно покласти знання, які відповідають фінансовій, управлінській та господарській частині діяльності підприємства, та сформувати систему нечітких логічних правил. Таблиця (табл. 2) фрагмент бази знань:

Таблиця 2

Фрагмент бази знань

№	Дуже важлива група впливу критеріїв			Важлива група впливу критеріїв						Менш важлива група впливу критеріїв		W	Вітчизняні класи
	U ₆	U ₇	U ₈	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₉	U ₁₀			
1	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	AAA	A	
2	V	V	V	V	C	V	V	V	V	V	AAA		
3	V	V	V	V	V	V	C	V	V	V	AAA		
4	V	V	V	V	V	C	V	C	V	V	AA		
5	V	V	V	C	V	V	C	V	C	V	AA		
6	V	V	V	V	C	V	V	V	V	C	AA		
7	V	V	C	C	C	V	V	V	V	V	A		
8	V	C	V	V	V	V	V	C	C	V	A	B	
9	C	V	V	V	C	V	C	V	V	C	A		
10	V	C	V	V	C	V	-	C	V	C	BBV		
11	C	V	V	C	V	C	V	C	C	C	BBV		
12	V	V	C	V	C	-	C	V	C	V	BBV		
13	V	C	C	V	V	C	C	-	C	-	BB		
14	C	V	-	C	C	V	C	V	V	C	BB	B	
15	C	-	V	V	C	C	-	V	-	C	BB		
16	V	C	C	C	C	-	V	C	C	H	V		
17	C	V	-	V	C	C	-	C	H	-	V		
18	C	C	V	-	C	C	C	V	C	C	V		
19	C	H	-	C	H	C	H	-	ДН	H	CCC	Г	
20	H	C	C	H	C	-	C	H	-	C	CCC		
21	-	H	ДН	H	C	H	-	C	H	-	CCC		

Правила прийняття рішень, що свідчать про рівень кредитоспроможності (як приклад) AA, і записані у

других трьох рядках, у термінах висловлювань нечіткої логіки означатимуть:

“Якщо для дуже важливої групи впливу критеріїв значення показника U_6 для розглядуваного підприємства є високим та показник U_7 високий і U_8 високий;

І для важливої групи впливу критеріїв значення показника U_4 для підприємства є високим та показник U_5 високий, та U_1 середній, та U_2 високий, та U_3 середній;

І для менш важливої групи впливу критеріїв значення показника U_9 та показника U_{10} високий;

АБО Якщо для дуже важливої групи впливу критеріїв значення показника U_6 для розглядуваного підприємства є високим та показник U_7 високий і U_8 високий;

І для важливої групи впливу критеріїв значення показника U_4 для підприємства є середнім та показник U_5 високий, та U_1 високий, та U_2 середній, та U_3 високий;

І для менш важливої групи впливу критеріїв значення показника U_9 є середнім та показника U_{10} високий;

АБО Якщо для дуже важливої групи впливу критеріїв значення показника U_6 для розглядуваного підприємства є високим та показник U_7 високий і U_8 високий;

І для важливої групи впливу критеріїв значення показника U_4 для підприємства є високим та показник U_5 середній, та U_1 високий, та U_2 високий, та U_3 високий;

І для менш важливої групи впливу критеріїв значення показника U_9 є високим та показника U_{10} середній;

ТОДИ підприємство отримало рівень кредитоспроможності AA, і відповідно до вітчизняного рейтингу відноситься до класу А, що свідчить про можливість надання кредиту”.

Представимо, наприклад, функцію належності та вагові коефіцієнти за аналітичною формулою запису вирішального правила для рівня AA (5):

$$\begin{aligned} \mu^{AA}(W) = & \omega_1 [\mu(U_6) \cdot \mu(U_7) \cdot \mu(U_8) \cdot \mu(U_4) \cdot \\ & \mu(U_5) \cdot \mu^1(U_1) \cdot \mu(U_2) \cdot \mu^1(U_3) \cdot \mu(U_9) \cdot \\ & \mu(U_{10})] \vee \omega_2 [\mu(U_6) \cdot \mu(U_7) \cdot \mu(U_8) \cdot \\ & \mu^1(U_4) \cdot \mu(U_5) \cdot \mu(U_1) \cdot \mu^1(U_2) \cdot \mu(U_3) \cdot \\ & \mu^1(U_9) \cdot \mu(U_{10})] \vee \omega_3 [\mu(U_6) \cdot \mu(U_7) \cdot \\ & \mu(U_8) \cdot \mu(U_4) \cdot \mu^1(U_5) \cdot \mu(U_1) \cdot \mu(U_2) \cdot \\ & \mu(U_3) \cdot \mu(U_9) \cdot \mu^1(U_{10})]. \end{aligned}$$

Де $\mu^{D_i}(U_1, U_2, \dots, U_{10})$ - функція належності вектора вхідних змінних значенню вихідної змінної D_j з множини $\{D, H, C, B\}$; $\mu^{AA}(W)$ - функція належності вхідної змінної U_i лінгвістичному терму AA $i=1,10$, $\omega_i, i=1,3$ - вага правила.

Подібним чином утворюються всі функціональні залежності, які втілюють у математичній формі правила прийняття рішень зведені до бази знань. Щоб при розрахунку функції належності вихідної змінної за кожним правилом враховувались значення всіх вхідних змінних, операцію мінімізації функцій на-

лежності всіх вхідних змінних замінимо на операцію добутку.

Після вибору вхідних значень, побудови терм-множин вихідної змінної, побудови груп впливу критеріїв, правил належності та бази знань оцінюють поточний рівень фінансового стану підприємства W на основі вибраних критеріїв U_1, U_2, \dots, U_{10} .

Остаточне рішення щодо кредитоспроможності підприємства обирається таке, для якого функція (7) належності вихідної змінної W^* буде найбільшою для заданих значень критеріїв $U_1^*, U_2^*, \dots, U_{10}^*$.

Розглянемо приклад

Визначимо кредитоспроможність підприємства “Н” за допомогою побудованої моделі.

1. Обчислюємо показники U_1, U_2, \dots, U_{10} на основі фінансової звітності і експертних оцінок.
2. Результат запишемо у таблицю:

Показники	Значення	Значення лінгвістичних термів
U_1	0,985	В
U_2	1,164	В
U_3	1,25	С
U_4	0,65	С
U_5	0,48	В
U_6	5	В
U_7	6	В
U_8	1,2	В
U_9	5	В
U_{10}	5	В

У другому стовпчику – значення показників розглядуваного підприємства “Н”. У третьому – лінгвістичні терми.

3. На основі отриманих результатів розіб’ємо критерії по групам впливу:

$$U^1 = (B, B, B), U^2 = (C, B, B, B, C), U^3 = (B, B).$$

4. За допомогою логічних рівнянь (5) та правил належності, представимо аналітичну форму запису у вигляді:

$$\begin{aligned} \mu(W^*) = & \omega_1 [\mu(U_6^*) \cdot \mu(U_7^*) \cdot \mu(U_8^*) \cdot \mu^C(U_4^*) \cdot \mu(U_5^*) \cdot \\ & \mu(U_1^*) \cdot \mu(U_2^*) \cdot \mu^1(U_3^*) \cdot \mu(U_9^*) \cdot \mu(U_{10}^*)]. \end{aligned}$$

Зробивши аналіз даної форми, а також порівняння з логічною базою знань (табл. 2), можемо сформулювати наступний висновок.

Підприємство “Н” за функцією належності (7) вихідної змінної W^* відноситься до рівня кредитоспроможності AA, для заданих значень показників $U_1^*, U_2^*, \dots, U_{10}^*$ діяльності суб’єкта господарювання.

Це означає, що підприємство “Н” має дуже високий рівень кредитоспроможності та дуже високу здатність своєчасно погасити фінансові зобов’язання. Такому підприємству банк може надати кредит, оскільки дуже низькі очікування по кредитному ризику.

Висновок

Результатом проведеного наукового дослідження є модель оцінки кредитоспроможності підприємств-позичальників комерційних банків, що базується на випадках, коли існує невпевненість експерта у своїх висновках, або неможливістю оцінити певний критерій. Запропонований підхід дозволяє встановити міжнародний рейтинг підприємству, і переводити його у вітчизняні класи кредитоспроможності. Це новий ідейний підхід, що має високу адаптивну здатність до різних фінансових установ.

Дана модель може застосовуватись для різних фінансових установ, які мають можливість формувати

свою критеріальну множину, будь-коли доповнити її, визначати терми для критеріїв, утворювати свої групи важливих критеріїв, і встановлювати власні рівні щодо прийняття рішення.

Запропонований метод та критерії оцінки кредитоспроможності банківської інвестиційної діяльності дають змогу з більшою об'єктивністю вибирати найефективніший варіант інвестування в умовах невизначеності, оскільки враховують багато чинників та реальну ситуацію в економіці.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у можливості адаптації математичної моделі, кредитоспроможності підприємств, у фінансові установи.

Література

1. 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.
2. 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.
3. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія / А.В. Матвійчук – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.
4. Недосекин А. О. Фондовый менеджмент в расплывчатых условиях. / А.О. Недосекин – СПб. : Типография “Сезам”, 2003. – 201 с.
5. Постанова НБУ “Положення про порядок формування та використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків” від 06.07.2000 року, №279.
6. Приймак В.І. Математичні методи економічного аналізу: навч. посіб. / В.І. Приймак – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 296 с.
7. Ротштейн О.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. / О.П. Ротштейн – Вінниця: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1999. – 320 с.
8. 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.
9. Zadeh L. Fuzzy Sets / L. Zadeh // Information and Control. – 1965. – №8. – P. 338–353.
10. Global credit ratings. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fitchratings.com>.