

УДК: 311.2:336  
JEL Classification: C 46  
doi: 10.31767/nasoa.1-2-2022.02

**Н. О. ПАРФЕНЦЕВА,**  
доктор економічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України,  
e-mail: parfentsevaN@ukr.net;  
ORCID: 0000-0003-2768-8100;

**Г. В. ГОЛУБОВА,**  
кандидат економічних наук, доцент  
доцент кафедри статистики та математичних методів в економіці,  
Національна академія статистики, обліку та аудиту,  
e-mail: g\_kondrya@ukr.net;  
Researcher ID: I-6414-2018

### Моделювання фінансових ризиків на основі статистичних методів оцінювання

Узагальнено фінансові ризики за видами та формами, а також на мікро- та макrorівнях. Обґрунтовано важливість моніторингу фінансових ризиків у сферах страхової, банківської, кредитно-грошової діяльності та інших бізнес-процесах. Визначено, що важливим інструментом у менеджменті ризиків є їх об'єктивне оцінювання. Розкрито сутність, переваги і недоліки окремих методів оцінювання фінансових ризиків: Value-at-Risk, методу Монте-Карло, методів на основі IRB-підходу, Shortfall, LDA, методів з використанням байєсівського програмування. Обґрунтовано актуальність використання статистичних методів оцінювання фінансових ризиків: непараметричної техніки Каплана – Мейєра та напівпараметричної моделі пропорційних ризиків Кокса.

**Ключові слова:** ризик, фінансові ризики, страхові ризики, кредитні ризики, криві виживаності, “критична” подія.

**N. PARFENTSEVA,**  
Dsc (Economics), Professor,  
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine;

**H. HOLUBOVA,**  
PhD (Economics), Associate Professor,  
Associate Professor of Department for Statistics and Econometric Methods,  
National Academy of Statistics, Accounting and Audit

### Simulating Financial Risks on the Basis of Statistical Assessment Methods

Financial risks are summed up by type and form, macro- and micro-level. The importance of monitoring of financial risks in insurance, banking, monetary activities and various business processes is substantiated. It is emphasized that the sound assessment of risks constitutes an important tool in risk management. The essence, advantages and disadvantages of selected methods for financial risk assessment is shown: Value-at-Risk, Monte Carlo method, methods based on IRB approach, Shortfall, LDA, methods using Bayesian programming.

The importance of statistical methods for the assessment of financial risks like non-parametric techniques of Kaplan – Meier and Cox proportional hazards model is

© Н. О. Парфенцева, Г. В. Голубова, 2022

*substantiated. It is emphasized that the cumulative hazard function by Cox model reflects the cumulative level of bank losses, hence, its application in risk assessment is capable to protect and warn the bank about a potential threat. Kaplan – Meier method allows to assess the probability of risk occurrence and risk level in various client groups, which is a necessary component of risk monitoring. But its drawback is its incapability to account for several risks at the same time. In view of this, a sounder method for risk assessment is Cox proportional hazard regression. The input data for constructing this regression can include both categorical and continuous variables, thus enabling for accounting of a multiplicity of risk-related factors.*

*It is concluded that Kaplan – Meier method should be used with caution, because the survival function may overvalue the probability of occurrence of “critical” event, depending on the internal nature of data and their individual variances. Hence, applications of semiparametric techniques of Cox proportional hazards model should be an alternative approach to the survival analysis.*

**Keywords:** *risk, financial risks, insurance risks, credit risks, survival curves, “critical” event.*

**Постановка проблеми.** Сучасна економіка характеризується урізноманітненням послуг у фінансовій, банківській, грошово-кредитній сфері, зростанням обсягів операцій на фондовому ринку та ринку цінних паперів. Гроші набувають нових форм існування, наприклад криптовалюти, а фінансовий ринок активно інтегрується у всі сфери соціально-економічних відносин. Але всі ці процеси відбуваються на тлі різного роду ризиків.

Загроза виникнення фінансових ризиків залежить від низки чинників: рівня соціально-економічного розвитку країни, стабільності національної валюти, надійності нормативно-правового поля, значних коливань валютних курсів, дисбалансу між попитом і пропозицією, напруженості в суспільстві та ін.

Важливо враховувати загрозу ризиків і на мікрорівні. Задля успішної підприємницької діяльності необхідно здійснювати управління ризиками, тобто передбачати можливість настання фінансової загрози, що дозволить вжити необхідних заходів із запобігання чи локалізації ризику. Інколи в якості граничної межі ризику можна використовувати максимальне значення величини збитку підприємства. Однак застосування такого підходу є непродуктивним і навіть не цілком об’єктивним.

З огляду на це систематичний моніторинг, аналіз, моделювання та прогнозування фінансових ризиків вважаються основними завданнями дослідження ризиків, результати якого дають змогу зменшити очікувані втрати підприємства і будь-якої фінансової інституції та навіть запобігти банкрутству. Здійснення такого моніторингу та аналізу вимагає теоретичних і методичних напрацювань в оцінюванні ризиків. Це, в свою чергу, потребує отримання об’єктивної та якісної інформації щодо фінансової діяльності та звітності, удосконалення процесів її збирання, оброблення, здійснення статистичного аналізу та оцінювання загальної тенденції фінансових загроз.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Серед світових науковців, які зробили значний внесок у розвиток теорії ризиків, слід відмітити А. Маршала, Дж. Кейнса, Ф. Найта, О. Моргенштерна.

Питанням фінансових ризиків і методам управління ними присвятили свої роботи такі вітчизняні дослідники, як В. Вітлінський [1], Б. Вишнівська [2], Т. Камінський [3], Л. Коваленко [4], Г. Крамаренко [5], Н. Кузнецова [6] та багато інших.

Такі методи прикладної статистики, як функції виживаності та регресія пропорційних ризиків, застосовуються в дослідженнях страхових, кредитних, валютних, інфляційних ризиків. Теоретико-методичні напрацювання щодо оцінювання ймовірності настання й рівня ризику та побудови функцій виживаності висвітлені у працях Д. Мачина [9], А. Петрі та К. Сабін [10], Д. Клейнбаума і М. Кляйна [11] та інших дослідників.

**Метою статті** є обґрунтування використання кривих виживаності Каплана – Мейера та регресії Кокса для оцінювання фінансових ризиків.

**Результати дослідження.** Під фінансовим ризиком підприємства розуміють ймовірність виникнення несприятливих фінансових наслідків у формі втрати доходу чи капіталу в ситуації невизначеності умов здійснення його фінансової діяльності [1].

Іншими словами, це можливий негативний вплив на фінансово-господарську діяльність підприємства, виражений у грошовому еквіваленті. За видами фінансові ризики поділяються на:

- ▶ кредитний ризик;
- ▶ операційний ризик;
- ▶ ризик ліквідності;
- ▶ ринковий ризик.
- ▶ Фінансові ризики класифікуються:
  - ▶ за сукупністю інструментів (індивідуальний та портфельний);
  - ▶ за об'єктом, що характеризується (ризик окремої фінансової операції, ризик різних видів фінансової діяльності);
  - ▶ за джерелом виникнення фінансових ризиків (зовнішній, систематичний або ринковий ризик; внутрішній, несистематичний або специфічний ризик);
  - ▶ за фінансовими наслідками (ризик, що спричиняє лише економічні втрати; ризик втраченої вигоди; ризик, що спричиняє як економічні втрати, так і додаткові доходи);
  - ▶ за характером прояву у часі (постійний та тимчасовий фінансовий ризик);
  - ▶ за рівнем фінансових втрат (допустимий, критичний та катастрофічний);
  - ▶ за можливістю передбачення (прогнозований та непрогнозований);
  - ▶ за можливістю страхування [1, 7].

Важливу роль в управлінні ризиками відіграє їх ідентифікація та оцінювання. Існують різні методи оцінювання фінансових ризиків: балансовий метод, економіко-статистичні методи, методи експертних оцінок, методи дисконтування вартості, методи хеджування та багато інших фінансових методів. Всі ці методи оцінювання можна умовно поділити на кількісні та якісні. Кількісні методи зазвичай ґрунтуються на статистичних даних, характерною ознакою яких є чисельність та багатовимірність. До якісних методів належить метод експертних оцінок, однак їм притаманна певна суб'єктивність.

Одним зі статистичних методів оцінювання є метод Монте-Карло – метод імітаційного моделювання. Його використовують, коли виникає необхідність в обліку великої сукупності факторів ризику, що проявляються в різних сферах підприємницької діяльності. Для здійснення процесу моделювання заздалегідь визначаються сукупність параметрів і діапазони зміни їхніх значень і кожному параметру присвоюється певна ймовірність. Із заданого діапазону довільним способом обираються значення параметрів і розраховується інтегральний показник ризику.

На практиці використовують різноманітні варіації VaR (Value-at-Risk), методи на основі IRB-підходу, Shortfall, LDA, методи з використанням байєсівського програмування та нечіткої логіки [6].

Метод VaR використовується для статистичного оцінювання максимальних втрат, тобто на його основі оцінюють ризик як очікуваний максимальний збиток протягом визначеного періоду часу із встановленим рівнем ймовірності. Shortfall є більш консервативним методом оцінювання ризику, ніж VaR, оскільки за його допомогою оцінюється ризик того, що фактичний прибуток від інвестиції буде меншим, ніж очікуваний дохід.

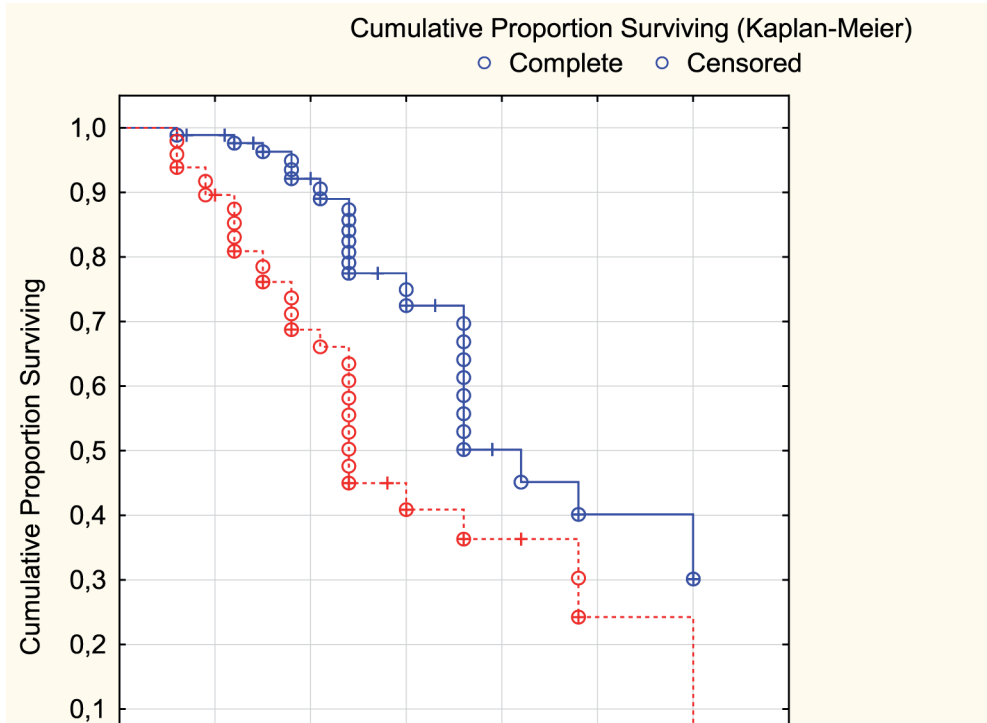
За методом LDA виконується оцінювання розподілу втрат для розрахунку суми капіталу банку для операційного ризику. Методи байєсівського програмування та нечіткої логіки є більш універсальними і можуть застосовуватись до різних видів фінансового ризику, з можливістю встановлення правил та критеріїв і формування висновку щодо рівня ризику [8].

Вищезгадані методи оцінювання ризиків не враховують фактор часу. Зважаючи на те, що всім соціально-економічним і фінансово-банківським процесам притаманна певна динамічність, а окремим явищам – тенденція або закономірність, ймовірність настання ризику слід вивчати і під впливом фактора часу, враховуючи те, що з часом рівень ризику може зростати.

Оцінювання таких ризиків ґрунтується на функції виживаності. Аналіз виживаності – це процес визначення кількості часу, який передреє моменту настання певної “критичної” події. У багатьох експериментах (особливо в сферах медицини та

біології) “критичною” подією зазвичай вважається смерть суб’єкта дослідження або рецидив, захворюваність чи інший негативний досвід (невдача) [12].

Однак аналіз виживаності застосовується і в інших сферах досліджень: для визначення кількості часу, необхідного для погашення кредиту, рівня фінансових ризиків чи ймовірності настання банкрутства. За кривими виживаності можна оцінити ймовірність настання ризику як у часі, так і конкретний момент часу, коли ймовірність настання ризику різко зростає (рис. 1).



**Рис. 1. Криві Каплана – Мейєра**

*Джерело:* побудовано авторами за даними Sample data Gredit.Scoring у пакеті Statistica

Оцінка Каплана – Мейєра розраховується за формулою:

$$S_t = S_{t-1} * \frac{N_t - E_t}{N_t}, \quad (1)$$

- де:  $S_t$  – ймовірність виживання в момент  $t$ ;
- $S_{t-1}$  – ймовірність виживання в момент  $t-1$ ;
- $N_t$  – кількість груп ризику на момент часу  $t$ ;
- $E_t$  – кількість “критичних” подій на момент часу  $t$ ;
- $C_t$  – кількість цензурованих подій на момент часу  $t$ .

Метод Каплана – Мейєра є непараметричною технікою, тому для порівняння кривих виживаності між двома групами (наприклад, клієнти з позитивною кредитною історією і клієнти, що становлять ризик для банку) застосовують статистичні тести: Логранка, Вілкоксона, Кокса та інші.

Для побудови кривих виживаності за допомогою регресії Кокса бажано мати таку вибірку сукупність, яка б характеризувалася низкою чинників, що визначають фінансовий стан підприємства, банку чи іншої спостережуваної одиниці. Наприклад, змінними предикторами можуть бути показники ліквідності, платоспроможності, рентабельності тощо.

Регресія Кокса ґрунтується на теорії пропорційності ризиків. Девід Кокс висунув припущення, що ризик є пропорційною функцією. Ця модель будується на основі множинної регресії залежності між значеннями змінних прогнозування та коефіцієнтами небезпеки з використанням спостереження часу до події. Функція виживаності дає оцінену виживаність для кожного спостереження (банк, кредитор, дебітор тощо). Загальна модель регресії пропорційних ризиків Кокса має вигляд:

$$h(t) = h_0(t) * \exp(\sum x_i \beta_i), \quad (2)$$

де:

$t$  – час, що минув до критичної події (до настання ризику);

$h(t)$  – коефіцієнт ризику (в залежності від часу  $t$ );

$h_0(t)$  – базовий рівень ризику;

$x_i$  – значення кожної змінної предиктора;

$\beta_i$  – коефіцієнти для кожної змінної предиктора.

Відношення ризиків (hazard ratio) – це оцінка відношення інтенсивностей ризику в окремих групах. Наприклад, оцінюючи різні групи клієнтів банку, можна спрогнозувати рівень ризику відтоку клієнтів з банку в різний часовий проміжок. Це дасть змогу компанії розробити сценарій збереження клієнтської бази і навіть запропонувати особливі умови своїм клієнтам, від яких їм важко буде відмовитися. На основі цієї моделі можна спрогнозувати збитковість не лише на рівні банку, а й для окремих клієнтських груп або конкретних клієнтів.

Сукупна функція ризику за моделлю Кокса відображає сукупний рівень втрат банку. Тому використання моделі пропорційних ризиків Кокса для оцінювання ризиків здатне убезпечити та попередити банк про потенційну загрозу. Цей інструмент прикладної статистики є актуальним і корисним для розроблення рішень щодо управління ризиками та їх контролю.

Отже, Метод Каплана – Мейєра дозволяє оцінити ймовірність настання ризику та його рівень у різних клієнтських групах, що є необхідною складовою моніторингу ризиків. Недоліком цієї непараметричної техніки є нездатність враховувати низку показників. З огляду на це більш об'єктивним методом оцінювання ризиків є регресія пропорційних ризиків Кокса. Вихідна інформація для побудови цієї регресії може включати як категорійні, так і неперервні змінні, що уможливило врахування безлічі факторів впливу на ризики.

Висновки. Слід з обережністю застосовувати непараметричну техніку Каплана – Мейєра, оскільки в залежності від внутрішньої природи даних та їхніх індивідуальних дисперсій функція виживаності може переоцінити ймовірність настання “критичної” події. Тому альтернативним підходом до вивчення виживаності є застосування напівпараметричної техніки пропорційних небезпек Кокса.

Існує гостра потреба в рекомендаціях щодо оцінювання та зменшення фінансових ризиків. Тому дуже важливе значення для підприємства має прийняття адекватної стратегії, яка залежить від фінансових можливостей підприємства та його фінансової стійкості в разі понесення реальних втрат. Однак розроблення сценаріїв подолання фінансових ризиків чи рекомендацій щодо убезпечення від них виходить за межі наукових інтересів автора.

### Список використаних джерел

1. Вітлінський В. В. Концептуальні засади ризикології у фінансовій діяльності // Фінанси України. 2009. № 3. С. 4.
2. Вишнівська Б. Методи мінімізації фінансових ризиків // Економіст. 2007. № 6. С. 58–59.
3. Камінський А. Б. Моделювання фінансових ризиків. Київ: Київський ун-т, 2006. 303 с.
4. Коваленко Л. О., Ремньова Л. М. Фінансовий менеджмент. 3-тє вид., випр. і доп. Київ: Знання, 2008. 483 с.

5. Крамаренко Г. О., Чорна О. Є. Фінансовий менеджмент. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 520 с.
6. Кузнєцова Н. В. Практичні підходи до визначення та урахування невизначеностей, що формують фінансові ризики // Труды Одесского политехнического университета. 2014. Вып. 2(44). С. 160–170.
7. Воробьев С. Н., Бадин К. В. Системный анализ и управление рисками в предпринимательстве. Москва: Из-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Из-во НПО «МОДЭК», 2009. 760 с.
8. Рзаев Р. Р., Бабаева С. Т., Бабаев Т. А. Автоматизированная информационная система комплексной оценки финансовой устойчивости коммерческих банков // Проблемы управления и информатики. 2017. № 3. С. 71–86. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v49.i6.50>
9. Machin D., Cheung Y., Palmar M. *Survival Analysis: A Practical Approach*. 2nd ed. New York, 2006.
10. Petrie A., Sabin C. *Medical Statistics at a Glance*. Oxford, 2005.
11. Kleinbaum David G., Klein M. *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. Third Edition. URL: [uop.edu.pk/ocontents/survival-analysis-self-learning-book.pdf](http://uop.edu.pk/ocontents/survival-analysis-self-learning-book.pdf)
12. Голубова Г. В. Криві виживаності Каплана – Мейєра: техніка моделювання // Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту. 2021. № 3–4. С. 15–22. <https://doi.org/10.31767/nasoa.3-4-2021.02>

### References

1. Vitlinskyi V. V. (2009). Kontseptualni zasady ryzykologii u finansovii diialnosti [A conceptual framework for riskology in financial activities]. *Finansy Ukrainy – Finance of Ukraine*, 3, 4 [ in Ukrainian].
2. Vyshnivska, B. (2007). Metody minimizatsii finansovykh ryzykiv [Methods for minimization of financial risks], *Economist – Economist*, 6, 58–59 [In Ukrainian].
3. Kaminskyi, A.B. (2006). *Modeliuvannia finansovykh ryzykiv [Simulation of financial risks]*. Kyiv University [In Ukrainian].
4. Kovalenko L. O., & Remnova L. M. (2008). *Finansovyi menedzhment [Financial management]*. 3rd ed., rev. and suppl. Kyiv: Znannia [in Ukrainian].
5. Kramarenko H. O., & Chorna O. Ye. (2006). *Finansovyi menedzhment [Financial management]*. Kyiv: Center of education literature [in Ukrainian].
6. Kuznietsova N. V. (2014). Praktychni pidkhody do vyznachennia ta urakhuvannia nevyznachenosti, shcho formuiut finansovi ryzyky [Practical approaches to identification and assessment of uncertainties forming financial risks]. *Scientific publication “Odeskyi Politekhnychnyi Universitet. Pratsi”*, 2(44), 160–170 [in Ukrainian].
7. Vorobiev S. N., & Badin K. V. (2009). *Sistemnyi analiz i upravlenie riskami v predprinimatelstve [System analysis and management of risks in business]*. Moscow: Publishing house of Moscow Institute of Social Psychology; Voronezh: NPO “MODEK” [in Russian].
8. Rzaev R. R., Babaeva S. T., & Babaev T. A. (2017). Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema kompleksnoy otsenki finansovoy ustoychivosti kommercheskih bankov [Automated Information System for Complex Evaluation of Financial Stability of Commercial Banks]. *Problemy upravleniya i informatiki – Journal of Automation and Information Sciences*, 3, 71–86. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v49.i6.50> [in Russian].
9. Machin D., & Cheung Y. (2006). *Palmar M. Survival Analysis: A Practical Approach*. 2nd ed. New York.
10. Petrie A., & Sabin C. (2005). *Medical Statistics at a Glance*. Oxford.
11. Kleinbaum David G., & Klein M. *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. Third Edition. Retrieved from [uop.edu.pk/ocontents/survival-analysis-self-learning-book.pdf](http://uop.edu.pk/ocontents/survival-analysis-self-learning-book.pdf)

12. Holubova H. (2021). Kryvi vyzhyvanosti Kaplana – Meijera: tekhnika modeliuvannia [Kaplan – Meyer survival curves: simulation technique]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoi akademii statystyky, obliku ta audytu – Scientific Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting and Audit*, 3–4, 15–22. <https://doi.org/10.31767/nasoa.3-4-2021.02> [in Ukrainian].

**Посилання на статтю:**

Парфенцева Н. О., Голубова Г. В. Модельовання фінансових ризиків на основі статистичних методів оцінювання. *Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук. пр.*. 2022. №1-2. С.14-20. doi:10.31767/nasoa.1-2-2022.02.