

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 336.77+658.012

**Р. В. Іванов**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

### КЛАСИФІКАЦІЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ПОЗИЧАЛЬНИКІВ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ

**Проаналізовано методи оцінки кредитоспроможності фізичних осіб, що найчастіше використовуються в банківському секторі економіки України. Запропонована методика, що ґрунтується на статистичних методах технічної діагностики, проілюстрована можливість її використання.**

*Ключові слова:* кредитоспроможність, кредит, позичальник, фізична особа, банки.

**Проанализированы методы оценки кредитоспособности физических лиц, которые чаще всего используются в банковском секторе экономики Украины. Предложена методика, которая основывается на статистических методах технической диагностики и проиллюстрирована возможность ее использования.**

*Ключевые слова:* кредитоспособность, кредит, заёмщик, физическое лицо, банки.

**The methods of estimation of solvency are analysed. Offered method which is based on the statistical methods of technical diagnostics and the illustrated possibility of its use.**

*Key words:* creditworthiness, credit, loaner, sole proprietor, banks.

**Актуальність проблеми.** Сучасний етап розвитку банківської системи характеризується зростаючою конкуренцією на ринку роздрібного банківського кредитування, зокрема кредитування фізичних осіб [1].

Привабливість кредитування фізичних осіб для банків обумовлена використанням високих відсотків, які дозволяють банкам отримувати високу відсоткову маржу за досить короткий час [2]. Основний спосіб боротьби за клієнта – цінова конкуренція, в той час, як інноваційне лідерство, яке забезпечує не такий швидкий, але стабільний результат, до сих пір не отримало достатнього рівня розвитку [3; 4].

Аналіз структури активів банківської системи України свідчить про те, що більш ніж третина з них припадає на кредитний портфель. Кредитні операції банку є провідними серед інших як за прибутковістю, так і за масштабністю розміщення коштів. Для фізичних осіб це, перш за все: видача споживчих кредитів, автокредитування, іпотечне кредитування, освітнє кредитування, кредитування за допомогою пластикових карток [5; 6].

Разом з цим, зазначена операція є досить ризикованою, а збільшення частки таких кредитів у портфелі збільшує кредитний ризик банку [7].

Однією з базових проблем кредитування фізичних осіб є достовірна класифікація потенційних позичальників на «хороших» та «поганих». Тобто основним засобом попередження можливих втрат є правильна оцінка спроможності клієн-

тів виконати фінансові зобов'язання [8]. З точки зору здатності юридичних і фізичних осіб своєчасно та повністю виконати свої платіжні зобов'язання, зазначена властивість визначається як платоспроможність [9]. Але, з огляду на зміст представленої роботи, далі буде досліджуватися кредитоспроможність позичальника, яка є якісною оцінкою, що дається банком до розгляду питання про можливість і умови кредитування та дозволяє передбачити ймовірність своєчасного повернення позичок та їх ефективного використання [9; 10].

Проблема значно загострилася в умовах глобальної фінансової кризи, яка, як відомо, в значній мірі була зумовлена саме розбалансуванням в галузі кредитування. Зміни, що відбуваються в економіці України, потребують істотних змін у взаємовідносинах між комерційними банками та їхніми клієнтами. Змін і вдосконалення вимагають також процедури оцінки кредитоспроможності, зокрема, фізичних осіб [11–13].

Таким чином, аналіз існуючих та розробка нових методів оцінки кредитоспроможності фізичних осіб є актуальною науково-практичною задачею, розв'язування якої відкриває нові шляхи вдосконалення фінансової системи країни.

**Аналіз останніх наукових досліджень.** На даний час для розв'язування задачі оцінки кредитоспроможності фізичних осіб найчастіше використовується кредитний скоринг, суть якого полягає в тому, що кожен з параметрів рівня кредитоспроможності має реальну оцінку, яка відображається певною кількістю балів [12; 13] (табл. 1). Підсумкова сума балів – це оцінка кредитоспроможності [13]. Для прийняття позитивного рішення необхідно, щоб сума балів була більшою, ніж певний рівень, який визначається адміністрацією банківської установи.

При цьому, інформація про бали в скорингових картах та правила, за якими приймається рішення про видачу кредиту є конфіденційною і не міститься у відкритих джерелах.

*Таблиця 1*

#### **Фактори, що впливають на кредитоспроможність фізичної особи**

Категорія	Деякі чинники категорії
Базова персональна інформація	Стать, вік, освіта та ін.
Інформація про сімейний стан	Стан в шлюбі, кількість дітей та ін.
Реєстраційна інформація	Прописка, термін проживання за даною адресою та ін.
Інформація про зайнятість	Спеціальність, сфера діяльності підприємства та ін.
Інформація про фінансовий стан	Зарплата, інші нарахування і утримання
Інформація про забезпеченість	Майно, цінні папери та ін.
Інформація про кредитну історію	Кількість минулих кредитів, поточні зобов'язання та ін.

Більш сучасним, прогресивним та об'єктивним вважається спосіб отримання і формалізації знань (Data Mining). Він базується на накопичених статистичних даних, на основі яких будується, наприклад, «дерево рішень». Вхідними параметрами є чинники, що впливають на кредитоспроможність згідно висунутій гіпотезі. Виходом «дерева» буде рішення про видачу кредиту або відмову [14].

Задачі подібного роду розв'язуються на базі платформи Deductor. Механізми Deductor дозволяють як створити консолідоване сховище інформації про позичальників, забезпечуючи до того ж і несуперечність інформації, що зберігається, так і формалізувати знання експертів, створивши моделі класифікації позичальників з достовірністю більше 90 %.

Каменем спотикання зазначеної методики є якість початкових даних, від чого безпосередньо залежить якість побудованої моделі. Щоб забезпечити її, необхідно дотримуватися такого алгоритму [14]:

1. Висунення гіпотези – припущення про вплив тих або інших чинників на досліджувану задачу. Цю задачу вирішують експерти, покладаючись на свій досвід і знання. Результатом етапу є перелік зазначених чинників.

2. Збір і систематизація даних – надання даних у формалізованому вигляді, підготовка даних у певному вигляді (наприклад, дотримання впорядкованості за часом).

3. Підбір моделі і тестування – комбінування різних механізмів аналізу, оцінка експертами адекватності одержаної моделі. Повернення на попередні кроки при неможливості отримання прийнятних результатів (наприклад, перевірка чергової гіпотези).

4. Використовування прийнятної моделі і її вдосконалення.

У більшості методик, які використовуються на практиці, основними чинниками, що впливають на рішення про видачу кредиту є саме ті, що наведені в табл. 1, а більшість банків вже володіє статистичними даними по кредитуванню фізичних осіб (для побудови достовірної моделі достатньо інформації за 3–4 роки).

Тому, розробка методик оцінки кредитоспроможності фізичних осіб полягає здебільшого в побудові коректної математичної моделі та її вдосконалення.

**Мета роботи.** Враховуючи високу актуальність проблеми класифікації потенційних позичальників при кредитуванні фізичних осіб та в умовах наявності у банків достатньої статистичної бази даних по кредитуванню фізичних осіб, метою даної роботи є розробка рекомендацій щодо ефективного використання статистичних методів діагностики для розв’язання задачі класифікації, що розглядається в роботі.

**Основні результати дослідження.** У загальному випадку, задачу діагностики можна сформулювати так: існує деяка система, яка може знаходитися у відомій множині станів. Відомою є сукупність параметрів (ознак), що характеризують кожен із станів. Необхідно розробити правило, на основі якого запропонований для класифікації об’єкт може бути віднесений до одного із станів [15; 16].

З точки зору класифікації потенційних позичальників, під сукупністю ознак слід розуміти множину тих факторів, що впливають на оцінку кредитоспроможності, яка розглядається як стан системи. Деякі із зазначених ознак наводилися вище в табл. 1.

У задачах діагностики стани системи часто описуються за допомогою комплексу ознак, представленого у формалізованому вигляді

$$K = (k_1, \dots, k_j, \dots, k_v), \quad (1)$$

де кожна з ознак  $k_j$  має  $m_j$  розрядів ( $k_{j1}, \dots, k_{jm_j}, \dots$ ). У результаті обстеження стає відомою реалізація окремої ознаки

$$k_j^* = k_{js} \quad (j = \overline{1, v}) \quad (2)$$

та усього комплексу ознак  $K^*$ . Індекс \* означає конкретне значення (реалізацію) ознаки.

Існують два основних підходи до задачі розпізнавання: імовірнісний та детерміністський [16]. Постановка задачі при імовірнісних (статистичних) методах є такою: існує система, яка знаходиться в одному з  $n$  станів  $D_i$ . Відома сукупність ознак, кожна з яких з певною імовірністю характеризує стан системи. Необхідно побудувати правило, за допомогою якого запропонована сукупність реалізації ознак була б віднесена до одного з можливих станів. Бажано також оцінити вірогідність прийнятого рішення та ступінь ризику помилкового рішення.

Основною перевагою статистичних методів розпізнавання є можливість урахування ознак різної природи, бо вони характеризуються безрозмірними величинами – ймовірностями їх появ. Саме тому вони широко використовуються для розв’язування задач класифікації в різноманітних галузях: техніці, медицині та ін. [15–17].

При диференціальній діагностиці (розпізнавання двох станів) для розв’язання задач класифікації часто застосовується метод послідовного аналізу (метод Валь-

да) [16]. Його зручність обумовлена можливістю скорочення кількості досліджень для отримання рішення із заданим ступенем ризику. При цьому комплекс ознак (1) потребує ранжування, що дещо ускладнює задачу.

Указані недоліки відсутні в методі Байєса, який ґрунтується на узагальненій формулі Байєса [16]. Він дозволяє одночасно враховувати дискретні та неперервні ознаки, що забезпечується використанням ймовірностей появ ознак при різних станах.

Якщо існує стан (діагноз)  $D_i$  та проста ознака  $k_j$ , яка зустрічається при цьому діагнозі, то ймовірність сумісної появи події (наявності у об'єкта діагнозу  $D_i$  та ознаки  $k_j$ ) дорівнює

$$P(D_i k_j) = P(D_i)P(k_j / D_i) = P(k_j)P(D_i / k_j). \quad (3)$$

З цієї рівності випливає формула Байєса

$$P(D_i / k_j) = P(D_i) \frac{P(k_j / D_i)}{P(k_j)}. \quad (4)$$

Компоненти, які входять до формули (4), мають такий зміст:  $P(D_i)$  – ймовірність діагнозу  $D_i$ , яка визначається за статистичними даними (апостеріорна ймовірність діагнозу). Так, якщо раніше було обстежено  $N$  об'єктів і у  $N_i$  об'єктів було виявлено діагноз  $D_i$ , то

$$P(D_i) = \frac{N_i}{N}. \quad (5)$$

$P(k_j / D_i)$  – ймовірність появи ознаки  $k_j$  у об'єктів із станом  $D_i$ . Якщо серед  $N_i$  об'єктів, які мають діагноз  $D_i$ , у  $N_{ij}$  виявлено ознаку  $k_j$ , то

$$P(k_j / D_i) = \frac{N_{ij}}{N_i}. \quad (6)$$

$P(k_j)$  – ймовірність появи ознаки у всіх об'єктів незалежно від стану (діагнозу) об'єкта. Нехай з загального числа об'єктів ознака  $k_j$  була виявлена у  $N_j$  об'єктів, тоді

$$P(k_j) = \frac{N_j}{N}. \quad (7)$$

У рівності (4)  $P(D_i / k_j)$  – ймовірність діагнозу  $D_i$  після того, як стала відомою наявність у об'єкта, що розглядається ознаки  $k_j$  (апостеріорна ймовірність діагнозу).

Якщо дослідження проводиться за комплексом ознак (1), а в результаті обстеження стає відомою реалізація ознаки (2) та усього комплексу ознак  $K^*$ , то формула Байєса набуває вигляду

$$P(D_i / K^*) = P(D_i) \frac{P(K^* / D_i)}{P(K^*)} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (8)$$

де  $P(D_i / K^*)$  – ймовірність діагнозу  $D_i$  після того, як стали відомими результати досліджень за комплексом ознак  $K^*$ ,  $P(D_i)$  – попередня ймовірність діагнозу  $D_i$  (за попередніми статистичними даними).

Формула (8) відноситься до будь-якого з  $n$  можливих станів (діагнозів). Припускається, що система знаходиться лише в одному з указаних станів, тому

$$\sum_{s=1}^n P(D_s) = 1. \quad (9)$$

Якщо комплекс ознак складається з  $v$  діагностично незалежних ознак, то для визначення  $P(K^* / D_i)$  використовується формула

$$P(K^* / D_i) = P(k_1^* / D_i)P(k_2^* / D_i)\dots P(k_v^* / D_i). \quad (10)$$

У більшості практичних задач, особливо при великій кількості ознак, можна приймати умову незалежності ознак навіть при наявності суттєвих кореляційних зв'язків між ними.

Ймовірність появи комплексу ознак  $K^*$

$$P(K^*) = \sum_{s=1}^n P(D_s)P(K^* / D_s). \quad (11)$$

Узагальнена формула Байєса в цьому випадку може бути записана у вигляді [16]

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i)P(K^* / D_i)}{\sum_{s=1}^n P(D_s)P(K^* / D_s)} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (12)$$

де  $P(K^* / D_i)$  визначається формулою (10). При цьому

$$\sum_{i=1}^n P(D_i / K^*) = 1. \quad (13)$$

Для розв'язування задачі класифікації потенційних позичальників у якості факторів, що впливають на кредитоспроможність фізичної особи, автором даної роботи пропонується обирати ті, що містяться в табл. 1. При цьому, запропоновано класифікувати позичальників із використанням локальних кредитних історій, тобто з урахуванням підсумків кредитних відносин між банком та позичальниками. Це є можливим у випадках короткотермінових кредитів, які й є переважними для фізичних осіб.

Для цього рекомендовано систематизувати дані, розбиваючи їх на групи, згідно з можливими станами (діагнозами) (табл. 2).

Таблиця 2

#### Перелік варіантів оцінки кредитоспроможності фізичних осіб

Номер діагнозу	Опис діагнозу
Д1	Кредит буде видано і повернено в строк
Д2	Кредит буде видано і повернено після певних ускладнень (затримка, судовий позов)
Д3	Кредит буде видано і не повернено
Д4	Відмова в кредиті

З огляду на табл. 1 визначається комплекс  $K$ , в якому кожна з ознак має  $m_j$  розрядів. Наприклад:

Таблиця 3

#### Комплекс ознак для оцінки кредитоспроможності фізичних осіб за методом Байєса

Номер ознаки	Назви ознаки	Розряди ознак
K1	Вік	18–27
		28–40
		40–55
		Більше 55
K2	Стать	Чоловіча
		Жіноча
K3	Освіта	Середня
		Спеціальна
		Вища
K4	Наявність у власності квартири	До 50 кв.м.
		До 90 кв.м.
		Вище 90 кв.м.
		Відсутня

Номер ознаки	Назви ознаки	Розряди ознак
К5	Наявність автівки	Іномарка до 5 рок.
		Іномарка старше 5 рок.
		Вітчизняна до 3 років
		Вітчизняна старше 3 р.
		Відсутня
К6	Заміська власність	Будинок
		Ділянка
		Відсутні
К7	Наявність постійної роботи	Більше 5 років
		Від 1 до 5 років
		До 1 року
		Відсутня
і т. д.		

Згідно з табл. 2 і табл. 3 формується база статистичної інформації, на основі якої, за формулами (5),(6),(7), обчислюються основні кількісні характеристики, що використовуються в методі Байеса [16]. У результаті його використання для класифікації потенціального позичальника, який характеризується певним комплексом ознак, отримуються числові значення ймовірностей конкретних станів (див. табл. 2). Особі, яка приймає рішення про видачу кредиту, пропонується використовувати для остаточного аналізу правило максимуму: найбільшому значенню ймовірності відповідає стан, який рекомендовано прийняти для класифікації позичальника. Зазначене правило може бути уточнене введенням порогового значення для ймовірності діагнозу:

$$P(D_i / K^*) \geq P_i, \quad (13)$$

де  $P_i$  – заздалегідь обраний рівень розпізнавання для діагнозу  $D_i$ . При цьому ймовірність найближчого конкуруючого діагнозу не повинна перевищувати  $(1-P_i)$ . При умові  $P(D_i / K^*) < P_i$  рішення про діагноз не приймається і необхідна додаткова інформація про об'єкт.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Якщо серед чинників, що впливають на кредитоспроможність фізичних осіб обрані такі, що наведені в табл. 1 і банківська установа володіє достатньою статистичною інформацією для побудови достовірної моделі, то для класифікації потенційних позичальників доцільно використовувати статистичні методи діагностики. Для диференціальної діагностики можна застосовувати метод послідовного аналізу (метод Вальда), до недоліків якого слід віднести необхідність ранжування ознак за важливістю (інформативністю).

Вказані недоліки відсутні в методі Байеса, який характеризується високим рівнем ефективності при наявності достатньої статистичної інформації і нескладністю аналітичних розрахунків. При цьому, методу Байеса притаманні деякі недоліки, зокрема помилки при розпізнаванні станів, що рідко зустрічаються.

Тому особливості використання статистичних методів діагностики, зокрема методів Байеса і Вальда, потребують подальших досліджень.

До того ж актуальною залишається проблема отримання достовірної інформації про потенційного позичальника та засоби її перевірки.

#### Бібліографічні посилання

1. Ворошилова И. В. К вопросу о совершенствовании механизма оценки кредитоспособности индивидуальных заемщиков [Електронний ресурс] / И. В. Ворошилова, И. В. Сурина // Режим доступа: [ej.kubagro.ru/2005/08/03/p03.asp](http://ej.kubagro.ru/2005/08/03/p03.asp)

2. Кочетков В. М. Основи аналізу діяльності банку / В. М. Кочетков. – К. : КНЕУ, 2003. – 116 с.
3. Шевченко И. В. Совершенствование качества обслуживания клиентов кредитными организациями путем внедрения новейших банковских технологий / И. В. Шевченко, О. А. Левицкая // Финансы и кредит. – 2004. – № 22(160). – С. 3–7.
4. Зверев О. А. Конкуренция на рынке банковских услуг и задачи банковского менеджмента / О. А. Зверев // Финансы и кредит. – 2004. – № 18(156). – С. 3.
5. Бондар О. Державне житлове кредитування населення в Україні: стан та шляхи вдосконалення / О. Бондар // Економіст. – 2001. – № 11. – С. 48–51.
6. Туник Г. М. Регулювання кредитної діяльності банку / Г. М. Туник // Фінанси України. – 2002. – № 4. – С. 119–125.
7. Парасій-Вергуненко І. Л. Аналіз банківської діяльності / І. Л. Парасій-Вергуненко. – К. : КНЕУ, 2003. – 276 с.
8. Єпіфанов А. С. Проблеми кредитування та оцінки кредитоспроможності клієнтів банку / А. С. Єпіфанов, В. П. Міщенко // Банківська справа. – 1997. – № 5. – С. 12–14.
9. Вовчак О. Д. Кредит і банківська справа : підручник / О. Д. Вовчак, Н. М. Руцишин, Т. Я. Андрейків. – К. : Знання, 2008. – 564 с.
10. Селіванов А. І. Банківське право України / А. І. Селіванов. – К. : Вид. Дім «Ін Юрс», 2000. – 384 с.
11. Потійко Д. А. Аналіз кредитоспроможності в умовах ринкових відносин / Д. А. Потійко // Фінанси України. – 2001. – № 1. – С. 118–123.
12. Садеков А. А. Кредитний скоринг – методика оптимізації та управління кредитними ризиками / А. А. Садеков, Н. О. Лісова // Фінанси України. – 2001. – № 8. – С. 116–122.
13. Шульга Н. П. Оцінка кредитоспроможності клієнта: Рекомендації банкіру при видачі кредиту / Н. П. Шульга. – К. : КІБ«Україна», 1995. – 273 с.
14. Системи підтримки прийняття рішень / О. І. Пушкар, В. М. Гіковатий, О. С. Євсев, Л. В. Потрашкова. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2006. – 304 с.
15. Голинкевич Т. А. Прикладная теория надежности / Т. А. Голинкевич. – М. : Высш. шк., 1985. – 168 с.
16. Биргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Бюргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.
17. Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов / Е. В. Гублер. – Л. : Медицина, 1978. – 294 с.

*Надійшла до редколегії 12.10.2009.*

УДК 519.23+330.115

**В. В. Огліх, Є. В. Мотурнак, Г. П. Хіль**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛЯ НА ВАЛЮТНОМУ РИНКУ**

**Досліджено проблему вибору ефективних методів дослідження внутрішнього валютного ринку України та оцінку валютних ризиків підприємств, що формують портфель валют для беззбиткового зберігання вільних коштів.**

*Ключові слова:* курси валют, хаос, валютний портфель, теорія ігор.

**Исследована проблема выбора эффективных методов исследования внутреннего валютного рынка Украины и оценка валютных рисков предприятий, формирующих портфель валют для безубыточного хранения свободных средств.**

*Ключевые слова:* курсы валют, хаос, валютный портфель, теория игр.