

АНАЛІЗ РОЗБІЖНОСТЕЙ В ОЦІНКАХ СТУПЕНЯ РИЗИКУ НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ У МЕЖАХ НЕЧІТКО-МНОЖИННОЇ МЕТОДОЛОГІЇ

© 2016 КОЦЮБА О. С.

УДК 658:519.866

Коцюба О. С. Аналіз розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі альтернативних методів у межах нечітко-множинної методології

Мета статті полягає в аналізі розбіжностей між оцінками ступеня ризику на основі альтернативних методів у межах нечітко-множинної методології. Дослідження обмежено компонентом (аспектом) міри ризику як ступеня можливості того, що фактичне значення критерію привабливості (ефективності) розглядуваної господарської діяльності або заходу не відповідатиме деякому заданому (нормативному) рівню. У системі нечітко-множинного підходу цей напрям представлений трьома основними методами: на основі теоретико-ймовірнісної аналогії та на основі інтервальної за рівнями належності методології «з» і «без» зважування (відповідно модифікований і вихідний метод Недосєкіна – Воронова). За допомогою сформульованої автором функції розбіжностей було проведено порівняльний аналіз зазначених методів оцінювання величини ризику. Було виявлено, що альтернативні оцінки ступеня ризику в межах якоїсь шкали його градацій можуть конфліктувати між собою. Одержані результати служать теоретичним підґрунтям для відповідального й осмисленого підходу до орієнтації на той чи інший метод вимірювання ризику під час підготовки і прийняття управлінського рішення в ситуації нечітких даних. Подальші наукові зусилля за порушеною в публікації проблемою мають бути спрямовані на формування цілісної методології кількісного аналізу ризику в межах нечітко-множинного підходу.

Ключові слова: невизначеність, ризик, міра ризику, теорія нечітких множин, метод Недосєкіна – Воронова.

Рис.: 1. **Табл.:** 4. **Формул.:** 9. **Бібл.:** 14.

Коцюба Олексій Станіславович – кандидат економічних наук, доцент, докторант кафедри стратегії підприємств, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03680, Україна)

E-mail: kotsyuba@voliacable.com

УДК 658:519.866

UDC 658:519.866

Коцюба А. С. Аналіз расхождений в оценках степени риска на основе альтернативных методов в рамках нечётко-множественной методологии

Целью статьи является анализ расхождений между оценками степени риска на основе альтернативных методов в рамках нечетко-множественной методологии. Исследование ограничено компонентом (аспектом) меры риска как степени возможности того, что фактическое значение критерия привлекательности (эффективности) рассматриваемой хозяйственной деятельности или мероприятия не будет соответствовать некоторому заданному (нормативному) уровню. В системе нечетко-множественного подхода это направление представлено тремя основными методами: на основе теоретико-вероятностной аналогии и на основе интервальной по уровням принадлежности методологии «с» и «без» взвешивания (соответственно модифицированный и исходный метод Недосєкіна – Воронова). С помощью сформулированной автором функции расхождений был проведен сравнительный анализ указанных методов оценки величины риска. Было выявлено, что альтернативные оценки степени риска в рамках некоторой шкалы его градаций могут конфликтовать между собой. Полученные результаты служат теоретической базой для ответственного и осмысленного подхода к ориентации на тот или иной метод измерения риска при подготовке и принятии управленческого решения в ситуации нечетких данных. Дальнейшие научные усилия по затронутой в публикации проблеме должны быть направлены на формирование целостной методологии количественного анализа риска в рамках нечетко-множественного подхода.

Ключевые слова: неопределенность, риск, мера риска, теория нечетких множеств, метод Недосєкіна – Воронова.

Рис.: 1. **Табл.:** 4. **Формул.:** 9. **Библ.:** 14.

Коцюба Алексей Станіславович – кандидат экономических наук, доцент, докторант кафедры стратегии предприятий, Киевский национальный экономический университет им. В. Гетьмана (пр. Победы, 54/1, Киев, 03680, Украина)

E-mail: kotsyuba@voliacable.com

Kotsyuba O. S. Variance Analysis in the Risk Assessments Based on the Alternative Methods Within the Fuzzy Multiple Methodology

The article is concerned with analyzing the differences between risk assessments based on the alternative methods within the fuzzy multiple methodology. The study is restricted with the component (aspect) of the risk measure as degree of possibility of that the actual value of the criterion of attractiveness (efficiency) of the considered economic activity or event will not match some specified (normative) level. In the system of fuzzy multiple approach this direction is represented by the three main methods: based on the theoretical-probabilistic analogy and on the basis of the intervallic by the levels of membership methodology «with» and «without» weighing (both the respectively modified and the original Nedosekin-Voronov method). By means of the function of divergences, formulated by the author, a comparative analysis of the indicated methods for estimating the magnitude of risk has been carried out. It has been found that the alternative risk assessments within some scale of risk gradations can conflict between themselves. The received results serve as a theoretical basis for the responsible and meaningful approach to orientation on a method of risk measuring when preparing and adopting managerial decisions in a fuzzy data situation. Further research efforts concerning the issue, considered in this publication, should be directed to formation of a coherent methodology for a quantitative risk analysis within terms of the fuzzy multiple approach.

Keywords: uncertainty, risk, risk measure, fuzzy set theory, Nedosekin-Voronov method.

Fig.: 1. **Tabl.:** 4. **Formulae:** 9. **Bibl.:** 14.

Kotsyuba Oleksiy S. – PhD (Economics), Associate Professor of the Candidate on Doctor Degree, Department of Enterprises Strategy, Kyiv National Economic University named after V. Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03680, Ukraine)

E-mail: kotsyuba@voliacable.com

Однією з фундаментальних властивостей економіки є невизначеність. Супроводжуючи процеси функціонування виробничо-економічних систем, невизначеність зумовлює те, що суб'єкти управ-

ління не можуть бути впевненими в правильності ані сформованих цільових настанов, ані способів їх досягнення. Тобто невизначеність обтяжує управлінську діяльність ризиком її неефективності, коли поставлені

цілі та завдання не реалізуються. Відповідно, раціональне управління підприємством, створення передумов для його успіху передбачає обов'язкове врахування факторів невизначеності та ризику.

Окрім проблемних ситуацій, які характеризуються стохастичною (ймовірнісною) невизначеністю параметрів, у сучасній ризикології розглядаються ситуації, початкові параметри яких описуються нечіткими (розпливчастими) оцінками на основі математичного апарату нечітких множин. Наслідком нечіткості вихідних параметрів є нечіткість результуючих показників (критеріїв) привабливості (ефективності) аналізованої проблемної ситуації та, відповідно, її ризикованість.

Фундаторами у впровадженні методів теорії нечітких множин в економіку є передусім західні дослідники. За теперішнього часу активну участь у розбудові даної науково-практичної галузі беруть вчені країн пострадянського простору, у тому числі України.

Особливе місце в дослідженнях нечітко-множинної методології у сфері економіки і бізнесу посідає питання кількісного оцінювання господарського ризику. Сучасний стан даної проблематики репрезентативно відображають праці [1–4]. Також як значущі слід оцінити здобутки в цій сфері, які належать О. О. Недосекіну, П. В. Севаст'янову, Л. Г. Димовій, П. М. Дерев'янку, О. С. Птускіну, М. О. Гавриленку [5–9]. Відмітними рисами робіт зазначених науковців є прагнення до концептуальної виваженості, врахування формальних (конструктивних) і змістовних (інтерпретаційних) особливостей нечітко-множинного підходу, доведення пропонованого аналітичного інструментарію до рівня, який передбачає можливість його безпосереднього використання.

Незважаючи на очевидний прогрес у створенні методичного апарату для вимірювання ризику в ситуації нечітких даних, наявні результати не вичерпують всіх важливих складових цієї проблеми. Зокрема, недостатньо дослідженим і таким, що потребує належного теоретичного опрацювання, є питання розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі альтернативних методів у межах нечітко-множинної методології. Його аналізу й присвячується ця робота.

Згідно з нинішньою парадигмою ризикології як один з базових компонентів міри ризику виступає ступінь можливості того, що фактичне значення критерію привабливості аналізованої господарської діяльності або заходу не відповідатиме деякому заданому (нормативному) рівню. У межах нечітко-множинної методології відповідний показник будується на основі формалізму можливісної міри. При цьому пропонується декілька варіантів останньої: на основі теоретико-ймовірнісної аналогії або підходу [10; 11], а також на основі інтервальної за рівнями належності методології, яка, своєю чергою, присутня у двох версіях – «з» і «без» зважування [5; 7; 11].

Для потреб даного дослідження обмежимося випадком трикутної нечіткості критеріального економічного показника. Окрім цього, припускати, що аналізований критерій має позитивний знак інгредієнта, тобто

він оптимізується в напрямі максимуму. У такому разі формули для обчислення ступеня ризику в межах зазначеної вище його трактовки набувають такого вигляду.

Для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії [12, с. 199]:

$$Risk_{\tilde{K}}^P = \begin{cases} S_1 \alpha_1, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \alpha_1^2, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ S_1 \alpha_1, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - S_1 \alpha_1^2, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1 - S_1 \alpha_1, & G \geq K_{\max} \end{cases}, \quad (1)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ \frac{G - K_{\min}}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ 1, & G = K_{\text{mod}} \\ \frac{K_{\max} - G}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 0, & G \geq K_{\max} \end{cases}, \quad (2)$$

$$S_1 = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 0, & G \geq K_{\max} \end{cases}, \quad (3)$$

де K – показник (критерій) привабливості (ефективності) аналізованої господарської діяльності або заходу;

\tilde{K} – нечітка оцінка критерію K ;

$Risk_{\tilde{K}}^P$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K на основі теоретико-ймовірнісної аналогії;

K_{\min}, K_{\max} – відповідно мінімальне і максимальне значення критерію K ;

K_{mod} – найочікуваніше (модальне) значення критерію K (для нього значення функції належності дорівнює 1);

G – нормативний рівень (норматив) критерію K .

Для методу згідно з інтервальною методологією без зважування (метод Недосекіна – Воронова) [5, с. 75; 12, с. 199]:

$$Risk_{\tilde{K}}^I = \begin{cases} S_1 \alpha_1, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \cdot [\alpha_1 + (1 - \alpha_1) \cdot \ln(1 - \alpha_1)], & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ S_1 \alpha_1, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - S_1 [\alpha_1 + (1 - \alpha_1) \cdot \ln(1 - \alpha_1)], & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1 - S_1 \alpha_1, & G \geq K_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

де $Risk_{\tilde{K}}^I$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K згідно з інтервальним підходом без зважування.

Для методу на основі інтервальної методології із зважуванням (модифікований метод Недосекіна – Воронова) [12, с. 199]:

$$Risk_{\bar{K}}^{lw} = \begin{cases} S_1 \alpha_1, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \cdot [\alpha_1 + \alpha_1(1-\alpha_1) + 2(1-\alpha_1) \cdot \ln(1-\alpha_1)], & K_{\min} < G < K_{\text{mod}}, \\ S_1 \alpha_1, & G = K_{\text{mod}}, \\ 1 - S_1 \cdot [\alpha_1 + \alpha_1(1-\alpha_1) + 2(1-\alpha_1) \cdot \ln(1-\alpha_1)], & K_{\text{mod}} < G < K_{\max}, \\ 1 - S_1 \alpha_1, & G \geq K_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

де $Risk_{\bar{K}}^{lw}$ – ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K згідно з інтервальним методом зі зважуванням.

Неважко перевірити, що між оцінками ступеня ризику на основі представлених вище альтернативних методів у разі трикутної нечіткості критерію має місце така система співвідношень [11, с. 676].

1. $G \leq K_{\min} : Risk_{\bar{K}}^{lw} = Risk_{\bar{K}}^I = Risk_{\bar{K}}^P = 0.$
2. $K_{\min} < G < K_{\text{mod}} : Risk_{\bar{K}}^{lw} < Risk_{\bar{K}}^I < Risk_{\bar{K}}^P.$

При цьому $Risk_{\bar{K}}^I - Risk_{\bar{K}}^{lw} = Risk_{\bar{K}}^P - Risk_{\bar{K}}^I$. Відповідно,

$$Risk_{\bar{K}}^I = \frac{1}{2}(Risk_{\bar{K}}^P + Risk_{\bar{K}}^{lw}).$$

3. $G = K_{\text{mod}} : Risk_{\bar{K}}^{lw} = Risk_{\bar{K}}^I = Risk_{\bar{K}}^P =$
 $= \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}.$

4. $K_{\text{mod}} < G < K_{\max} : Risk_{\bar{K}}^P < Risk_{\bar{K}}^I < Risk_{\bar{K}}^{lw}.$

При цьому $Risk_{\bar{K}}^I - Risk_{\bar{K}}^P = Risk_{\bar{K}}^{lw} - Risk_{\bar{K}}^I$. Відповідно,

$$Risk_{\bar{K}}^I = \frac{1}{2}(Risk_{\bar{K}}^P + Risk_{\bar{K}}^{lw}).$$

5. $G \geq K_{\max} : Risk_{\bar{K}}^P = Risk_{\bar{K}}^I = Risk_{\bar{K}}^{lw} = 1.$

Аля альтернативних оцінок ступеня ризику наведена система фіксує факт розбіжностей і надає важливі відомості щодо порядкових співвідношень між ними. Наступним кроком має бути аналіз величини даних розбіжностей у межах практично значущого (релевантного) проміжку зміни нормативу критеріального показника. Враховуючи наведені вище закономірності, такий аналіз достатньо обмежити будь-якою парою з розглядуваних нечітко-множинних методів вимірювання ризику.

Виходячи з наявних сьогодні уподобань стосовно цих методів в академічному середовищі та практики їх застосування, які можна виявити, якщо здійснити огляд відповідних джерел, пропонується з цієї метою звернутися до методу на основі теоретико-ймовірнісної методології і методу Недосекіна – Воронова. Кількісний аналіз розбіжностей в альтернативних оцінках ступеня ризику потребує введення відповідної функції. Якщо зіставляти між собою оговорені методи, то для проміжку зміни нормативу G від K_{\min} до K_{mod} зазначена функція розбіжностей може бути подана в такий спосіб:

$$\Delta_I^P(\alpha_1, S_1) = \begin{cases} 0, & \alpha_1 = 0, S_1 \in [0, 1] \\ S_1[\alpha_1^2 - \alpha_1 - (1-\alpha_1)\ln(1-\alpha_1)], & \alpha_1 \in (0, 1), S_1 \in [0, 1] \\ 0, & \alpha_1 = 1, S_1 \in [0, 1] \end{cases} \quad (6)$$

де $\Delta_I^P = \Delta_I^P(\alpha_1, S_1)$ – функція розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісного підходу і методу Недосекіна – Воронова, при цьому $\alpha_1 = \alpha_1(G)$.

Репрезентовану вище функцію розбіжностей можна записати дещо інакше:

$$\Delta_I^P(\alpha_1, S_1) = S_1 \Delta_I^P(\alpha_1), \alpha_1 \in [0, 1], S_1 \in [0, 1], \quad (7)$$

$$\Delta_I^P(\alpha_1) = \begin{cases} 0, & \alpha_1 = 0, \\ [\alpha_1^2 - \alpha_1 - (1-\alpha_1)\ln(1-\alpha_1)], & \alpha_1 \in (0, 1), \\ 0, & \alpha_1 = 1, \end{cases} \quad (8)$$

Максимальні розбіжності на множині визначення функції $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1)$ досягаються, якщо $S_1 = 1$. Максимальне значення на множині визначення функції $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = \text{const})$ набуває для значення α_1^* , для якого справедливо [11, с. 677–678]:

$$\ln(1-\alpha_1^*) = -2\alpha_1^*, \alpha_1^* \approx 0,797.$$

При цьому на проміжку від 0 до α_1^* функція $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = \text{const})$ строго зростає, а на проміжку від α_1^* до 1 – строго спадає. На *рис. 1* представлено графік функції $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = \text{const})$ для $S_1 = 1$ і $S_1 = 0,5$.

З практичної точки зору інтерес становить аналіз розбіжностей у межах якоїсь системи градацій ступеня ризику. Звернемося з цією метою до шкали, яка пропонується в роботі [13, с. 114] (*табл. 1*).

Таблиця 1

Шкала градацій ступеня ризику

Інтервал значень ступеня ризику	Найменування інтервалу (якісна оцінка)
0,0–0,1	мінімальний
0,1–0,3	невеликий
0,3–0,4	середній
0,4–0,6	високий
0,6–0,8	максимальний
0,8–1,0	критичний

У *табл. 2* відображені результати оцінювання розбіжностей в оцінках ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісного підходу і методу Недосекіна – Воронова в межах шкали градацій, прийнятої вище. При цьому для кожної градації ступеня ризику обчислена величина середньої розбіжності, а також величина розбіжності, яка відповідає середньому значенню для даної градації.

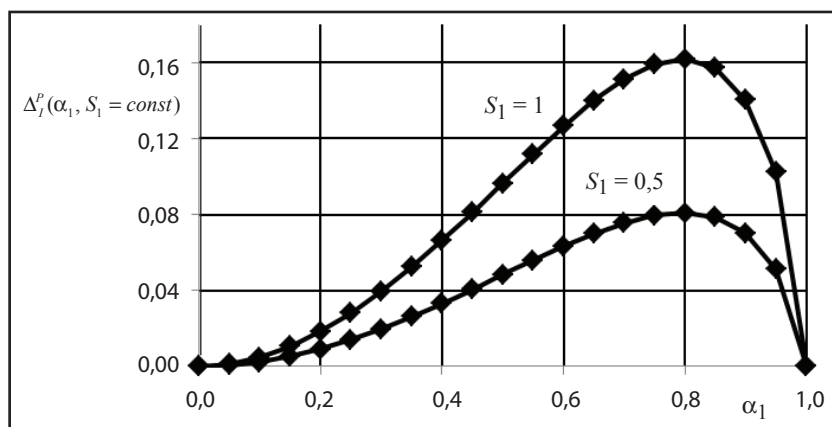


Рис. 1. Графік функції $\Delta_I^P(\alpha_1, S_1 = \text{const})$ для $S_1 = 1$ і $S_1 = 0,5$

Таблиця 2

Аналіз розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії та методу Недосекіна – Воронова ($S_1 = 1$)

Інтервал значень (градація) ступеня ризику	Найменування або якісна ідентифікація інтервалу (градації)	Інтервал значень параметра α_1 , що відповідає даній градації ступеня ризику	Середня величина розбіжності для даного інтервалу	Значення параметра α_1 , що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику	Величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику
0,0–0,1	мінімальний	0,000–0,413	0,0249	0,299	0,0394
0,1–0,3	невеликий	0,413–0,666	0,1081	0,563	0,1157
0,3–0,4	середній	0,666–0,748	0,1521	0,709	0,1529
0,4–0,6	високий	0,748–0,868	0,1598	0,813	0,1615
0,6–0,8	максимальний	0,868–0,950	0,1328	0,913	0,1330
0,8–1,0	критичний	0,950–1,000	0,0632	0,980	0,0586

В основу представленого в табл. 2 аналізу було покладено такі припущення:

- 1) параметр S_1 зафіксовано на рівні 1;
- 2) відповідність між параметром α_1 і градаціями ступеня ризику визначалася для методу Недосекіна – Воронова (тобто його обрано як базу порівняння);
- 3) оцінювання середньої величини розбіжності між альтернативними оцінками ступеня ризику в межах його окремих градацій здійснювалося на основі співвідношення:

$$AD_I^P(\alpha_1^*, \alpha_1^{**}, S_1) = \frac{S_1}{\alpha_1^{**} - \alpha_1^*} \int_{\alpha_1^*}^{\alpha_1^{**}} \Delta_I^P(\alpha_1) d\alpha_1, \quad (9)$$

$$\{\alpha_1^*, \alpha_1^{**}\} \in [0, 1], \alpha_1^* < \alpha_1^{**},$$

де $AD_I^P(\alpha_1^*, \alpha_1^{**}, S_1)$ – середня величина розбіжності в оцінках ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісного підходу і методу Недосекіна – Воронова в межах проміжку значень параметра α_1 від α_1^* до α_1^{**} і заданого значення параметра S_1 .

Наприклад, якщо взяти градацію, яка відповідає мініимальному ступеню ризику, то обчислення середньої

величини розбіжності в межах зроблених раніше припущень згідно з наведеним співвідношенням має вигляд:

$$AD_I^P(0, 0,413, 1) = \frac{1}{0,413} \times \int_0^{0,413} [\alpha_1^2 - \alpha_1 - (1 - \alpha_1) \ln(1 - \alpha_1)] d\alpha_1 \approx 0,0249.$$

Аналіз даних табл. 2 дозволяє дійти таких висновків:

- ✦ для градації, яка відповідає мініимальному ступеню ризику в межах прийнятої шкали, можливі розбіжності для порівнюваних методів з погляду їх значущості для прийняття управлінського рішення не є критичними, оскільки в середньому вони становлять 0,0249, тобто трохи менше 2,5 відсоткових пункти. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює 0,0394. Можна до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,0703. У цілому це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова виявиться мініимальним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної методології він буде

- або також мінімальним, або невеликим, ближче до мінімального, ніж до середнього;
- ✦ для градації, яка відповідає невеликому ступеню ризику, можливі розбіжності в межах порівнюваних методів є такими, що вони здатні вплинути на управлінське рішення, оскільки в середньому вони становлять 0,1081, тобто трохи більше 10,8 відсоткових пункти. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює 0,1157. Доцільно до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,1438. Це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова буде невеликим, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного підходу він з великою можливістю може виявитися середнім. Також існує можливість того, що останній метод покаже високий ступінь ризику;
- ✦ в разі, якщо ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова виявиться середнім, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він гарантовано буде високим, оскільки для лівого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність між альтернативними оцінками ступеня ризику становить, як вже було зазначено вище, близько 0,1438.

Проведений вище аналіз здійснювався в припущенні, що $S_1 = 1$, яке є похідним від граничної за своїм характером умови, згідно з якою $K_{mod} = K_{max}$. Очевидно, що як більш реалістичну або поширену слід розцінювати ситуацію, коли $K_{mod} < K_{max}$, відповідно, $S_1 < 1$. Виходячи з гіпотези про принципове переважання небажаних відхилень від найбільш очікуваного сценарію в межах деякої господарської діяльності або заходу, покладемо значення параметра рівним 0,75. Тоді кількісні характеристики розбіжностей в оцінках ступеня ризику на основі теоретико-ймовірнісного підходу і методу Недосекіна – Воронова набудуть значень, які наведені в *табл. 3*.

Аналіз даних *табл. 3* показує, що зниження значення параметра S_1 до 0,75 в межах градацій мінімального і невеликого ризику майже не змінює порівняно з попередньою ситуацією ($S_1 = 1$) рівень узгодженості/неузгодженості між якісними інтерпретаціями (розпізнаваннями) оцінок ступеня ризику, отриманих за допомогою альтернативних методів. Середня величина розбіжності в межах зазначених градацій становить відповідно 0,0236 і 0,0953. Величина розбіжності для середнього значення в межах даних градацій дорівнює відповідно 0,0380 і 0,1019. Додамо до цього, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваних градацій розбіжність становить відповідно 0,0655 і 0,1190. Тобто в розглядуваній ситуації, так само, як це мало місце для $S_1 = 1$, якщо ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова виявиться мінімальним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної методології він буде або також мінімальним, або невеликим, ближче до мінімального, ніж до середнього. Якщо ж ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова буде невеликим, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного підходу він з великою можливістю може виявитися середнім.

Також, якщо за умови $S_1 = 0,75$ ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова виявиться середнім, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він гарантовано буде високим, з тенденцією ближче до середнього, ніж до максимального, оскільки для лівого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність між альтернативними оцінками ступеня ризику дорівнює, як вже було зазначено вище, близько 0,1190, середня величина розбіжності в межах даної градації становить близько 0,1207, а для правого кінця аналізованої градації розбіжність дорівнює близько 0,1198.

Зрозуміло, що використана в межах проведеного аналізу шкала градацій ступеня ризику не є єдиною або універсальною. Самими її авторами – І. Г. Лапустою та А. Г. Шаршуковою – вона репрезентується як результат емпіричного узагальнення, з урахуванням наукового доробку в цій сфері, який належить Т. Бачкаї, В. Рудашевському, К. Татеїсі, а з другого боку, вони підкреслюють її умовний характер. З приводу останнього

Таблиця 3

Аналіз розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії та методу Недосекіна – Воронова ($S_1 = 0,75$)

Інтервал значень (градація) ступеня ризику	Найменування або якісна ідентифікація інтервалу (градації)	Інтервал значень параметра α , що відповідає даній градації ступеня ризику	Середня величина розбіжності для даного інтервалу	Значення параметра α , що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику	Величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику
0,00–0,10	мінімальний	0,000 – 0,470	0,0236	0,343	0,0380
0,10–0,30	невеликий	0,470 – 0,747	0,0953	0,634	0,1019
0,30–0,40	середній	0,747 – 0,833	0,1207	0,793	0,1214
0,40–0,60	високий	0,833 – 0,950	0,1050	0,899	0,1056
0,60–0,75	максимальний	0,950 – 1,000	0,0474	0,980	0,0440
0,75–0,80	максимальний	Дані значення ступеня ризику в межах прийнятих припущень ($K_{min} \leq G \leq K_{mod}$, $S_1 = 0,75$) не досягаються			
0,80–1,00	критичний				

вони, зокрема, зауважують [13, с. 114]: «У будь-якому випадку, остаточне рішення щодо допустимої для конкретної угоди ймовірності небажаного результату залишається за підприємцем».

Поряд з шкалою, запропонованою І. Г. Лапустою та Л. Г. Шаршуковою, окремий інтерес становить шкала градацій ступеня ризику, яка використовується в роботі О. О. Недосекіна і З. І. Абдулаєвої [14, с. 75]. Пріоритетною сферою її застосування, як можна судити на основі змісту зазначеної публікації, слід вважати проекти реального інвестування та інвестиційно-інноваційну діяльність підприємства. Порівняно з попередньою шкалою дана шкала висуває більш жорсткі вимоги стосовно рівня ризику, який припускає рішення на користь реалізації аналізованої господарської діяльності або заходу (проекту), і містить у своєму складі три градації:

- ✦ прийнятний ризик, який визначається ступенем ризику менше 10 %;
- ✦ граничний ризик, якому відповідає величина ризику від 10 % до 20 %;
- ✦ неприйнятний ризик, якщо ступінь ризику перевищує 20 %.

Доцільно проаналізувати розбіжності в оцінках ступеня ризику для альтернативних нечітко-множинних методів в межах представленої трирівневої шкали. Одержані результати відображені в табл. 4. Керуючись міркуваннями, наведеними раніше, параметр S_1 при цьому було зафіксовано на рівні 0,75.

Аналіз даних табл. 4 дає можливість зробити такі висновки:

- ✦ для градації, яка відповідає прийнятному ступеню ризику, можливі розбіжності для порівнюваних альтернативних методів у середньому становлять близько 0,0236. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює близько 0,0380. Можна до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,0655. Це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова виявиться прийнятним, то згідно з методом на основі теоретико-ймо-

вірнісної методології в більшості випадків він буде також прийнятним, у решті випадків – граничним, за мізерним виключенням ближче до прийнятного, ніж до неприйнятного;

- ✦ для градації, яка відповідає граничному ступеню ризику, можливі розбіжності в межах порівнюваних методів у середньому становлять 0,0842. При цьому величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації, дорівнює 0,0861. Доцільно до цього додати, що для правого кінця інтервалу значень розглядуваної градації розбіжність становить близько 0,1021. У цілому це означає, що якщо ступінь ризику згідно з методом Недосекіна – Воронова буде граничним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного підходу він у більшості випадків буде неприйнятним, у решті (приблизно в 30 %) випадків – також граничним.

ВИСНОВКИ

Результати проведеного дослідження переконливо свідчать, що можливі розбіжності в оцінках ступеня ризику на основі різних нечітко-множинних методів є такими, що орієнтація на той чи інший метод здатна принципово вплинути на управлінське рішення. Тобто альтернативні оцінки ступеня ризику в межах якоїсь шкали його градацій (у роботі їх було використано дві: шести- і трирівнева) можуть конфліктувати між собою. Найменшою мірою це стосується градації мінімального (якщо використовується шестирівнева шкала), або прийнятного (в разі звернення до трирівневої шкали) ризику. Скажімо, якщо згідно з методом Недосекіна – Воронова, який у роботі обрано за базу порівняння, ступінь ризику виявиться мінімальним (прийнятним), то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії він скоріше за все також буде мінімальним (прийнятним), або дуже близьким до мінімального (прийнятного). Ситуація докорінно змінюється вже для наступної градації. Конкретно це виражається в такому. Якщо в межах шестирівневої шкали метод Недосекіна – Воронова покаже невеликий ступінь ризику, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного підходу має місце велика можливість, що він буде середнім. У разі ж використання

Таблиця 4

Аналіз розбіжностей між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії та методу Недосекіна – Воронова в межах трирівневої шкали ($S_1 = 0,75$)

Інтервал значень (градація) ступеня ризику	Найменування або якісна ідентифікація інтервалу (градації)	Інтервал значень параметра α_1 , що відповідає даній градації ступеня ризику	Середня величина розбіжності для даного інтервалу	Значення параметра α_1 , що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику	Величина розбіжності, що відповідає середньому значенню для даної градації ступеня ризику
0,00–0,10	прийнятний	0,000 – 0,470	0,0236	0,343	0,0380
0,10–0,20	граничний	0,470 – 0,635	0,0842	0,560	0,0861
0,20–0,75	неприйнятний	0,635 – 1,000	0,1028	0,884	0,1105
0,75–1,00	неприйнятний	Дані значення ступеня ризику в межах прийнятих припущень ($K_{\min} \leq G \leq K_{\text{mod}}, S_1 = 0,75$) не досягаються			

трирівневої шкали, якщо ступінь ризику за допомогою методу Недосекіна – Воронова буде граничним, то згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісного підходу він в більшості випадків буде вже неприйнятним.

Якщо керуватися суто формальними міркуваннями, то в межах представлених в роботі трьох альтернативних методів можна рекомендувати як основний використовувати метод Недосекіна – Воронова, який в разі трикутної нечіткості критерію економічної діяльності або заходу показує середнє арифметичне між значеннями ступенями ризику, одержаними за допомогою двох інших методів. Якщо ж спробувати встановити структуру пріоритетності для розглядуваних методів виходячи з рівня їх теоретичної обґрунтованості, то в межах наявних на сьогодні уявлень не визначені якісь чіткі підстави (у всякому разі нам вони невідомі), щоб, скажімо, метод Недосекіна – Воронова вважати більш обґрунтованим, ніж його модифіковану версію, або метод на основі теоретико-ймовірнісної аналогії. У контексті останнього одержані в цьому дослідженні результати служать теоретичним підґрунтям для відповідального й осмисленого підходу до орієнтації на той чи інший метод вимірювання ризику під час підготовки і прийняття управлінського рішення в ситуації нечітких даних.

На завершення доцільно також додати, що актуальним напрямом наукових розвідок сучасної ризикології залишається проблема формування цілісної методології кількісного аналізу ризику, яка б охоплювала наявні на сьогодні теорії моделювання невизначеності. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Soft computing for risk evaluation and management: applications in technology, environment, and finance / [Editors Da Ruan, Janusz Kacprzyk, Mario Fedrizzi]. – Heidelberg-New York : Physica-Verlag, 2001. – IX, 514 p.
2. **Georgescu, I.** Possibility Theory and the Risk / I. Georgescu. – Berlin-Heidelberg : Springer, 2012. – XII, 124 p.
3. Intelligent Systems and Decision Making for Risk Analysis and Crisis Response: Proceedings of the 4th International Conference on Risk Analysis and Crisis Response, 27–29 August 2013, Istanbul, Turkey / Editors Chongfu Huang, Cengiz Kahraman. – London : Taylor & Francis Group, 2013. – 950 p.
4. **Chaudhuri, A.** Quantitative modeling of operational risk in finance and banking using possibility theory / A. Chaudhuri, S. K. Ghosh. – Cham-Heidelberg-New York-Dordrecht-London : Springer, 2016. – XVI, 190 p.
5. **Недосекін А. О.** Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А. О. Недосекін. – СПб. : Типография «Сезам», 2002. – 181 с.
6. **Севастьянов П. В.** Невероятностная концепция риска в оптимизации портфеля [Электронный ресурс] / П. В. Севастьянов, Л. Г. Дымова. – Режим доступа : <http://www.ifel.ru/br1/12.pdf>
7. **Деревянко П. М.** Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств : дис. ... канд. экон. наук : спец. 08.00.13 / П. М. Деревянко. – Санкт-Петербург, 2006. – 224 с.
8. **Птускин А. С.** Нечеткие модели и методы в менеджменте : учебное пособие / А. С. Птускин. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 216 с.
9. **Гавриленко М. А.** Применение теории нечетких множеств в оценке рисков инвестиционных проектов / М. А. Гавриленко // Аудит и финансовый анализ. – 2013. – № 5. – С. 75–80.

10. **Тищук Т. А.** Економіко-математичне моделювання процесів управління проектами на основі теорії нечітких множин : дис. ... канд. экон. наук : спец. 08.03.02 / Т. А. Тищук. – Донецьк, 2001. – 160 с.

11. **Коцюба О. С.** Нечітко-множинні методи вимірювання господарського ризику / О. С. Коцюба // Економіка: проблеми теорії та практики : збірник наукових праць. – Вип. 241: в 5 т. – Т. III. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2008. – С. 668–699.

12. **Коцюба О. С.** Кількісне оцінювання господарського ризику в межах нечітко-множинної методології / О. С. Коцюба // Стратегія економічного розвитку України : наук. зб. – К. : КНЕУ, 2015. – Вип. 36. – С. 195–208.

13. **Лапуста М. Г.** Риски в предпринимательской деятельности / М. Г. Лапуста, Л. Г. Шаршукова. – М. : Инфра-М, 1998. – 223 с.

14. **Абдулаева З. И.** Стратегический анализ инновационных рисков / З. И. Абдулаева, А. О. Недосекін. – СПб. : СПбПУ, 2013. – 150 с.

REFERENCES

Abdulayeva, Z. I., and Nedosekin, A. O. *Strategicheskii analiz innovatsionnykh riskov* [Strategic analysis of innovative risks]. St. Petersburg: SPbPU, 2013.

Chaudhuri, A., and Ghosh, S. K. *Quantitative modeling of operational risk in finance and banking using possibility theory*. Cham; Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer, 2016.

Derevyanko, P. M. "Modeli i metody prinyatiya strategicheskikh resheniy po raspredeleniyu realnykh investitsiy predpriyatiya s primeneniym teorii nechetkikh mnozhestv" [Models and methods of strategic decision-making on the distribution of real investments of the enterprise with use of fuzzy set theory]. *Dys. ... kand. ekon. nauk : 08.00.13*, 2006.

Georgescu, I. *Possibility Theory and the Risk*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2012.

Gavrilenko, M. A. "Primeneniye teorii nechetkikh mnozhestv v otsenke riskov investitsionnykh projektov" [Application of fuzzy set theory in risk assessment of investment projects]. *Audit i finansovyy analiz*, no. 5 (2013): 75–80.

Intelligent Systems and Decision Making for Risk Analysis and Crisis Response. London: Taylor & Francis Group, 2013.

Kotsyuba, O. S. "Nechitko-mnozhylnni metody vymiryuvannya hospodarskoho ryzyku" [Fuzzy methods of measurement of business risk]. *Ekonomika: problemy teorii ta praktyky*, vol. 3, no. 241 (2008): 668–699.

Kotsyuba, O. S. "Kilkisne otsiniuvannya hospodarskoho ryzyku v mezhakh nechitko-mnozhylnnoi metodolohii" [Quantitative assessment of business risk within the framework of fuzzy methodology]. *Stratehiia ekonomichnoho rozvytku Ukrainy*, no. 36 (2015): 195–208.

Lapusta, M. G., and Sharshukova, L. G. *Riski v predprinimatel'skoy deyatelnosti* [Risks in business]. Moscow: Infra-M, 1998.

Nedosekin, A. O. *Nechetko-mnozhestvennyy analiz riska fondovykh investitsiy* [Fuzzy multiple risk analysis of stock investment]. St. Petersburg: Sezam, 2002.

Ptuskin, A. S. *Nechetkiye modeli i metody v menedzhmente* [Fuzzy models and methods in management]. Moscow: Izd-vo MGU im. N. E. Bauman, 2008.

Sevastianov, P. V., and Dymova, L. G. "Neveroyatnostnaya konseptsiya riska v optimizatsii portfelya" [The improbability of the concept of risk in portfolio optimization]. <http://www.ifel.ru/br1/12.pdf>

Soft computing for risk evaluation and management: applications in technology, environment, and finance. Heidelberg; New York: Physica-Verlag, 2001.

Tyshchuk, T. A. "Ekonomiko-matematychne modeliuvannya protsesiv upravlinnia projektamy na osnovi teorii nechitkykh mnozhyln" [Economic-mathematical modeling of project management processes based on the theory of fuzzy sets]. *Dys. ... kand. ekon. nauk : 08.03.02*, 2001.