

<https://doi.org/10.36818/2071-4653-2019-4-11>

УДК 336.71

JEL G21, C50

З. В. Юринець

доктор економічних наук, доцент, професор кафедри менеджменту Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів
e-mail: zoryna_yur@ukr.net,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9027-2349>

Р. В. Юринець

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів
e-mail: rostyslav.v.yurynets@lpnu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3231-8059>

Н. Е. Кунанець

доктор наук із соціальних комунікацій, професор кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів
e-mail: nataliia.e.kunanets@lpnu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

І. Р. Мищишин

молодший науковий співробітник відділу регіональної екологічної політики та природокористування ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», м. Львів
e-mail: ivanna.myshchshyn@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0227-5345>

РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ КЛІЄНТА ТА БАНКІВСЬКИХ РИЗИКІВ У ПРОЦЕСІ КРЕДИТУВАННЯ

Запропоновано науково-методичні положення стосовно формування регресійної моделі оцінювання платоспроможності клієнта та банківських ризиків під час надання кредитів позичальникам. Ця модель побудована на підґрунті застосування інструментів логістичної регресії, дискримінантного аналізу із залученням експертної оцінки. Застосування розробленої регресійної моделі оцінювання кредитоспроможності клієнта та банківських ризиків дає змогу поєднати експертний скоринг і статистичний підхід, об'єднати індикатори, що мають якісну та кількісну шкалу вимірювання, а для вибору кількісних змінних фінансового ризику застосовувати інструментарій дискримінантного аналізу. Під час формування регресійної моделі встановлено залежність між факторами ризику та ймовірністю величиною кредитного ризику. Запропонована методика дає можливість оцінити платоспроможність клієнта та попередити настання ризиків на різних етапах кредитування, сприяє можливості самостійного ухвалення обґрунтованих рішень з кредитного обслуговування клієнтів, ефективного управління кредитним портфелем, оптимізації ухвалення управлінських рішень у банках загалом.

Ключові слова: кредитний ризик, регресійна модель, дискримінантний аналіз, банки, кредит, кредитний скоринг, ризик, експертна оцінка.

Yurynets Z., Yurynets R., Kunanets N., Myshchshyn I. REGRESSION MODEL OF ASSESSMENT OF CUSTOMER SOLVENCY AND BANKING RISKS IN THE PROCESS OF LENDING

In the current conditions of economic development, it is important to pay attention to the study of the main types of risks, effective methods of evaluation, monitoring, analysis of banking risks. One of the main approaches to quantitatively assessing the creditworthiness of borrowers is credit scoring. The objective of credit scoring is to optimize management decisions regarding the possibility of providing bank loans. In the article, the scientific and methodological provisions concerning the formation of a regression model for assessing bank risks in the process of granting loans to borrowers has been proposed. The proposed model is based on the use of logistic regression tools, discriminant analysis with the use of expert evaluation. During the formation of a regression model, the relationship between risk factors and probable magnitude of loan risk has been established. In the course of calculations, the coefficient of the individual's solvency has been calculated. Direct computer data preparation, including the calculation of the indicators selected in the process of discriminant analysis, has been carried out in the Excel package environment, followed by their import into the STATISTICA package for analysis in the "Logistic regression" submodule of the "Nonlinear evaluation" module. The adequacy of the constructed model has been determined using the Macfaden's likelihood ratio index. The calculated value of the Macfaden's likelihood ratio index indicates the adequacy

of the constructed model. The ability to issue loans to new clients has been evaluated using a regression model. The conducted calculations show the possibility of granting a loan exclusively to the second and third clients. The offered method allows to conduct assessment of client's solvency and risk prevention at different stages of lending, facilitates the possibility to independently make informed decisions on credit servicing of clients and management of a loan portfolio, optimization of management decisions in banks. In order for a loan-based model to continue to perform its functions, it must be periodically adjusted.

Keywords: credit risk, regression model, discriminant analysis, banks, credit, credit scoring, risk, expert assessment.

Постановка проблеми. У сучасних умовах економічного розвитку важлива увага має приділятися дослідженню головних видів ризиків, ефективних методів оцінювання, моніторингу, аналізування банківських ризиків, формування систем менеджменту [1]. Одним з основних підходів до кількісного оцінювання кредитоспроможності клієнтів (фізичних осіб, позичальників) є кредитний скоринг, який слугує підґрунтям застосування гнучкого інструментарію оцінювання кредитних ризиків і автоматизації процесу ухвалення банківських рішень.

Популярність і необхідність кредитного скорингу сьогодні важко переоцінити. Цей метод аналізу й експертної оцінки кредитоспроможності клієнта банку (позичальника) є важливим завданням фінансових установ, які спрямовані на зниження кредитних ризиків. Ще більш важливим завданням постає спроба автоматизувати процеси кредитного скорингу.

Інформаційні системи на основі кредитного скорингу, які функціонують на підґрунті порівняння інформації кредитної історії наявних позичальників та аналогічної інформації потенційних претендентів на банківську позику, дають змогу визначити інтегральну оцінку кредитоспроможності (бальну оцінку надійності) ймовірних клієнтів.

Метою кредитного скорингу є процес оптимізації ухвалення управлінських рішень щодо можливості надання банківських кредитів, що й обумовлює актуальність нашого дослідження [2].

Удосконалення системи ризик-менеджменту українських банків необхідне через покращення методів аналізування й оцінювання ризику позичальників (фізичних осіб) задля уникнення ризику неповернення кредитів.

Складністю у проведенні кредитного аналізу є врахування та порівняння чималої кількості даних, які характеризують клієнтів, які бажають взяти кредит у банку. Водночас за відсутності достатнього обсягу інформації про позичальника є необхідність застосування моделювання для удосконалення процесу ризик-менеджменту фінансово-кредитних установ.

На практиці застосовують різноманітні інструменти моделювання для оцінювання платоспроможності клієнта та банківських ризиків у процесі кредитування [3]. Популярним є застосування інструментів штучних нейронних мереж, зокрема карт самоорганізації Кохонена, принципів теорії нечітких множин та дерев рішень, кластерного аналізу. Найчастіше фінансово-кредитні інституції використовують дискримінантний або регресійний

аналіз чи лише комбіновані методи експертного (бального) оцінювання процесу надання кредитів.

Аналіз останніх досліджень. Швидкоплинні зміни економіки нашої держави поставили на перший план доцільність оцінювання фінансових ризиків і були усвідомлені видатними ученими та менеджерами різних ієрархічних рівнів управління. Питання моделювання, оцінювання й управління кредитним ризиком вивчали такі українські науковці, як В. Башко, Г. Берегова, В. Горбачук, В. Грін, В. Ганін, Л. Долінський, А. Камінський, Б. Кишакевич, А. Лобанов, С. Маслов, В. Соляр, І. Прокопенко, О. Хаб'юк, А. Чугунов та ін. В їхніх працях комплексно обґрунтовано суть і значення фінансових ризиків, закладено підґрунтя волатильності ринку, принципів дискретності та моделювання ризиків.

Проблеми оцінювання та управління банківськими ризиками, ризик-менеджменту кредитних установ були досліджені такими зарубіжними науковцями, як Е. Альтман, Р. Галлаті, К. Гезекке, К. А. Кавкін, Д. Щукин, М. Помазанов, З. Шилін, Ж. Зумбах. Ці вчені зробили вагомий внесок у методологію та доповнення теорії банківських ризиків і невизначеності, інструментарію оцінювання ризиків кредитних установ.

Незважаючи на суттєвий доробок науковців, результати проведених досліджень не вичерпують коло проблем у напрямі моделювання та оцінювання платоспроможності клієнта та банківських ризиків. Особливою складністю постає процес моделювання, який ґрунтується на поєднанні експертної оцінки кредитоспроможності клієнтів разом із математичними розрахунками на основі кількісних даних про позичальника.

У сучасних нестабільних умовах розвитку економіки важливим завданням постає вдосконалення процесу оцінювання платоспроможності клієнта та банківських ризиків у процесі кредитування. Застосування економіко-математичної моделі оцінювання банківських ризиків дає змогу фінансово-кредитним інституціям економити ресурси та час, ухилитись від небажаних втрат чи дефолту, ухвалювати управлінські рішення щодо уникнення або мінімізації негативного впливу, що можуть спричинити ризики.

Оскільки, у теперішньому змінному середовищі невирішеною проблемою залишається вибір оптимальної моделі задля оцінювання платоспроможності клієнта та банківських ризиків, зокрема кредитного ризику, а також застосування нових методів до оцінювання та моделювання. Найефективнішим є інтеграція кількох методів скорингу – статистичного й експертного.

Застосування принципів теорії регресійного моделювання, а саме моделі логістичної регресії, дає змогу поєднати експертний скоринг і статистичний підхід, враховувати ситуацію на ринку кредитних продуктів.

Метою статті є розроблення та апробація регресійної моделі оцінювання платоспроможності позичальників і банківських ризиків у процесі кредитування на підґрунті використання принципів теорії регресійного моделювання.

Наукова новизна визначається тим, що застосування розробленої регресійної моделі оцінювання кредитоспроможності клієнта та банківських ризиків дає змогу поєднати експертний скоринг і статистичний підхід, об'єднати індикатори, що мають якісну та кількісну шкалу вимірювання, а для вибору кількісних змінних фінансового ризику застосовувати інструментарій дискримінантного аналізу. Розробленій моделі притаманний високий

ступінь адаптації до реальних умов завдяки механізму оптимізації індикаторів.

Основні результати дослідження. У дослідженні для оцінювання платоспроможності клієнта застосована модель на основі логістичної регресії та встановлена залежність між факторами ризику й імовірнісною величиною кредитного ризику y , що приймає значення від 0 до 1.

Логістична регресія – це вид нелінійної множинної регресії, яка аналізує функціональну залежність між декількома незалежними змінними (регресорами) і залежною змінною [4].

Для підбору найбільш інформативних кількісних змінних фінансового ризику може бути використаний інструментарій дискримінантного аналізу. На рис. 1 наведено фрагмент матриці значень дев'яти показників, відібраних у ході аналізу, де бінарною змінною y описують ситуації: 0 – протермінований чи проблемний кредит; 1 – вчасно погашений кредит.

y	d , грн.	s , грн.	t , місяці	r	B , роки	O
1	13200	50000	24	11	37	5
0	12410	50000	12	10	57	3
1	10718	25000	24	13	49	4
1	9623	44170	72	14	30	4
0	11000	60000	36	12	47	3
0	15000	70000	12	10	65	4
1	8109	29360	36	12	29	4
1	9720	48760	24	12	34	5

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

Джерело: складено авторами.

На рис. 1 подано такі позначення: d – середньомісячний дохід клієнта; s – сума наданого позичальникові кредиту; t – термін, на який клієнтові надається кредит; r – відсоткова ставка, B – вік, O – експертна бальна оцінка, яка враховує фах (спеціальність), соціально-економічне стан (умови існування) фізичної особи.

Коефіцієнт кредитоспроможності позичальника (фізичної особи) можна обчислити за формулою [5]:

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

де: $P(y_i = 1 | x_i)$ – ймовірність, яка характеризує те, що i -е значення бінарної змінної буде дорівнювати 1 за виконання умови x_i ; $F(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$ – логістична функція; ε_i – випадкова компонента; x_i – коефіцієнт

Зазначені дані, які наведені на рис. 2, необхідні для оцінювання невідомих параметрів регресійної моделі [6]:

кредитоспроможності фізичної особи; x_2 – вік; x_3 – експертна бальна оцінка, яка враховує фах (спеціальність), соціально-економічне становище (умови існування) фізичної особи.

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ПЕРІОДУ УКРАЇНИ

y	x_1	x_2	x_3
1	5,19	37	5
0	2,71	57	3
1	8,17	49	4
1	8,53	30	4
0	4,85	47	3
0	2,34	61	4
1	7,31	29	4
1	3,86	34	5

Рис. 2. Фрагмент матриці значень показників

Джерело: складено авторами.

Безпосередня комп'ютерна підготовка даних, що включає розрахунок показників, відібраних в ході дискримінантного аналізу, була проведена в середовищі пакету Excel з подальшим їх імпортом в

пакет STATISTICA для аналізу в підмодулі «Логістична регресія» модуля «Нелінійна оцінка».

Параметри отриманої моделі на основі логістичної регресії в середовищі STATISTICA мають такий вигляд (рис. 3):

```

Model is: logistic regression (logit).
Dependent variable: y.
Independent variables: 3.
Loss function is: maximum likelihood Final value: ,019218181.
-2*log(Likelihood): for this model=,0384364; intercept only=22,18071;
Chi-square = 22,14227; df = 3; p = ,0000611/.
    
```

Рис. 3. Параметри моделі на основі логістичної регресії в середовищі STATISTICA

Джерело: складено авторами.

Як видно з параметрів, трифакторна модель забезпечена високою надійністю, що підтверджено обчисленими значеннями χ^2 – квадрат (22,14) і практично

нульовою вірогідністю того, щоб не відкинути нульову гіпотезу. Аналітичний вираз сформованої моделі матиме вигляд:

$$P(y_i = 1 | x_i) = \left(1 + e^{-1,31 - 0,55x_{i1} + 1,31x_{i2} - 15,95x_{i3}} \right)^{-1}. \quad (3)$$

Адекватність розробленої моделі доцільно визначити за допомогою індексу відношення правдоподібності Макфадена, застосовуючи таку формулу [7]:

$$LRI = 1 - \frac{\ln L(\mathbf{b})}{\ln L(b_0)} = 0,97, \quad (4)$$

де:

$$L(\mathbf{y}, \mathbf{b}) = \prod_{i=1}^n F(\mathbf{x}_i, \mathbf{b})^{y_i} (1 - F(\mathbf{x}_i, \mathbf{b}))^{1-y_i}, \quad (5)$$

$\ln L(\mathbf{b})$ – максимальне значення логарифмічної функції правдоподібності, яке буде досягатись у точці, координати якої дорівнюють оцінкам параметрів моделі $\mathbf{b} = (b_0, b_1, \dots, b_m)$, а $\ln L(b_0)$ –

значення логарифмічної функції правдоподібності, обчислене за умови: $b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$.

Розраховане значення індексу відношення правдоподібності Макфадена свідчить про адекватність побудованої регресійної моделі.

Використовуючи побудовану модель, проведемо оцінювання можливості надання кредитів новим позичальникам. Інформація про клієнтів представлена у табл. 1.

Таблиця 1

Значення показників для оцінювання платоспроможності нових клієнтів

№	s, грн	d, грн	r	t, місяці	O	B, роки
1	28000	11500	11	18	4	59
2	23000	9000	10	12	3	35
3	32000	14000	12	24	4	52

Джерело: складено авторами.

$$P(y_1 = 1) = \left(1 + e^{-1,31 - 0,55 \cdot 6,35 + 1,31 \cdot 59 - 15,95 \cdot 4} \right)^{-1} = 0,00016,$$

$$P(y_2 = 1) = \left(1 + e^{-1,31 - 0,55 \cdot 4,27 + 1,31 \cdot 35 - 15,95 \cdot 3}\right)^{-1} = 0,996,$$

$$P(y_3 = 1) = \left(1 + e^{-1,31 - 0,55 \cdot 8,47 + 1,31 \cdot 52 - 15,95 \cdot 4}\right)^{-1} = 0,83.$$

Проведені розрахунки дозволяють підбити підсумок, відзначаючи можливість надання кредиту тільки другому та третьому клієнтам.

Запропонований підхід дає змогу фінансово-кредитним установам проводити зваженішу та збалансованішу кредитну політику. Запровадження вдосконаленого логістично регресійного підходу буде насамперед актуальним в умовах ухвалення фінансово-кредитними установами рішень щодо відновлення масового роздрібног кредитування. Це дозволить менеджерам банків виробити доволі чітку систему заходів перевірки платоспроможності клієнтів під час надання йому кредитів.

Висновки. Серед усіх банківських ризиків саме кредитні ризики несуть найбільшу небезпеку для комерційних банків у контексті забезпечення та збереження їхньої фінансової стійкості. Тому впровадження нових методів оцінювання, управління та передусім попередження кредитних ризиків має стати пріоритетним напрямом розвитку банківської системи України. Розроблена регресійна модель, яка передбачає кредитний скоринг, надає банківському кредитному аналітику можливість самостійно ухвалювати виважені, обґрунтовані управлінські рішення щодо кредитного обслуговування клієнтів й ефективного управління кредитним портфелем в умовах гострої, неминучої конкуренції на ринку роздрібног кредитування.

З часом кожна 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. Для того, щоб економіко-математична модель на основі кредитного скорингу могла продовжувати виконувати свої функції, її доцільно періодично коригувати.

Список використаних джерел

1. Юринець З. В., Козеко І. О. Обґрунтування використання управлінських інформаційних систем на підприємствах. *Регіональна бізнес-економіка та управління*. 2010. № 2. С. 86-92
2. Долінський Л. Б. Імовірнісні моделі спільного дефолту позичальників. *Фінанси України*. 2012. № 10. С. 73-81.

3. Giesecke K., Shilin Z. Transform analysis for point processes and applications in credit risk. *Mathematical Finance*. 2012. Vol. 23. Is. 4. Pp. 742-762.

4. Altman E., Saunders A. Credit risk measurement: Developments over the last 20 years. *Journal of Banking and Finance*. 1998. № 21(11-12). Pp. 1721-1742.

5. Прокопенко І. Ф., Ганін В. І., Соляр В. В., Маслов С. І. *Основи банківської справи*: навч. посіб. Київ: ЦНЛ, 2005. 410 с.

6. Грін В. Г. *Економетричний аналіз*. Київ: Основи, 2005. 1196 с.

7. Камінський А. Б. *Моделювання фінансових ризиків*: монографія. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. 304 с.

References

1. Yurynets, Z. V., & Kozeko, I. O. (2010). Obhruntuvannya vykorystannya upravlins'kykh informatsiynykh system na pidpryyemstvakh [Substantiation of the use of management information systems at enterprises]. *Rehional'na biznes-ekonomika ta upravlinnya – Regional business-economics and management*, 2, 86-92. [in Ukrainian].

2. Dolinsky, L. B. (2012). Imovirnisni modeli spil'noho defoltu pozychal'nykiv [Probabilistic models of joint default of borrowers]. *Finansy Ukrainy – Finances of Ukraine*, 10, 73-81. [in Ukrainian].

3. Giesecke, K., & Shilin, Z. (2012). Transform analysis for point processes and applications in credit risk. *Mathematical Finance*, 23(4), 742-762.

4. Altman, E., & Saunders, A. (1998). Credit risk measurement: Developments over the last 20 years. *Journal of Banking and Finance*, 21(11-12), 1721-1742.

5. Prokopenko, I. F., Hanin, V. I., Solyar, V. V., & Maslov, S. I. (2005). *Osnovy bankivs'koyi spravy [Fundamentals of banking]: Manual*. Kyiv: Center for Educational Literature. [in Ukrainian].

6. Grin, V. H. (2005). *Ekonometrychnyy analiz [Econometric analysis]*. Kyiv: Osnovy. [in Ukrainian].

7. Kaminsky, A. B. (2006). *Modelyuvannya finansovyh ryzykiv [Modeling of financial risks]*. Kyiv: Publishing and printing center «Kyiv University». [in Ukrainian].

Надійшло 04.09.2019 р.