

Порівняння КІН K_I , що даються формулами (23) і (24), показує, що вони не збігаються. Це пояснюється тим, що у формулі (23) не враховано впливу на K_I нормальних торцевих напружень $\tilde{\sigma}_{nn}$, що діють на контурі включення, які виражаються другим доданком у правій частині рівності (18).

Література

1. Стадник М.М. Метод розв'язування тривимірних термопружних задач для тіл з тонкими включеннями // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 1994. – № 6. – С. 30-40.
2. Kassir M.K., Sih G.C. Some three-dimensional inclusion problems in elasticity // Int. J. Solids Struct. – 1968. – V.4. – p.225-241.
3. Силованюк В.П. Жесткое пластинчатое включение в упругом пространстве // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 1984. – № 5. – С. 80-84.
4. Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций. – М. : Изд-во иностр. лит., 1983. – 296 с.
5. Панасюк В.В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1968. – 270 с.

УДК 330.4

Доц. Р.В. Юринець, канд. фіз.-мат. наук – ЛРІДУ НАДУ¹

ЕКОНОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНОГО ПОЗИЧАЛЬНИКА ВІДПОВІДНО ДО ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ

Створено економіко-математичну модель оцінювання кредитного позичальника з врахуванням експертної оцінки. Застосовуючи логіт-модель, для оцінювання платоспроможності клієнта, встановлено залежність між чинниками ризику й імовірнісною величиною кредитного ризику.

Assoc. prof. R.V. Yurynets – LRIPA NAPA²

Ekonometric model of evaluation of credit borrower accordingly to expert estimation

The economic mathematical model of evaluation of credit borrower is created taking into account an expert estimation. Applying a logit-model, for the evaluation of solvency of client dependence is set between the factors of risk and probabilistic size of credit risk.

Вступ. Підвищення прибутковості кредитного портфеля банку безпосередньо залежить від умілого управління кредитними ризиками. Споживче кредитування інтенсивно розвивалося, починаючи з кінця ХХ ст., і тепер є одним з секторів будь-якого бізнесу. Кількість фінансових установ, що надають товари і послуги в кредит, росте щодня. Ризик, властивий подібній діяльності, насамперед, залежить від того, наскільки добре оцінено платоспроможність клієнта. Однією з найпопулярніших методик для вирішення цієї проблеми є кредитний скоринг (рейтинг). І саме кредитний скоринг дає змогу понизити ризики без втрати прибутковості, запропонувавши відповідь на ключові запитання: наскільки проблематичною буде робота банку з конкретним позичальником, яке значення кредитного ліміту встановити, і поверне клієнт кредит чи ні.

¹ Львівський регіональний інститут державного управління Національної академії державного управління при Президентові України

² Lviv regional institute of state administration of the National academy of state administration is at President of Ukraine

Кредитний скоринг містить моделі прийняття рішень і основні методи, які забезпечують підтримку кредиторам під час вибору рішення зі споживчого кредиту. Використання цих методів дає змогу визначити, хто отримає кредит, у якому обсязі, які оперативні стратегії допоможуть підвищити рентабельність позичальників, а також допомагає оцінити ризик. Кредитний скоринг ґрунтується на реальних даних, що дає змогу віднести його до надійних оцінок персональної кредитоспроможності.

Залежно від завдань, які має вирішувати скоринг, він буває кількох видів: Application scoring (скоринг заявника) – оцінка кредитоспроможності клієнтів на отримання кредиту (скоринг за анкетними даними використовують передусім); Behavioral scoring (поведінковий скоринг) – оцінка вірогідності повернення виданих кредитів (поведінковий аналіз); Collection scoring (скоринг для роботи з простроченою заборгованістю) – оцінка змоги повного або часткового повернення кредиту в разі порушення термінів погашення заборгованості (розрахунок ризиків за вмістом портфеля); Fraud scoring (скоринг проти шахраїв) – оцінка ймовірності того, що новий клієнт не є шахраєм; Response scoring (скоринг відгуку) – оцінка реакції споживача (відгук) на спрямування йому пропозиції; Attrition scoring (скоринг утрат) – оцінка ймовірності використання продукту надалі або перехід до іншого постачальника продукту. Враховуючи незрілість ринку споживчого кредитування в Україні, зараз найпоширенішим скорингом є скоринг заявника.

У випадку реалізації системи скорингу в Україні традиційно використовують два підходи. Перший – класичний (ретроспективний) скоринг на основі аналізу історичних даних із застосуванням сучасних математичних методів, коли такий аналіз дає змогу вибрати значущі поля для анкети позичальника й інші показники. Другий – це експертний скоринг, коли, наприклад, фахівець задає правила оцінювання кредитоспроможності, і програма автоматизує цей алгоритм без застосування яких-небудь статистичних методів аналізу історичних даних. Сьогодні саме другий варіант найчастіше використовують не тільки в середніх і малих банках, але і в багатьох великих. Проте за останні роки помітно активізувався попит і на перший варіант, оскільки з'явилися невеликі, але все-таки значущі обсяги кредитних історій на деяких ринках.

На сьогодні найефективнішим є поєднання кількох методів скорингу – статистичного й експертного. Той факт, що в системі реалізовані інструменти, які дають змогу поєднати статистичний підхід і експертний скоринг, врахувати регіональну специфіку ринку і кредитних продуктів, а також вести мову про їхнє ефективне використання.

Сучасний арсенал методів кредитного скорингу побудовано на використанні інструментів предиктивного аналізу (від англійського слова prediction – прогноз, передбачення), що належать до широкого класу так званих методів поглибленого аналізу даних (data mining).

До інструментів предиктивного аналізу відносять:

- статистичні методи, побудовані на дискримінантному аналізі (лінійна регресія, логістична регресія);

- різні варіанти лінійного програмування;
- дерево класифікації або рекурсійно-партиційний алгоритм;
- нейронні мережі;
- генетичний алгоритм;
- метод найближчих сусідів.

Мета дослідження полягає у створенні та реалізації економіко-математичної моделі оцінювання кредитного позичальника із врахуванням експертної оцінки.

Виклад основного матеріалу. У поданій роботі для оцінювання платоспроможності клієнта, застосовуючи логіт моделі, встановлено залежність між чинниками ризику й імовірнісною величиною кредитного ризику y , що приймає значення від 0 до 1. Для підбору найінформативніших кількісних змінних фінансового ризику може бути використано інструментарій дискримінантного аналізу. У табл. 1 подано фрагмент матриці значень дев'яти показників, відібраних у ході аналізу, де бінарною змінною y описують ситуації: 0 – протермінований або проблемний кредит; 1 – вчасно погашений кредит.

Табл. 1. Фрагмент матриці значень показників для оцінювання платоспроможності клієнта

№ з/п	y	d , грн.	s , грн.	t , місяці	r	ТС, роки	ТП, роки	В, роки	О
9	1	1320	4998	24	20	8	13	37	5
10	0	1241	500000	12	19	5	20	51	3
11	1	2718	15000	24	28	12	15	49	4
12	1	3623	84177	72	16,5	8	16	30	4
13	0	3000	60000	36	28	7	8	47	3
14	0	300	2440	12	20	8	8	25	4
15	1	2109	29365	36	20	4	7	29	3
16	1	1720	4876	24	20	5	10	34	5

Позначення: d – середньомісячний дохід, s – сума кредиту, t – термін кредиту, r – відсоткова ставка, ТС – трудовий стаж на останньому місці праці, ТП – термін проживання клієнта в цьому регіоні, В – вік, О – оцінка експерта професії та соціально-економічного становища клієнта.

Розрахуємо коефіцієнт кредитоспроможності фізичної особи за формулою [3]:

$$x_1 = \frac{d}{s \left(\frac{1}{t} + \frac{r}{12 \cdot 100} \right)} \quad (1)$$

Підготовлені дані, фрагмент яких подано в табл. 2, будемо використовувати для оцінювання невідомих параметрів економетричної логіт-моделі [1]:

$$P(y_i = 1 | x_i) = F(b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_5 x_{i5}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

де: $P(y_i = 1 | x_i)$ – ймовірність того, що i -е значення бінарної змінної дорівнює 1 за умови x_i ; $F(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$ – логістична функція; ε_i – випадкова складова; x_1 – коефіцієнт кредитоспроможності фізичної особи; x_2 – трудовий стаж на ос-

танньому місці праці; x_3 – термін проживання клієнта в даному регіоні; x_4 – вік; x_5 – оцінка експерта професії та соціально-економічного становища клієнта.

Табл. 2. Фрагмент матриці значень показників

y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	4,53	8	13	37	5
0	0,03	5	20	51	3
1	2,79	12	15	49	4
1	1,56	8	16	30	4
0	0,98	7	8	47	3
0	1,23	8	8	25	4
1	1,62	4	7	29	3
1	6,05	5	10	34	5

Безпосередня комп'ютерна підготовка даних, що містить розрахунок показників, відібраних під час дискримінантного аналізу, було виконано в середовищі пакету Excel з подальшим їхнім імпортом у пакет STATISTICA для аналізу в підмодулі "Логістична регресія" модуля "Нелінійна оцінка".

Параметри отриманої логіт-моделі в середовищі STATISTICA мають такий вигляд: Model is: logistic regression (logit). Dependent variable: Var1 Independent variables: 5. Loss function is: maximum likelihood Final value: 191339938. $-2 \cdot \log(\text{Likelihood})$: for this model = 3826799, intercept only = 25,89787. Chi-square = 25,51519, df = 5, p = 0,0001112.

Як видно з параметрів, п'ятичинникова логіт-модель забезпечує високу надійність, що підтверджується розрахунковим значенням хі-квадрат (25,5) і майже нульовою вірогідністю не відкинути нульову гіпотезу. Аналітичний вираз побудованої моделі виглядатиме так:

$$P(y_i = 1 | x_i) = \left(1 + e^{41,48 - 35,07x_{i1} + 0,7x_{i2} - 1,43x_{i3} + 0,05x_{i4} + 3,14x_{i5}} \right)^{-1}. \quad (3)$$

Адекватність побудованої моделі можна визначити за допомогою індексу відношення правдоподібності Макфадена, використовуючи формулу

$$\text{LRI} = 1 - \frac{\ln L(b)}{\ln L(b_0)} = 0,986, \quad (4)$$

де
$$L(y, b) = \prod_{i=1} F(x_i b)^{y_i} (1 - F(x_i b))^{1-y_i}, \quad (5)$$

$\ln L(b)$ – максимальне значення логарифмічної функції правдоподібності, що досягається в точці, координати якої дорівнюють оцінкам параметрів моделі $b = (b_0, b_1, \dots, b_m)$, а $\ln L(b_0)$ – значення логарифмічної функції правдоподібності, обчислене у припущенні, що $b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$. Розраховане значення індексу відношення правдоподібності Макфадена свідчить про адекватність побудованої логіт-моделі.

Оцінимо за допомогою побудованої моделі можливість видачі кредитів новим клієнтам, інформацію про яких подано у табл. 3.

Табл. 3. Значення показників для оцінки платоспроможності нових клієнтів

№ з/п	d, грн	s, грн	t, місяці	r	ТС, роки	ТП, роки	В, роки	О
1	1900	30000	36	17	5	4	25	4
2	1200	12000	24	21	4	3	33	5
3	6000	40000	12	18	6	7	56	4

$$P(y_1 = 1) = \left(1 + e^{41,48 - 35,07 \cdot 1,51 + 0,7 \cdot 5 - 1,43 \cdot 4 + 0,05 \cdot 25 + 3,14 \cdot 4}\right)^{-1} = 0,44,$$

$$P(y_2 = 1) = \left(1 + e^{41,48 - 35,07 \cdot 1,69 + 0,7 \cdot 4 - 1,43 \cdot 3 + 0,05 \cdot 33 + 3,14 \cdot 5}\right)^{-1} = 0,856,$$

$$P(y_3 = 1) = \left(1 + e^{41,48 - 35,07 \cdot 1,53 + 0,7 \cdot 6 - 1,43 \cdot 7 + 0,05 \cdot 56 + 3,14 \cdot 4}\right)^{-1} = 0,9.$$

Виконані розрахунки свідчать про можливість надання кредиту лише другому та третьому клієнтам.

Висновки. Побудована модель кредитного скорингу надає банківському кредитному аналітикові змогу самостійно приймати обґрунтовані рішення з кредитного обслуговування клієнтів й управління кредитним портфелем в умовах гострої конкуренції на ринку роздрібного кредитування.

З часом будь-яка статистична модель стає неточною. Це відбувається з багатьох причин: внаслідок економічних циклів, зміни клієнтської бази банку, структурних зрушень в економіці, інфляції тощо.

На мові ймовірнісної моделі це означає, що вплив характеристик позичальника на ймовірність повернення або неповернення ним кредиту не залишається постійною, а змінюється з часом. І для того, щоб скорингова модель могла продовжувати виконувати свої функції, її потрібно періодично корегувати.

Література

1. Грін В.Г. Економетричний аналіз. – К. : Вид-во "Основи", 2005. – 1196 с.
2. Примостка Л.О. Аналіз банківської діяльності: сучасні концепції, методи та моделі : монографія. – К. : Київ. нац. екон. ун-т, 2002. – 313 с.
3. Прокопенко І.Ф. Основи банківської справи : навч. посіб. / Прокопенко І.Ф., Ганін В.І., Соляр В.В., Маслов С.І. – К. : Центр навч. літ-ри, 2005. – 410 с.

УДК 681.3

Доц. О.М. Березький, канд. техн. наук; доц. К.М. Березька, канд. техн. наук; аспір. Ю.М. Батько; викл. Г.М. Мельник – Тернопільський національний економічний університет

СИНТЕЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТРУКТУРНОМУ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МІКРОСКОПІЇ

Проаналізовано структури апаратної і програмної частин систем автоматизованої мікроскопії. Запропоновано використовувати І-АБО дерево для генерації множини альтернативних рішень для задач структурного синтезу на етапі системного проектування систем морфометричного аналізу гістологічних та цитологічних зображень клітин.