

ВИМІРЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ НЕЙМОВІРНІСНОЇ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧІ

©2021 КОЦЮБА О. С.

УДК 519.81
JEL: C65; D81

Коцюба О. С. Вимірювання економічного ризику для неймовірнісної постановки задачі

Предметом статті є методичний апарат кількісного оцінювання ступеня економічного ризику для ситуації прийняття рішення, обтяженої нестохастичною (неймовірнісною) невизначеністю. У дослідженні було реалізоване завдання подальшого розвитку нечітко-множинного інструментарію вимірювання ризику для випадку одночасної нестохастичної невизначеності оцінок критеріального економічного показника (критерію) та його нормативу. Відповідно до поставленої мети та методичного підходу до інтерпретації нечітких оцінок на основі аналогії між випадковими та нечіткими величинами в роботі було послідовно розглянуто ряд практично значущих ситуацій, що визначаються характером нестохастичних оцінок критеріального економічного показника та його нормативу, для кожної з яких було знайдено математичні співвідношення для розрахунку ступеня ризику. Запропоновані розрахункові формули було апробовано на умовних прикладах. Результати апробації засвідчили спроможність розробленого обчислювального апарату. Також у дослідженні приділено увагу ситуації вимірювання ризику, коли оцінка критеріального економічного показника моделюється як випадкова величина, у той час як його нормативний рівень описується інтервальною або нечіткою оцінкою. Як перспективний напрям подальших наукових розвідок за порушеною у статті проблематикою визначено формування деякої узагальненої методології кількісного оцінювання ступеня економічного ризику, яка б дозволяла з єдиних теоретичних позицій вимірювати ризик для різних ситуацій інформаційної невизначеності.

Ключові слова: невизначеність, нечіткість, ризик, вимірювання ризику, ступінь можливості, нестохастична оцінка, нечітка величина, нечітке число.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-52-58>

Формул: 42. **Бібл.:** 17.

Коцюба Олександр Станіславович – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри бізнес-економіки та підприємництва, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (просп. Перемоги, 54/1, Київ, 03057, Україна)

E-mail: as_kotsyuba@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8159-0772>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/1850280/oleksiy-kotsyuba/>

UDC 519.81
JEL: C65; D81

Kotsyuba O. S. Measurement of Economic Risk for a Non-Probabilistic Problem Formulation

The subject of the article is the methodical apparatus for quantitative assessment of the degree of economic risk for the situation of decision-making, under load of the nonstochastic (nonprobabilistic) uncertainty. The research implemented the task of further development of fuzzy-multiple risk measurement instrumentarium for the case of simultaneous nonstochastic uncertainty of assessments of the criterial economic indicator (criterion) and its norm. In accordance with the set goal and methodical approach to the interpretation of fuzzy assessments on the basis of an analogy between random and fuzzy values in the work a number of practically significant situations determined by the nature of the nonstochastic assessments of the criterial economic indicator and its norm were consistently considered, for each of these mathematical ratios were found to calculate the degree of risk. The proposed calculation formulas were tested on conventional examples. The results of the tests showed the capability of the developed computing apparatus. The research also focuses on the situation of risk measurement, when the assessment of the criterial economic indicator is modeled as a random variable, while its normative level is described by an assessment, either interval or fuzzy. As a perspective direction of further scientific research on the issues raised in the article, the formation of some generalized methodology for quantitative assessment of the degree of economic risk, which would allow to measure the risk for various situations of information uncertainty from a single theoretical position, is defined.

Keywords: uncertainty, fuzziness, risk, measurement of risk, degree of possibility, nonstochastic assessment, fuzzy value, fuzzy number.

Formulae: 42. **Bibl.:** 17.

Kotsyuba Oleksiy S. – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Business Economics and Entrepreneurship, Kyiv National Economic University named after V. Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03057, Ukraine)

E-mail: as_kotsyuba@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8159-0772>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/1850280/oleksiy-kotsyuba/>

З точки зору нинішніх наукових уявлень феномен невизначеності входить до складу базових характеристик економіки. Маючи принципово неусувний характер, невизначеність породжує ризик неуспішності економічної діяльності. Звідси, раціональне управління в економічних системах означає необхідність аналізу, моделювання та управління ризиком, який обтяжує їх функціонування та розвиток.

Як стверджується в сучасній ризикології, невизначеність, властива економіці, не зводиться лише до стохастичності (випадковості), яка є предметом аналізу класичної (традиційної) теорії ймовірностей, а має більш складну структуру. У багатьох випадках недетерміновані параметри досліджуваної проблемної ситуації припускають моделювання за допомогою засобів інтервального аналізу та теорії нечітких множин [13; 17].

Однією з ключових складових аналізу ситуації прийняття економіко-управлінського рішення в умовах невизначеності є кількісне оцінювання, або вимірювання, пов'язане з нею ризиком. Для неймовірної постановки задачі в останні десятиліття це питання активно досліджується багатьма вченими, зокрема: Е. Верчер, Х. Д. Бермудесом, І. Георгеску, О. О. Недосекіним, П. В. Севастьяновим, Д. П. Севастьяновим, О. Є. Алтуніним, М. В. Семухіним, В. Г. Черновим, П. М. Дерев'янком, М. О. Гавриленком та ін. [1; 2; 3; 8–11; 15; 16]. Незважаючи на наявність сьогодні значущих здобутків за даним проблемним напрямом, він припускає свій продуктивний розвиток. А саме, свою актуальність зберігає дослідження інструментального й обчислювального аспектів міри ризику як ступеня можливості невідповідності значення критеріального економічного показника його нормативному рівню в ситуації, коли має місце одночасна нестохастична невизначеність оцінок останніх.

Першочерговий внесок у розроблення порушеної проблеми належить О. О. Недосекіну [8]. Її дослідженню присвячено також дві наші роботи [5; 6], у яких розвивається підхід до розв'язання проблеми на основі аналогії між випадковими та нечіткими величинами. Інтерес становить подальший розвиток одержаних у межах зазначеного методичного підходу результатів. Це й приймається *метою* пропонованої статті.

Зафіксуємо спочатку деякі формалізми теорії нечітких множин, які будуть використовуватися далі.

З точки зору змістовної інтерпретації нечіткої множини слід розуміти як такі множини, межа яких не є точно визначеною. Формально нечітка множина може бути представлена як сукупність впорядкованих пар, складених з елементів розглядуваної універсальної множини та ступенів належності, які їм відповідають, тобто, якщо \tilde{A} – нечітка множина, задана на деякій множині U , тоді [7]:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in U, \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0, 1]\}, \quad (1)$$

де x – елемент з множини U ;

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ – ступінь належності елемента x нечіткій множині \tilde{A} (функція $\mu_{\tilde{A}}(x): U \rightarrow [0, 1]$, яка його визначає, називається функцією належності).

Нечітко-множинне моделювання кількісних характеристик тих чи інших процесів і явищ ґрунтується на використанні теоретичних конструкцій нечіткої величини та нечіткого числа.

Нечітка величина являє собою довільну нечітку множину, задану на множині дійсних чисел [7].

Під нечітким числом, слідуючи розширеному трактуванню цього поняття, домовимось розуміти будь-яку нечітку величину \tilde{N} , для якої справедливо [14]:

- 1) нечітка множина \tilde{N} є опуклою;
- 2) нечітка множина \tilde{N} є нормальною;
- 3) функція належності нечіткої множини \tilde{N} є кусково-неперервною.

Перейдемо тепер до безпосереднього викладення результатів дослідження.

Нехай K – економічний показник, якому належить роль критерію прийняття рішення. Припустимо також, що даний показник поліпшується в напрямі збільшення та в межах досліджуваної проблемної ситуації описується нечіткою оцінкою (\tilde{K}). Покладемо далі, що зацікавленою особою задано нормативний рівень (норматив) (G) показника K , яким може бути деяке його цільове або гранично припустиме значення. За зроблених припущень ступінь ризику (*Risk*) невідповідності значення критерію K нормативному рівню G , якщо використовувати аналогію між випадковими та нечіткими величинами, для різних практично значущих ситуацій, які визначаються характером нечіткої оцінки показника K та оцінки нормативу G , може бути оцінений за допомогою співвідношень, які наводяться й апробуються на умовних прикладах нижче.

Ситуація 1. Оцінка критерію K являє собою нечітку величину, оцінка нормативу G – інтервал (\overline{G}):

$$Risk_{\overline{K}\overline{G}} = \frac{\sum_{j=1}^m \mu_{\tilde{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})Poss_{\overline{K}\overline{G}}(K_j < G)}{\sum_{j=1}^m \mu_{\tilde{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})}, \quad (2)$$

$$Poss_{\overline{K}\overline{G}}(K_j < G) = \begin{cases} 0, & K_j \geq \overline{G} \\ \frac{\overline{G} - K_j}{\overline{G} - \underline{G}}, & \underline{G} < K_j < \overline{G}, \\ 1, & K_j \leq \underline{G} \end{cases}, \quad (3)$$

$$j = \overline{1, m},$$

$$K_{\min} = K_0 < K_1 < \dots < K_j < \dots < K_{m-1} < K_m = K_{\max},$$

де $\mu_{\tilde{K}}$ – функція належності нечіткої оцінки критерію K ;

$K_j, j = \overline{0, m}$ – j -те значення розбиття замикавання носія нечіткої оцінки критерію K ;

K_{\min}, K_{\max} – відповідно мінімальне та максимальне значення замикавання носія нечіткої оцінки критерію K ;

m – кількість кроків розбиття замикавання носія нечіткої оцінки критерію K ;

$\underline{G}, \overline{G}$ – відповідно нижня та верхня границя для інтервальної оцінки нормативу G ;

$Poss(\dots)$ – ступінь можливості відповідної події.

Розглядуваний показник ступеня ризику може бути знайдений у дещо інший спосіб, у межах обраного для використання методичного підходу. Зокрема, це може бути зроблено за допомогою співвідношень:

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l), \quad (4)$$

$$Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l) = \frac{\sum_{j=1}^m \beta_{lj} \mu_{\bar{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})}{\sum_{j=1}^m \mu_{\bar{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})}, \quad (5)$$

$$\beta_{lj} = \begin{cases} 0, & G_l \leq K_j \\ 1, & G_l > K_j \end{cases}, \quad (6)$$

$$G_l = G_0 + l \cdot \Delta G, \quad (7)$$

$$\Delta G = \frac{G_L - G_0}{L}. \quad (8)$$

$$j = \overline{1, m}, l = \overline{1, L},$$

$$K_{\min} = K_0 < K_1 < \dots < K_j < \dots < K_{m-1} < K_m = K_{\max},$$

де ΔG – крок розбиття інтервальної оцінки нормативу G ;

L – кількість кроків розбиття інтервальної оцінки нормативу G ;

$G_l, l = \overline{0, L}$ – l -те значення розбиття інтервальної оцінки нормативу G ;

G_0, G_L – відповідно нижня та верхня границя для інтервальної оцінки нормативу G ($G_0 = \underline{G}, G_L = \overline{G}$).

Приклад 1. Нехай прогнозна оцінка (у тис. грн) критеріального економічного показника деякого господарського заходу або виду діяльності підприємства описується нечіткою величиною, функція належності якої має вигляд:

$$\mu_{\bar{K}} = \begin{cases} 0, & K \leq -50\,000 \vee K > 170\,000 \\ \frac{K + 50\,000}{110\,000}, & -50\,000 < K \leq 60\,000 \\ \frac{120\,000 - K}{60\,000}, & 60\,000 < K \leq 90\,000 \\ 0,5, & 90\,000 < K \leq 120\,000 \\ \frac{170\,000 - K}{100\,000}, & 120\,000 < K \leq 170\,000 \end{cases}. \quad (9)$$

Необхідно визначити ступінь ризику невідповідності критеріального показника його нормативному рівню, якщо останній задано інтервальною оцінкою, тис. грн: $\bar{G} = [0, 15\,000]$.

Після виконання необхідних розрахункових процедур можна одержати, що шуканий показник ступеня ризику дорівнює 0,144 (тобто 14,4%). Цей результат має місце як згідно з першим варіантом, так і в разі застосування другого варіанта запропонованого методу. При цьому в основу проведених розрахунків

було покладено такі додаткові припущення, тис. грн:
 $K_j - K_{j-1} = 5\,000, j = \overline{1, m}; \Delta G = 5\,000$.

Зауважимо, що співвідношення (2)–(3), а також (4)–(8) ґрунтуються на наближеному знаходженні відповідних параметрів за допомогою методу правих прямокутників. Цей самий метод чисельного інтегрування використовуватиметься й у подальшому викладенні.

Ситуація 2. Оцінка критерію K являє собою нечітке число, представлене в горизонтальній (α -рівневій) формі, оцінка нормативу G – інтервал:

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l), \quad (10)$$

$$Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l) = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_1(\alpha_i, G_l)}{\sum_{i=1}^n \varphi_2(\alpha_i)}, \quad (11)$$

$$\varphi_1(\alpha_i, G_l) = \begin{cases} 0, & G_l \leq \underline{K}^{\alpha_i} \\ G_l - \underline{K}^{\alpha_i}, & \underline{K}^{\alpha_i} < G_l < \overline{K}^{\alpha_i} \\ \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, & G_l \geq \overline{K}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (12)$$

$$\varphi_2(\alpha_i) = \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, \quad (13)$$

$$\alpha_i = i \cdot \Delta \alpha, \quad (14)$$

$$\Delta \alpha = \frac{1}{n}, \quad (15)$$

$$G_l = G_0 + l \cdot \Delta G, \quad (16)$$

$$\Delta G = \frac{G_L - G_0}{L}, \quad (17)$$

$$i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L},$$

де $\Delta \alpha$ – крок дискретизації у представленні за рівнями належності нечіткої оцінки критерію K ;

i – індекс інтервалу достовірності у представленні за рівнями належності нечіткої оцінки критерію K ;

n – кількість кроків дискретизації у представленні за рівнями належності нечіткої оцінки критерію K ;

α_i – значення функції належності для i -го інтервалу достовірності у представленні за рівнями належності нечіткої оцінки критерію K ;

$\underline{K}^{\alpha_i}, \overline{K}^{\alpha_i}$ – відповідно нижня та верхня границя інтервалу для нечіткої оцінки критерію K , який відповідає рівню належності α_i .

Приклад 2. Нехай прогнозна оцінка (у тис. грн) критеріального економічного показника деякого господарського заходу або виду діяльності підприємства описується трапецієподібним нечітким числом:

$$\bar{K} = (K_{\min}, \underline{K}^{1,0}, \overline{K}^{1,0}, K_{\max}) = (-60\,000, 85\,000, 120\,000, 210\,000).$$

Необхідно визначити ступінь ризику невідповідності критеріального показника його нормативно-рівню, якщо останній задано інтервальною оцінкою, тис. грн: $\bar{G} = [0, 25\ 000]$.

Після виконання необхідних розрахункових процедур можна одержати, що шуканий показник ступеня ризику дорівнює 0,113 (11,3%). При цьому в основу проведених розрахунків було покладено такі додаткові припущення: $n = 10$; $\Delta G = 5\ 000$ (тис. грн).

Ситуація 3. Оцінка критерію K являє собою нечітку величину, оцінка нормативу G – нечітке число (\bar{G}) (див. також [6]):

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}} = \frac{\sum_{j=1}^m \mu_{\bar{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})Poss_{K_j\bar{G}}(K_j < G)}{\sum_{j=1}^m \mu_{\bar{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})}, \quad (18)$$

$$Poss_{K_j\bar{G}}(K_j < G) = \frac{\sum_{i=1}^n \psi_1(\alpha_i, K_j)}{\sum_{i=1}^n \psi_2(\alpha_i)}, \quad (19)$$

$$\psi_1(\alpha_i, K_j) = \begin{cases} 0, & K_j \geq \bar{G}^{\alpha_i} \\ \bar{G}^{\alpha_i} - K_j, & \underline{G}^{\alpha_i} < K_j < \bar{G}^{\alpha_i} \\ \underline{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i}, & K_j \leq \underline{G}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (20)$$

$$\psi_2(\alpha_i) = \bar{G}^{\alpha_i} - \underline{G}^{\alpha_i}, \quad (21)$$

$$\alpha_i = i \cdot \Delta\alpha, \quad (22)$$

$$\Delta\alpha = \frac{1}{n}, \quad (23)$$

$$i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

$$K_{\min} = K_0 < K_1 < \dots < K_j < \dots < K_{m-1} < K_m = K_{\max},$$

де \underline{G}^{α_i} , \bar{G}^{α_i} – відповідно нижня та верхня границя інтервалу для нечіткої оцінки нормативу G , який відповідає рівню належності α_i .

Досліджуваний показник ступеня ризику може бути знайдений у дещо інший спосіб. А саме, це може бути зроблено за допомогою співвідношень:

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}} = \frac{\sum_{l=1}^L \mu_{\bar{G}}(G_l)Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l)}{\sum_{l=1}^L \mu_{\bar{G}}(G_l)}, \quad (24)$$

$$Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l) = \frac{\sum_{j=1}^m \beta_{lj} \mu_{\bar{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})}{\sum_{j=1}^m \mu_{\bar{K}}(K_j)(K_j - K_{j-1})}, \quad (25)$$

$$\beta_{lj} = \begin{cases} 0, & G_l \leq K_j \\ 1, & G_l > K_j \end{cases}, \quad (26)$$

$$G_l = G_0 + l \cdot \Delta G, \quad (27)$$

$$\Delta G = \frac{G_L - G_0}{L}, \quad (28)$$

$$j = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, L},$$

$$K_{\min} = K_0 < K_1 < \dots < K_j < \dots < K_{m-1} < K_m = K_{\max},$$

де $\mu_{\bar{G}}$ – функція належності нечіткої оцінки нормативу G ;

$G_l, l = \overline{0, L}$ – l -те значення розбиття замикання носія нечіткої оцінки нормативу G .

Приклад 3. Нехай прогнозна оцінка (у тис. грн) критеріального економічного показника деякого господарського заходу або виду діяльності підприємства являє собою нечітку величину, функція належності якої описується співвідношенням (9).

Необхідно визначити ступінь ризику невідповідності критеріального показника його нормативно-рівню, якщо останній задано трикутним нечітким числом, тис. грн:

$$\bar{G} = (G_{\min}, G_{\text{mod}}, G_{\max}) = (0, 15\ 000, 25\ 000),$$

де G_{\min}, G_{\max} – відповідно мінімальне та максимальне значення замикання носія нечіткої оцінки нормативу G ;

G_{mod} – модальне значення в межах трикутної оцінки нормативу G ($\mu_{\bar{G}}(G_{\text{mod}}) = 1$).

Після виконання необхідних розрахункових процедур можна одержати, що шуканий показник ступеня ризику дорівнює: згідно з першим варіантом розрахунку – 0,174 (17,4%), згідно з другим варіантом – 0,168 (16,8%). При цьому в основу проведених розрахунків було покладено такі додаткові припущення, тис. грн: $K_j - K_{j-1} = 10\ 000, \quad j = \overline{1, m}; \quad \Delta G = 2\ 500$.

Ситуація 4. Оцінка критерію K являє собою нечітке число, представлене в горизонтальній формі, оцінка нормативу G – нечітке число (див. також [5]):

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}} = \frac{\sum_{l=1}^L \mu_{\bar{G}}(G_l)Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l)}{\sum_{l=1}^L \mu_{\bar{G}}(G_l)}, \quad (29)$$

$$Poss_{\bar{K}G_l}(K < G_l) = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_1(\alpha_i, G_l)}{\sum_{i=1}^n \varphi_2(\alpha_i)}, \quad (30)$$

$$\varphi_1(\alpha_i, G_l) = \begin{cases} 0, & G_l \leq \underline{K}^{\alpha_i} \\ G_l - \underline{K}^{\alpha_i}, & \underline{K}^{\alpha_i} < G_l < \bar{K}^{\alpha_i} \\ \bar{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, & G_l \geq \bar{K}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (31)$$

$$\varphi_2(\alpha_i) = \bar{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, \quad (32)$$

$$\alpha_i = i \cdot \Delta\alpha, \quad (33)$$

$$\Delta\alpha = 1/n, \quad (34)$$

$$G_l = G_0 + l \cdot \Delta G, \quad (35)$$

$$\Delta G = \frac{G_L - G_0}{L}, \quad (36)$$

$$i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}.$$

Приклад 4. Нехай прогнозна оцінка (у тис. грн) критеріального економічного показника деякого господарського заходу або виду діяльності підприємства описується трапецієподібним нечітким числом:

$$\begin{aligned} \tilde{K} &= (K_{\min}, \underline{K}^{1,0}, \overline{K}^{1,0}, K_{\max}) = \\ &= (-60\,000, 85\,000, 120\,000, 210\,000). \end{aligned}$$

Необхідно визначити ступінь ризику невідповідності критеріального показника його нормативному рівню, якщо останній задано трикутним нечітким числом, тис. грн:

$$\tilde{G} = (G_{\min}, G_{\text{mod}}, G_{\max}) = (0, 15\,000, 25\,000).$$

Після виконання необхідних розрахункових процедур можна одержати, що шуканий показник ступеня ризику дорівнює 0,115 (11,5%). При цьому в основу проведених розрахунків було покладено такі додаткові припущення: $n = 20$; $\Delta G = 2\,500$ (тис. грн).

Однією з тенденцій теперішнього розвитку методології моделювання невизначеності є розроблення теорій, які орієнтовані на ситуації змішаної, або комбінованої, невизначеності. До числа теорій такого роду належить, зокрема, теорія нечітко-випадкових величин, де під останніми слід розуміти випадкові величини, які набувають нечітких значень [12].

В аспекті проблематики формалізації й аналізу економічної інформації, обтяженої змішаною невизначеністю, у розрізі предмета цієї статті видається слушним розглянути ситуацію, коли оцінка економічного показника, якому належить роль критерію прийняття рішення в межах досліджуваної економіко-управлінської задачі, характеризується ймовірнісною (стохастичною) невизначеністю, тобто описується як випадкова величина, тоді як його нормативний рівень (норматив) задано інтервальною або нечіткою оцінкою.

Отже, нехай X – критеріальний економічний показник, який оптимізується в напрямі максимуму та який підлягає аналізу стосовно рівня ризику. Припустимо також, що оцінка даного показника описується випадковою величиною (\tilde{X}). Покладемо далі, що зацікавлена особа оперує нормативним рівнем критеріального економічного показника (G), який може задаватися нею в інтервальной, або ж нечіткій формі. Необхідно визначити ступінь ризику для розглядуваного критерію з точки зору можливості дотримання

встановленого нормативу, тобто оцінити ймовірність події $\tilde{X} < G$.

Беручи до уваги результати, наведені вище, шуканий показник ступеня ризику (*Risk*) може бути знайдений у такий спосіб.

Ситуація 1*. Оцінка критерію X – випадкова величина, оцінка нормативу G – інтервал:

$$Risk_{\tilde{X}\tilde{G}} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L P(\tilde{X} < G_l), \quad (37)$$

$$G_l = G_0 + l \cdot \Delta G, \quad l = \overline{1, L}, \quad (38)$$

$$\Delta G = \frac{G_L - G_0}{L}, \quad (39)$$

де $P(\dots)$ – ймовірність відповідної події.

Ситуація 2*. Оцінка критерію X – випадкова величина, оцінка нормативу G – нечітке число:

$$Risk_{\tilde{X}\tilde{G}} = \frac{\sum_{l=1}^L \mu_{\tilde{G}}(G_l) P(\tilde{X} < G_l)}{\sum_{l=1}^L \mu_{\tilde{G}}(G_l)}, \quad (40)$$

$$G_l = G_0 + l \cdot \Delta G, \quad l = \overline{1, L}, \quad (41)$$

$$\Delta G = \frac{G_L - G_0}{L}. \quad (42)$$

Зауважимо, що розрахункова модель міри ризику (40)–(42) майже збігається з відповідними співвідношеннями для розглядуваної ситуації, одержаними нами раніше [4]. Деякі відмінності, які мають місце, пов'язані з відмінностями у вихідних припущеннях, покладених в основу зазначених розрахункових конструкцій.

ВИСНОВКИ

Як підсумок проведеного дослідження можна констатувати таке.

Поряд із невизначеністю як стохастичністю (випадковістю) економічна діяльність обтяжена невизначеністю іншого роду. На цей час одним із базових підходів до моделювання нестохастичної невизначеності в управлінні в економічних системах є методологія на основі теорії нечітких множин. До числа першочергових проблемних питань, пов'язаних з економічними застосуваннями нечітко-множинної методології, належить питання формування в її межах повноцінного комплексу інструментальних засобів для кількісного оцінювання ступеня економічного ризику.

У межах методичного підходу до інтерпретації нечітких оцінок на основі аналогії між випадковими та нечіткими величинами в дослідженні було здійснено подальший розвиток обчислювального аспекту міри ризику як ступеня можливості невідповідності значення критеріального економічного показника його нормативному рівню для випадку, коли має місце одночасна нестохастична невизначеність оцінок останніх.

Відповідно до поставленої мети та обраного методичного підходу в роботі було послідовно розглянуто ряд практично значущих ситуацій, визначуваних характером нестохастично невизначених оцінок критеріального економічного показника та його нормативу, для кожної з яких було знайдено співвідношення для розрахунку ступеня ризику. Запропоновані розрахункові формули було апробовано на умовних прикладах. Результати апробації засвідчили спроможність розробленого обчислювального інструментарію.

Також у дослідженні було приділено увагу ситуації вимірювання ризику, коли оцінка критеріального економічного показника моделюється як випадкова величина, у той час як його нормативний рівень описується інтервальною або нечіткою оцінкою.

На завершення доцільно зауважити, що перспективним напрямом подальших наукових розвідок за порушеною у статті проблематикою є формування деякої узагальненої методології кількісного оцінювання ступеня економічного ризику, яка б дозволяла з єдиних теоретичних позицій вимірювати ризик для різних ситуацій інформаційної невизначеності. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Алтунин А. Е., Семухин М. В. Расчеты в условиях риска и неопределенности в нефтегазовых технологиях : монография. Тюмень : Изд-во Тюменского государственного университета, 2005. 217 с.
2. Гавриленко М. А. Применение теории нечетких множеств в оценке рисков инвестиционных проектов. *Аудит и финансовый анализ*. 2013. № 5. С. 75–81. URL: https://auditfin.com/fin/2013/5/2013_V_03_03.pdf
3. Деревянко П. М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13. СПб., 2006. 224 с.
4. Коцюба О. С. Нечітко-множинна методологія як сучасний підхід до моделювання невизначеності в управлінні підприємством // Неоекономіка та імперативи розвитку підприємництва : монографія / за ред. І. М. Репіної. Київ : КНЕУ, 2021. С. 27–34.
5. Коцюба О. С. Оцінювання ступеня ризику в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу привабливості господарської діяльності. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 6. С. 953–958. URL: <http://global-national.in.ua/archive/6-2015/195.pdf>
6. Коцюба О. С. Развитие нечітко-множинного апарату вимірювання ризику: випадок одночасної нечіткості критеріального показника та його нормативу. *Проблеми економіки*. 2019. № 4. С. 264–271. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-4-264-271>
7. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 725 с.
8. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами. *Аудит и финансовый анализ*. 2000. № 2. URL: https://auditfin.com/fin/2000/2/fin_2000_21_rus_04_01.pdf
9. Севастьянов П. В., Севастьянов Д. П. Оценка финансовых параметров и риска инвестиций с позиций

теории нечетких множеств. *Надежные программы*. 1997. № 1. С. 10–18.

10. Чернов В. Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. М. : Горячая линия–Телеком, 2007. 312 с.
11. Georgescu I. *Possibility Theory and the Risk*. Berlin : Springer-Verlag, 2012. XII, 128 p.
12. Liu B. *Theory and Practice of Uncertain Programming*. 2nd ed. Berlin : Springer-Verlag, 2002. X, 182 p.
13. Moore R. E. *Interval analysis*. New Jersey : Prentice-Hall, 1966. XI, 145 p.
14. Rutkowska D. *Neuro-Fuzzy Architectures and Hybrid Learning*. New York : Physica-Verlag, 2002. XIII, 288 p.
15. Vercher E., Bermudez J. D. A Possibilistic Mean-Downside Risk-Skewness Model for Efficient Portfolio Selection. *IEEE Transactions Fuzzy Systems*. 2013. Vol. 21. No. 3. P. 585–595. DOI: [10.1109/TFUZZ.2012.2227487](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2227487)
16. Vercher E., Bermudez J. D. Portfolio optimization using a credibility mean-absolute semi-deviation model. *Expert Systems Applications*. 2015. Vol. 42. Iss. 20. P. 7121–7131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.05.020>
17. Zadeh L. A. Fuzzy Sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8. P. 338–353. URL: https://www.liphy.univ-grenoble-alpes.fr/pagesperso/bahram/biblio/Zadeh_Fuzzy-SetTheory_1965.pdf

REFERENCES

- Altunin, A. Ye., and Semukhin, M. V. *Raschety v usloviyakh riska i neopredelennosti v neftegazovykh tekhnologiyakh* [Calculations in Conditions of Risk and Uncertainty in Oil and Gas Technologies]. Tyumen: Izd-vo Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2005.
- Chernov, V. G. *Modeli podderzhki prinyatiya resheniy v investitsionnoy deyatel'nosti na osnove apparata nechetkikh mnozhestv* [Decision Support Models in Investment Activities Based on the Apparatus of Fuzzy Sets]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2007.
- Derevyanko, P. M. "Modeli i metody prinyatiya strategicheskikh resheniy po raspredeleniyu realnykh investitsiy predpriyatiya s primeneniem teorii nechetkikh mnozhestv" [Models and Methods for Making Strategic Decisions on the Distribution of Real Investments of an Enterprise Using the Theory of Fuzzy Sets]: *dis. ... kand. ekon. nauk* : 08.00.13, 2006.
- Gavrilenko, M. A. "Primeneniye teorii nechetkikh mnozhestv v otsenke riskov investitsionnykh proektov" [Application of the Theory of Fuzzy Sets in Assessing the Risks of Investment Projects]. *Audit i finansovyy analiz*, no. 5 (2013): 75-81. https://auditfin.com/fin/2013/5/2013_V_03_03.pdf
- Georgescu, I. *Possibility Theory and the Risk*. Berlin: Springer-Verlag, 2012.
- Kotsyuba, O. S. "Otsiniuvannya stupenia ryzyku v razi odnochasnoi nechitkosti kryteriiu i normatyvu pryvablyvosti hospodarskoi diialnosti" [Estimation of Risk Level under Fuzziness of Criterion and Normative Level of Economic Activities Performance]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, iss. 6 (2015): 953-958. <http://global-national.in.ua/archive/6-2015/195.pdf>

- Kotsyuba, O. S. "Rozvytok nechitko-mnozhynnoho aparatu vymiriuvannia ryzyku: vypadok odnochasnoi nechitkosti kryterialnoho pokaznyka ta yoho normatyvu" [Development of a Fuzzy Set Apparatus for Risk Measurement: the Case of Simultaneous Fuzziness of the Criterion Indicator and its Standard]. *Problemy ekonomiky*, no. 4 (2019): 264-271.
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-4-264-271>
- Kotsyuba, O. S. "Nechitko-mnozhynna metodolohiia yak suchasnyi pidkhid do modeliuvannia nevyznachenosti v upravlinni pidpriemstvom". [Fuzzy-plural Methodology as a Modern Approach to Modeling Uncertainty in Enterprise Management]. *Neoeconomika ta imperatyvy rozvytku pidpriemnytstva*: monograf. Kyiv: KNEU, 2021.
- Leonkov, A. V. *Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy Modeling in MATLAB and FuzzyTECH]. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005.
- Liu, B. *Theory and Practice of Uncertain Programming*. Berlin: Springer-Verlag, 2002.
- Moore, R. E. *Interval analysis*. New Jersey: Prentice-Hall, 1966.
- Nedosekin, A. O. "Primeneniye teorii nechetkikh mnozhestv k zadacham upravleniya finansami" [Application of the Theory of Fuzzy Sets to Financial Management Problems]. *Audit i finansovyy analiz*, no. 2 (2000). https://auditfin.com/fin/2000/2/fin_2000_21_rus_04_01.pdf
- Rutkowska, D. *Neuro-Fuzzy Architectures and Hybrid Learning*. New York: Physica-Verlag, 2002.
- Sevastyanov, P. V., and Sevastyanov, D. P. "Otsenka finansovykh parametrov i riska investitsiy s pozitsiy teorii nechetkikh mnozhestv" [Assessment of Financial Parameters and Investment Risk From the Point of View of the Theory of Fuzzy Sets]. *Nadezhnyye programmy*, no. 1 (1997): 10-18.
- Vercher, E., and Bermudez, J. D. "A Possibilistic Mean-Downside Risk-Skewness Model for Efficient Portfolio Selection". *IEEE Transactions Fuzzy Systems*, vol. 21, no. 3 (2013): 585-595.
DOI: [10.1109/TFUZZ.2012.2227487](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2227487)
- Vercher, E., and Bermudez, J. D. "Portfolio optimization using a credibility mean-absolute semi-deviation model". *Expert Systems Applications*, vol. 42, no. 20 (2015): 7121-7131.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.05.020>
- Zadeh, L. A. "Fuzzy Sets". *Information and Control*, vol. 8 (1965): 338-353. https://www.liphy.univ-grenoble-alpes.fr/pagesperso/bahram/biblio/Zadeh_Fuzzy-SetTheory_1965.pdf

УДК 330.4:519.8:519.7:007
JEL: C02; C15; D92; G32

МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЯГУ СПЕЦІАЛЬНОГО СТАБІЛІЗАЦІЙНОГО РЕЗЕРВНОГО ФОНДУ (НА ПРИКЛАДІ ГОТЕЛЮ «ЖОВТНЕВИЙ»)

©2021 ЛИСЕНКО О. В.

УДК 330.4:519.8:519.7:007
JEL: C02; C15; D92; G32

Лисенко О. В. Моделювання обсягу спеціального стабілізаційного резервного фонду (на прикладі готелю «Жовтневий»)

У статті наведено застосування економіко-математичного інструментарію для забезпечення достатнього рівня фінансування операційних періодів підприємств. Цей інструментарій представлено спеціальним стабілізаційним резервним фондом підприємств і системою моделей: моделлю формування зазначеного фонду, його адаптивною математичною моделлю та алгоритмічною моделлю управління фондом, реалізованою у вигляді відповідної комп'ютерної програми оцінювання обсягів додаткового фінансування й обсягів відновлення та нарощення фонду. Для побудови концептуальної моделі процесу забезпечення фінансування операційних періодів підприємств використано методи системного аналізу та прогностичний пропорційний метод, що зумовлено застосуванням даних балансової звітності підприємств. Економічною сутністю процесу виступає спеціальний стабілізаційний резервний фонд підприємства, який, відповідно до законодавства України, формується за рахунок власних інвестицій і створюється за свідомим бажанням власників, і це закріплюється в статутних документах підприємств. Математичною сутністю процесу є система, яка містить математичну та алгоритмічну моделі фонду. З метою оцінювання обсягів спеціального стабілізаційного резервного фонду підприємства до аналізу функції витрат застосовано аналітичний підхід вартості грошей у часі. Кількісне оцінювання верхньої межі нарощення спеціального стабілізаційного резервного фонду підприємств базується на припущенні, що прогностичний обсяг грошового потоку витрат для кожного наступного операційного періоду буде відображати фінансову межу розвитку процесу в наступному періоді в безкризовій ситуації. Математична модель фонду легко адаптується до умов роботи кожного конкретного підприємства. Її можна використовувати навіть при спадному виробничому процесі як стабілізуючу інвестицію. Запропонований інструментарій варто застосовувати як для виробничих підприємств, так і для підприємств, що надають послуги, наприклад закладів сфери гостинності. Робота базується на статистичних даних готелю «Жовтневий» (Україна).

Ключові слова: спеціальний стабілізаційний резервний фонд, експоненційна функція, сила зростання, неперервна ставка нарощення, грошовий потік.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-58-64>

Рис.: 2. Табл.: 2. Формул: 7. Бібл.: 11.

Лисенко Олена Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри туризму та готельно-ресторанного бізнесу, Дніпровський гуманітарний університет (вул. Єрмолової, 35, Дніпро, 49033, Україна)

E-mail: Lysienko.Elena@gmail.com