

щорічно в середньому 20 банків знаходяться в стані ліквідації.

Наступна проблема – створення ефективних методів оцінки кредитних ризиків, що забезпечують високу точність оцінки та достовірність. Дана проблема загострюється з причин:

- важко виявити із всієї сукупності діючих факторів групу взаємозв'язаних факторів, що найбільше впливають на кредитний ризик та з найменшою похибкою визначити ступінь ризику;
- важко оцінити вагові коефіцієнти оцінки ризику, який вносить кожний фактор окремо і в сукупності по даному позичальнику;
- у загальному випадку граничні параметри оцінки позичальників за класами кредитоспроможності будуть дещо суб'єктивними.

Запропонована модель кредитного ризику є одною з цілої сукупності моделей кредитного ризику, які можна побудувати. В першу чергу вона орієнтована на використання при створенні автоматизованих банківських систем та експертних систем управління кредитним ризиком. Дана модель також може бути застосована для верифікації нових методів оцінки кредитоспроможності позичальників та прогнозування кредитного ризику.

Слід відмітити, що в даній статті оцінка параметрів моделі проведена дещо спрощено і тому започатковані результати дослідження можуть бути продовжені в напрямку більш глибокої деталізації, обґрунтування та уточнення.

### Література

1. Кириченко О.А. Банківський менеджмент / Кириченко О.А., Геленко І.В. – К.: Знання-Прес, 2002.
2. Заруба О.Д. Фінансовий менеджмент у банках. Навчальний посібник. – К.: Знання, 1999.
3. Галасюк В., Сорока М., Галасюк В. Модель прийняття рішення про кредитування на базі концепції CCF // Вісник НБУ. – 2005. – № 10. – С.7-12.
4. Васюренко О., Лазаренкова Г. Математичні методи і моделі у сфері аналізу та управління банківською діяльністю // Вісник НБУ. – 2003. – № 8. – С. 11-14.
5. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 1998.
6. Костіна Н.І., Алексєєв А.А., Василик О.Д. Фінансове прогнозування: методи та моделі: Навч. посібник. – К.: Знання, 1997.
7. Костіна Н.І., Алексєєв А.А., Василик О.Д. Фінанси: Система моделей і прогнозів: Навч. посібник. – К.: Четверта хвиля, 1998.

Надійшла 23.1.2006 р.

УДК 331

Т.О. САВЧУК, Л.В. КОРНЕЛЮК  
Вінницький національний технічний університет

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПО АНАЛІЗУ БАНКІВСЬКОГО РИЗИКУ В СФЕРІ КРЕДИТУВАННЯ

*В роботі наведені основні підходи до розробки експертної системи на базі багаторівневої моделі оцінки фінансового ризику при кредитуванні та методики формалізації цієї моделі, що базується на теорії нечітких множин.*

### Вступ

Комп'ютеризація банківської діяльності є показником світового рівня новітніх інформаційних технологій. Необхідність оперативного реагування на кредитно-фінансові обставини обумовила значні зміни в банківській сфері, однак математичне й програмне забезпечення щодо прийняття банківських рішень в сфері кредитування потребує подальшого розвитку в економічних умовах України.

Отже основною метою інтелектуалізації процесу аналізу банківського ризику є розробка програмного засобу, який буде забезпечувати прийняття раціональних рішень щодо доцільності банківського кредитування клієнта із одночасним оцінюванням банківського ризику [1].

### Аналіз банківського ризику в сфері кредитування

Задачі прийняття рішень щодо банківського кредитування належать до складних задач внаслідок того, що необхідно оцінювати потужні множини  $X$  вхідних параметрів та  $R$  вихідних параметрів, а також відповідно й функції відображення  $F: X \rightarrow R$ . Саме тому доцільно розробити систему прийняття рішень, що буде використовувати декомпозиційне розбиття складної проблеми на простіші підпроблеми та забезпечувати послідовність реалізацій  $F$ , щоб вибір раціонального рішення  $R$  здійснювався з множини рішень  $O_j, j = \overline{1, S}$ . А сам вибір буде реалізовуватись за допомогою критеріїв  $d_j$  на базі певної множини  $X$  оцінювальних параметрів

позичальників, щоб вирішувати цю проблему кредитування швидко та ефективно з мінімальним ризиком для банку.

Оцінка ризику буде полягати у визначенні залежності між певними розмірами втрат банку та ймовірностями їх виникнення. Для розрахунку ймовірностей виникнення втрат треба буде проаналізувати статистичні дані, від яких залежить результативність здійснення банкірами тієї чи іншої операції. При цьому для підвищення точності розрахунків необхідно використовувати якомога більшу статистичну вибірку, щоб можна було зробити припущення, що частота виникнення деяких втрат дорівнює ймовірності їх виникнення, тобто ризику [2]. Визначені оцінки ймовірностей виконання різних умов угод дозволять визначити середні (найбільш ймовірні) значення прибутку і збитків для кожної банківської операції кредитування [3]. Система прийняття рішень забезпечить банку визначення банківського ризику для кожної угоди, допоможе вибрати найкращу групу угод із усіх можливих за критерієм його мінімуму, а також врахувати всі можливі наслідки цих угод (не повернення частини кредиту, несплату відсотків по позичці, порушення її термінів і т.п.).

З вищезазначених причин проблема аналізу банківського ризику є дуже актуальною на сьогодні, тому що кредитна активність банків України перебуває на рівні, що не є адекватним потребам реального сектора, оскільки при прийнятті рішення щодо кредитування неможливо перебрати всі сполучення оцінювальних параметрів для визначення остаточного рішення при великій кількості цих параметрів.

#### **Аналіз методу вирішення задачі щодо оцінювання фінансового ризику банку при кредитуванні конкретного позичальника**

В більшості наявних методик не сформований критерій, на підставі якого можливо було б провести порівняльний, обов'язково кількісний аналіз кредитоспроможності позичальника. Процес оцінювання іміджу позичальника здійснюється при порівнянні [4, 5]:

1) Кількісних критеріїв позичальника: дотримання коефіцієнтів платоспроможності, ліквідності, рентабельності; річний обіг коштів позичальника; фінансовий стан позичальника; забезпеченість позики.

2) Якісних критеріїв позичальника (репутація позичальника): розрахунки за раніше надані кредити; розрахунки з робітниками; професійні здібності керівництва, його порядність і чесність; стан реклами на підприємстві та досвід позичальника.

Таке розбиття процесу оцінювання іміджу дозволяє побудувати прозору модель формування векторного критерію.

Потужним інструментом для формалізації системи прийняття рішень є апарат нечітких множин. Він був започаткований Л. Заде у 1965 р. За останнє десятиліття впровадження цього методу у традиційно складені системи прийняття рішень знайшло застосування у багатьох галузях людської діяльності [6].

Для складання та формалізації будь-яких систем прийняття рішень використовується принцип лінгвістичності остаточного рішення та параметрів, що оцінюють об'єкт. Абстрагуючи ці принципи до загального випадку, відмітимо, що остаточне рішення (вихідна змінна) та оцінювальні критерії (вхідні змінні) розглядаються як лінгвістичні змінні з якісними термами. Лінгвістичною змінною називають змінну, значенням якої є слова або вислови природної мови, тобто якісні терми. Прикладами лінгвістичних змінних та їх термів, наприклад, у фінансовій сфері або в промисловості є:

- розрахунок позичальника з попередніми кредитами (не розрахувався; частково розрахувався; не повністю з кредитом й не повністю з відсотками по ньому; не повністю з кредитом, але повністю з відсотками по ньому; повністю в обох випадках);

- визначення функціональної повноти виробленого пристрою (кількість функцій не є задовільною; частково задовільна; задовільна, але тільки за деяких умов; повністю задовільна).

Використання поняття функції належності, кожний з лінгвістичних термів можливо формалізувати у вигляді нечіткої множини.

У відповідності з другим принципом, причинно-наслідкові зв'язки між критеріями оцінювання (причинами) та остаточним рішенням (наслідком) необхідно описувати природною мовою, потім формалізувати у вигляді сукупності нечітких логічних висловлювань типу "якщо – то, інакше". Сукупність висловлювань "якщо – то, інакше" розглядається як набір точок у просторі "оцінювальні критерії об'єкту". По цих точках з використанням нечіткого логічного виводу складається поверхня, що дає змогу визначити відповідне остаточне рішення (вихідна змінна) за таких значеннях параметрів (вхідних змінних), для яких інформація у базі знань є відсутньою, що в свою чергу призводить до такої концептуально важливої тези: "Формалізація системи прийняття рішень на базі нечіткої логіки для загального випадку – це процес прийняття рішень в системі з одним вихідним параметром (відповідним рішенням із загальної множини рішень) з п вхідними критеріями (причинами), тобто формалізація причинно – наслідкових зв'язків між критеріями та відповідним остаточним рішенням. Інакше кажучи, потрібно описати ці зв'язки природною мовою з використанням теорії нечітких множин та нечітких змінних".

Для оцінювання лінгвістичних змінних використовують єдину шкалу якісних термів: Н – низький, С – середній та В – високий рівень ризику. Для побудови функцій належності трьох нечітких термів (Н, С, В) відображають діапазони  $[x_i, x_i]$  зміни параметрів  $x_i$  на єдину універсальну множину  $X = \{a, b\}$ . Задають три нечітких множини, функції належності яких зображено на рис. 1.

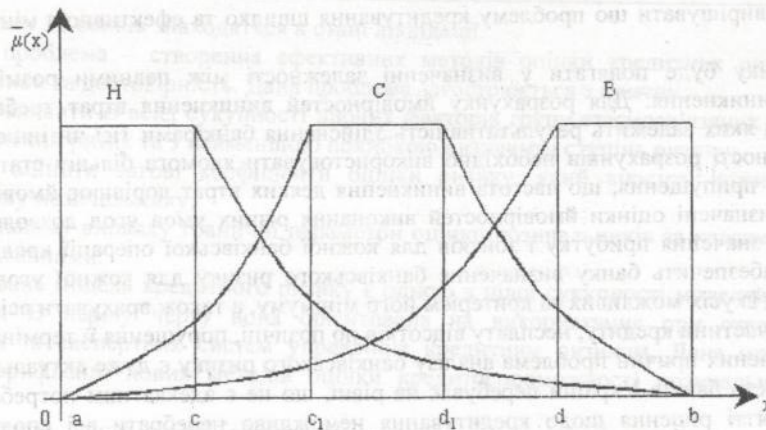


Рис. 1. Функція належності трьох нечітких термів

Тут використано такі  $\alpha$  – рівні: 0; 1. Нормовані граничні значення параметрів –  $c$  та  $d$ . Відхилення від нормованих значень при використанні експертних даних –  $c_1$  та  $d_1$ . Для отримання аналітичних виразів даних функцій використовують рівняння прямої з координатами  $(x_1, \mu_1)$  та  $(x_2, \mu_2)$ :

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

звідки:

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

Враховуючи вище наведені формули,  $\mu(x) = |\mu^j(x)|^k, x \in X = [a, b], j = H, C, B;$  для  $k = 1,5$ , при чому графік функції буде стискатися, що наближує її до реальних даних.

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

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

$$\mu^C(x) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{c_1-a}\right)^{1,5}, & x \in [a, c_1] \\ 1, & x \in (c_1, d_1) \end{cases}$$

$$\left(\frac{b-x}{b-d_1}\right)^{1,5}, & x \in [d_1, b]$$

Значення  $a, b, c_1, d_1, c, d$  визначають за допомогою матриць знань та діапазону змінювання параметрів.

Таким чином, переваги методики прийняття рішень щодо кредитування на основі нечітких множин полягають в тому, що на відміну від нормативних методик (вище зазначених) визначення кредитоспроможності, вона дозволяє врахувати як кількісні, так і якісні оцінювальні параметри. Це дає можливість здійснити аналіз впливу різнобічних факторів, зокрема, зовнішньоекономічного середовища, мікроекономічних показників та ін. Є можливість оцінити рівень ризику позичальника. Крім того, даний метод дозволяє приймати раціональне кредитове рішення при неповній вхідній інформації на базі лінгвістичної інформації, що дає можливість автоматизувати процес прийняття рішень щодо кредитування шляхом математичного моделювання.

#### Розробка структурної схеми системи прийняття рішень для аналізу банківського ризику

Для визначення остаточного кредитного рішення враховують комбінацію параметрів, які оцінюють кредитне котирування позичальника –  $Z$ , власні фінансові можливості та резерви позичальника –  $x_{c+1}, \dots, x_n$ . Тобто необхідно визначити залежність:

$$D_s = f_d(Z, x_{c+1}, \dots, x_n), \quad (1)$$

що дає можливість на базі сукупності простих ( $x_{c+1}, \dots, x_n$ ) та складного ( $Z$ ) параметрів здійснити сортування позичальників  $\{O_m\}$  за критеріями  $d_j$ .

У свою чергу, вхідними даними для обчислення складного параметру  $Z$  є складний параметр, що одіноє імідж ( $Y$ ) позичальника, й множина простих параметрів ( $x_{k+1}, \dots, x_n$ ), що враховує ризик позичальника, тобто:

$$Z = f_z(Y, x_{k+1}, \dots, x_c), \text{ де } (k+1) \in N, c \in N. \quad (2)$$

Згідно з декомпозиційним принципом складний параметр  $Y$  є узагальненою оцінкою відповідних кількісних та якісних параметрів:

$$Y = f_y(x_1, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_k). \quad (3)$$

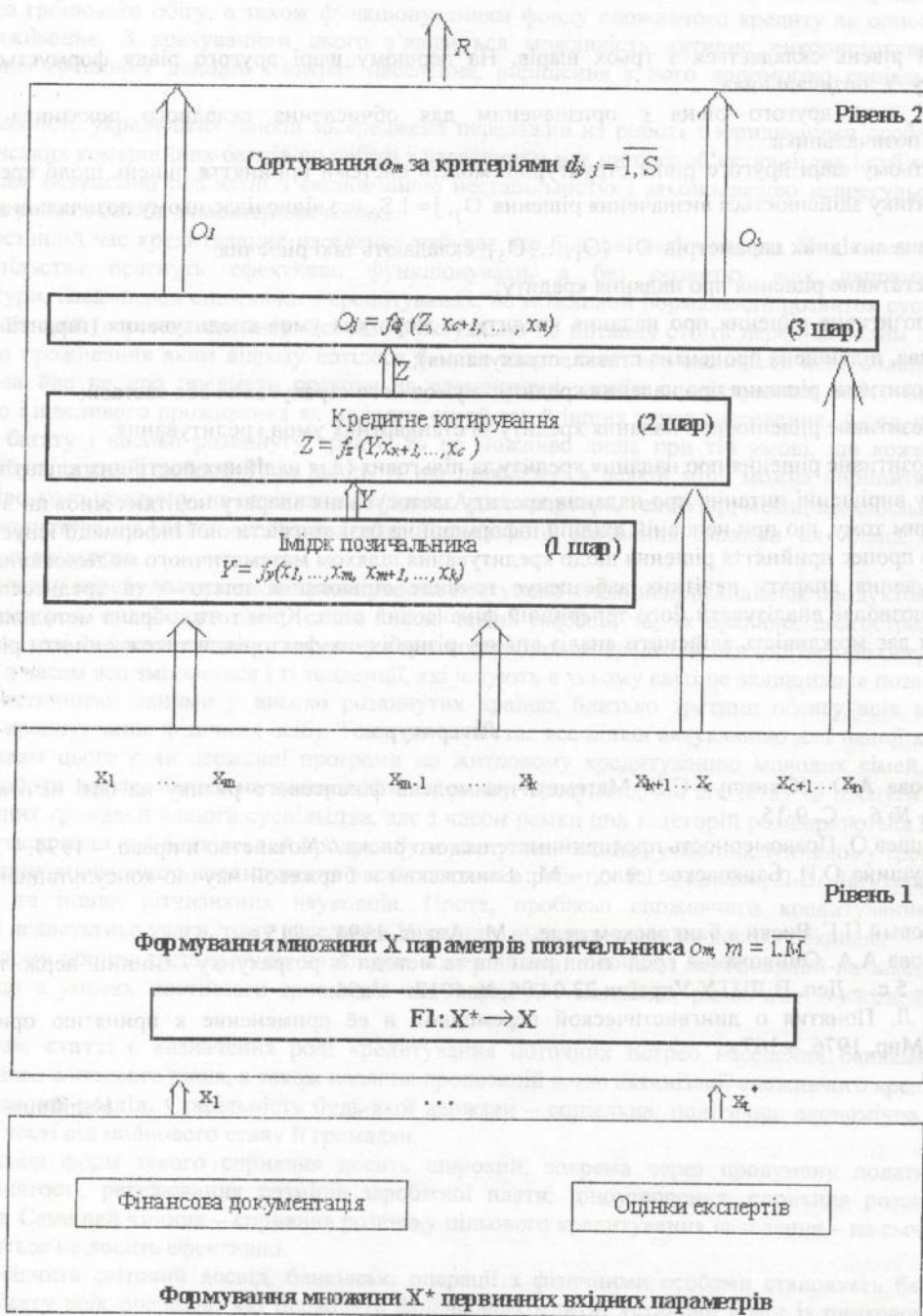


Рис. 2. Структурна модель системи прийняття рішень щодо кредитування з урахуванням ризику

Виходячи із складних оцінювальних функцій (1-3), нам необхідно сформувати множину  $X$  оцінювальних параметрів позичальника  $O_m, m = 1, M$ . Ця множина формується за допомогою кількісних

параметрів ( $x_1 \dots x_m, m \in N$ ) позичальника і якісних ( $x_{m+1} \dots x_k, k_{m-1} \in N, k \in N$ ), які визначають його репутацію. Для визначення зазначеної множини  $X$  розглядається отримана від позичальника документація, зокрема, бізнес-план підприємства, що бажає отримати кредит, його план маркетингу, виробництва та керування. Виходячи з бізнес-плану клієнта, з'ясовуються: вид вироблюваної продукції чи послуг, які пропонуються; обсяг виробництва; здійснюються відповідні прогнози щодо його збільшення; річний прибуток, рентабельність, його ліквідність, платоспроможність, кадровий склад підприємства, кваліфікованість підприємства та службовців, а також їхні критерії його оцінювання.

Виходячи з цього, джерелами інформації є фінансова документація та оцінки експертів з ризиків питань. З урахуванням зазначеного пропонується така структурна модель системи прийняття рішень щодо кредитування з урахуванням ризику, що зображена на рис. 2:

Дана модель складається з двох рівнів та відповідних джерел інформації.

На першому рівні здійснюється формування множини  $X$  оцінювальних параметрів позичальника  $o_m, m = 1, M$ .

Другий рівень складається з трьох шарів. На першому шарі другого рівня формується складний показник іміджу  $Y$  позичальника.

Другий шар другого рівня є призначеним для обчислення складного показника кредитного котирування  $Z$  позичальника.

На третьому шарі другого рівня структурної моделі системи прийняття рішень щодо кредитування з урахуванням ризику здійснюється визначення рішення  $O_j, j = \overline{1, S}$ , що відповідає цьому позичальникові.

Множина вихідних параметрів  $O = \{O_1, \dots, O_S\}$  складають такі рішення:

- $O_1$  – негативне рішення про надання кредиту;
- $O_2$  – позитивне рішення про надання кредиту за жорстких умов кредитування (гарантії третіх осіб, збільшена застава, підвищена процентна ставка, страхування);
- $O_3$  – позитивне рішення про надання кредиту за умов його страхування або застави;
- $O_4$  – позитивне рішення про надання кредиту за стандартних умов кредитування;
- $O_5$  – позитивне рішення про надання кредиту за пільгових (для надійних постійних клієнтів банку).

Отже, у вирішенні питання про надання кредиту застосування апарату нечітких множин з банківській справі є доречним тому, що при неповній вхідній інформації на базі лінгвістичної інформації існує можливість автоматизувати процес прийняття рішення щодо кредитування шляхом математичного моделювання.

Застосування апарату нечітких забезпечує точніше оцінювання плато – та кредитоспроможності позичальника, дозволяє аналізувати його теперішній фінансовий стан. Крім того, обрана методика вирішення даної проблеми дає можливість здійснити аналіз впливу різнобічних факторів, а також оцінити рівень ризику позичальника.

#### Література

1. Азарова А.О., Юхимчук С.В. Математична модель фінансового ризику на базі нечіткої логіки // УсиМ. – 1998. – № 6. – С. 9-15.
2. Кабышев О. Правомерность предпринимательского риска // Хозяйство и право. – 1994. – № 3.
3. Лаврушина О.И. Банковское дело. – М.: Банковский и биржевой научно-консультационный центр, 1992. – 428 с.
4. Грабовый П.Г. Риски в банковском деле. – М.: Аланс, 1994. – 215 с.
5. Азарова А.А. Оцінювання кредитних ризиків та методи їх розрахунку / Вінниц. держ. техн. ун-т. – Вінниця, 1996. – 5 с. – Деп. В ДНТУ України 22.04.96, № 1017 – Ук96.
6. Заде Л. Понятия о лингвистической переменной и её применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.

Надійшла 15.1.2006 р.