
ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ

УДК 658.152:330.322.5

*Коцюба Олексій Станіславович**

КІЛЬКІСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ГОСПОДАРЬСЬКОГО РИЗИКУ В МЕЖАХ НЕЧІТКО-МНОЖИННОЇ МЕТОДОЛОГІЇ

Анотація. У публікації викладено результати аналізу інструментарію вимірювання господарського ризику в межах нечітко-множинної методології. Розглянуто закономірності співвідношень між результатами кількісного оцінювання господарського ризику для альтернативних методів на основі можливісної міри. Сформульовано комбінований варіант можливісної міри й метод вимірювання ризику на його основі. В межах запропонованого методу для різних ситуацій нечіткості критерію привабливості господарської діяльності знайдені розрахункові формули ступеня ризику. Аналіз наявних і сформульованого методів супроводжується розглядом умовного прикладу їх використання.

Ключові слова: ризик, ступінь ризику, ризик-функція, нечіткі множини, функція належності, міра можливості.

Вступ. Одна з необхідних складових управління господарським ризиком пов'язана з кількісним оцінюванням його рівня, тобто вимірюванням. Сьогодні можна спостерігати наявність арсеналу відповідних методів і показників, що знайшли своє практичне застосування. Разом з тим багатогранність феномену ризику, принципова неможливість його вичерпного вимірювання за окремим аспектом, поява нових показників ступеня ризику визначають відкритість зазначеної проблеми для подальших плідних досліджень.

Як окремий відносно молодий напрям виступає кількісне оцінювання господарського ризику на основі нечітко-множинної методології. Серед помітних дослідників і розробників інструментарію кількісного аналізу ризику в контексті нечітко-множинного моделювання можна назвати В.П. Бочарникова, О.О. Недосєкіна, П.В. Севастьянова, Л.Г. Димову, П.М. Дерев'янка, В.Г. Чернова, О.С. Птускіна та ін. [1–6]

Постановка завдання. У межах порушеної проблематики особливий інтерес становить аналіз нечітко-множинних методів вимірювання господарського ризику на основі можливісної міри. Раніше [7–9] нами вже досліджувалися окремі аспекти цього питання, водночас необхідність одержання за ним цілісної картини дають підстави для продовження наукових пошуків в цьому напрямі.

Результати. Згідно з сучасними уявленнями ризикології як один з базових аспектів (компонентів) міри господарського ризику визнається ступінь можливості (ймовірність, якщо використовується теоретико-ймовірнісний підхід) того, що значення показника або критерію привабливості аналізованої господарської діяльності (операційний прибуток, чиста теперішня вартість, термін окупності тощо) не відповідатиме деякому заданому рівню. У формальному сенсі таке трактування

* Коцюба Олексій Станіславович — канд. екон. наук, доц. кафедри стратегії підприємств, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», *Alex.Kosta.54.1@gmail.com*

кількісної оцінки ступеня ризику потребує побудови відповідної математичної конструкції можливісної міри. У контексті нечітко-множинного моделювання зазначений формалізм було розроблено у наступних основних варіантах: на основі теоретико-ймовірнісної аналогії або підходу [10–12], а також на основі інтервальної методології “без” та “зі” зважуванням [1 — 4, 8].

Відразу оговоримо, що без зниження рівня загальності розгляд методів вимірювання ризику в подальшому викладенні обмежується випадком критеріальних показників господарської діяльності, які оптимізуються в напрямі їх максимуму, тобто мають позитивний інгредієнт.

Ступінь ризику господарської діяльності підприємства деякого виду (поточне виробництво, реальні інвестиції, інвестування у фінансові активи) за нечіткою оцінкою критерію її привабливості згідно з теоретико-ймовірнісним підходом слід розраховувати в такий спосіб [10–12]:

$$Risk_{\tilde{K}}^P = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ \frac{\int_{K_{\min}}^G \mu_{\tilde{K}}(K) dK}{\int_{K_{\min}}^{K_{\max}} \mu_{\tilde{K}}(K) dK}, & K_{\min} < G < K_{\max} \\ 1, & K_{\max} \leq G \end{cases}, \quad (1)$$

де $Risk_{\tilde{K}}^P$ — ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K на основі теоретико-ймовірнісної методології; K — показник (критерій) привабливості аналізованої господарської діяльності; \tilde{K} — нечітка оцінка критерію K ; $\mu_{\tilde{K}}$ — функція належності для нечіткої оцінки критерію K ; K_{\min} , K_{\max} — відповідно мінімальне і максимальне значення в межах нечіткої оцінки критерію K ; G — нормативний рівень (норматив) критерію K .

Якщо виходити з сегментного (інтервального) подання нечіткої оцінки критерію привабливості господарської діяльності, тобто як сукупності (множини) інтервалів, тоді показник ступеня ризику в межах розглядуваного підходу можна представити за допомогою формули:

$$Risk_{\tilde{K}}^P = \frac{\int_0^{\mu_{\tilde{K}}(G)} f^-(\alpha) d\alpha}{\int_0^1 f(\alpha) d\alpha}, \quad (2)$$

при цьому

$$f^-(\alpha) = \begin{cases} 0, & G \leq \underline{K}^\alpha \\ G - \underline{K}^\alpha, & \underline{K}^\alpha < G < \overline{K}^\alpha, \quad f(\alpha) = \overline{K}^\alpha - \underline{K}^\alpha, \quad \alpha \in [0, 1], \\ \overline{K}^\alpha - \underline{K}^\alpha, & G \geq \overline{K}^\alpha \end{cases}, \quad (3-4)$$

де α — значення функції належності в межах нечіткої оцінки критерію K , у системі нечітко-множинної методології його прийнято називати рівнем належності; \underline{K}^α , \overline{K}^α — відповідно мінімальне і максимальне значення в межах інтервалу для нечіткої оцінки критерію K , який відповідає рівню належності α , у системі нечітко-множинної методології цей інтервал прийнято називати інтервалом α -рівня; $\mu_{\bar{K}}(G)$ — значення функції належності нечіткої оцінки критерію K для нормативного рівня G .

Як альтернативний щодо теоретико-ймовірнісного підходу до вимірювання ризику виступає метод на основі інтервальної методології, закладений О.О. Недосекінін спільно з К.І. Вороновим [13], згодом комплексно розвинутий О.О. Недосекінін. Згідно з цим методом ступінь ризику деякої господарської діяльності підприємства за нечіткою оцінкою критерію її привабливості потрібно розраховувати за формулою [2]:

$$Risk_{\bar{K}}^I = \int_0^1 \varphi_{\bar{K}}(\alpha) d\alpha, \quad (5)$$

при цьому

$$\varphi_{\bar{K}}(\alpha) = \begin{cases} 0, & G \leq \underline{K}^\alpha \\ \frac{G - \underline{K}^\alpha}{\overline{K}^\alpha - \underline{K}^\alpha}, & \underline{K}^\alpha < G < \overline{K}^\alpha, \\ 1, & \overline{K}^\alpha \leq G \end{cases} \quad (6)$$

де $Risk_{\bar{K}}^I$ — ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K згідно з інтервальним підходом; $\varphi_{\bar{K}}(\alpha)$ — ступінь ризику за нечітким критерієм K для рівня належності α .

Відповідно до змістовних міркувань, на яких ґрунтується метод Недосекініна-Воронова, значення функції $\varphi_{\bar{K}}(\alpha)$ припускають інтерпретацію як локальні за рівнями належності α , $\alpha \in [0, 1]$ оцінки ступеня ризику. У межах їх інтегрування в загальну оцінку вони трактуються як рівнозначущі або рівноцінні. Очевидно, що останній аспект припускає й інше розуміння. Якщо вважати зазначені локальні оцінки нерівноцінними, що означає необхідність їх відповідного зважування, тоді метод Недосекініна-Воронова може бути трансформований до такої своєї модифікації (інтервальний метод зі зважуванням) [4, 8]:

$$Risk_{\bar{K}}^{Iw} = \int_0^1 \varphi_{\bar{K}}(\alpha) w(\alpha) d\alpha, \quad (7)$$

при цьому

$$w(\alpha) = \alpha / \int_0^1 \alpha d\alpha, \quad (8)$$

де $Risk_{\bar{K}}^{Iw}$ — ступінь ризику за нечіткою оцінкою критерію K згідно з інтервальним методом зі зважуванням; $w(\alpha)$ — ваговий коефіцієнт, що відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α .

Для проведення строгого порівняльного аналізу представлених вище методів потрібна конкретизація відповідних розрахункових виразів. Це, у свою чергу, передбачає конкретизацію форми нечіткості оцінки критеріального показника.

Нехай прогнозна оцінка критерію привабливості деякої господарської діяльності підприємства характеризується трикутною нечіткістю, тобто $\tilde{K} = (K_{\min}, K_{\text{mod}}, K_{\max})$, де K_{\min}, K_{\max} — відповідно мінімальне і максимальне значення K ; K_{mod} — найочікуване (модальне) значення критерію K (для нього значення функції належності дорівнює 1).

У межах методу на основі теоретико-ймовірнісного підходу формула ступеня ризику в цьому разі матиме вигляд [7]:

$$Risk_{\tilde{K}}^P = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ \alpha_1 R, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ R, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - \alpha_1(1 - R), & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}, \quad (9)$$

при цьому

$$R = \frac{G - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \quad K_{\min} < G < K_{\max}, \quad \alpha_1 = \begin{cases} \frac{G - K_{\min}}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{K_{\max} - G}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}. \quad (10-11)$$

Для методу на основі інтервальної методології без зважування (метод Недосекіна-Воронова) в межах аналізованої ситуації кількісну оцінку ступеня ризику презентує вираз [13, 2]:

$$Risk_{\tilde{K}}^I = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ R \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1) \right), & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ R, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - (1 - R) \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1) \right), & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}. \quad (12)$$

Якщо ж у зробленому припущенні щодо форми нечіткості критеріального показника звернутися до методу на основі інтервальної методології зі зважуванням (модифікований метод Недосекіна-Воронова), то формула ступеня ризику набуде вигляду [8]:

$$Risk_{\bar{K}}^{Iw} = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ R \times \left(1 + (1 - \alpha_1) + \frac{2(1 - \alpha_1)}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1) \right), & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ R, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - (1 - R) \left(1 + (1 - \alpha_1) + \frac{2(1 - \alpha_1)}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1) \right), & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases} \quad (13)$$

Якщо у формулах (9, 12, 13) показник G локалізувати в межах параметра α_1 , що означає представлення параметра R як функції від α_1 , тоді вирази для показників ступеня ризику за трикутно-нечіткою оцінкою критеріального показника згідно з розглядуваними методами можуть бути записані так.

Для методу на основі теоретико-ймовірнісного підходу:

$$Risk_{\bar{K}}^P = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \alpha_1^2, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ S_1, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - S_1 \alpha_1^2, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}, \quad (14)$$

при цьому

$$S_1 = \begin{cases} \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}. \quad (15)$$

Для методу за допомогою інтервальної методології без зважування:

$$Risk_{\bar{K}}^I = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \times [\alpha_1 + (1 - \alpha_1) \times \ln(1 - \alpha_1)], & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ S_1, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - S_1 [\alpha_1 + (1 - \alpha_1) \times \ln(1 - \alpha_1)], & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}. \quad (16)$$

Для методу згідно з інтервальною методологією зі зважуванням:

$$Risk_{\bar{K}}^{Iw} = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \times [\alpha_1 + \alpha_1(1 - \alpha_1) + 2(1 - \alpha_1) \times \ln(1 - \alpha_1)], & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ S_1, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - S_1 \times [\alpha_1 + \alpha_1(1 - \alpha_1) + 2(1 - \alpha_1) \times \ln(1 - \alpha_1)], & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}. \quad (17)$$

Для потреб теоретичного аналізу форма запису на основі виразів (14, 16, 17) у цілому є зручнішою, ніж вихідний варіант.

У теоретичному аспекті також може виявитися корисним спосіб запису розглянутих оцінок ступеня ризику як функції від параметра, який при зміні нормативу G у межах носія нечіткої оцінки критеріального показника змінюється на нормованому проміжку. Після відповідних перетворень вихідних формул у цьому разі мають місце такі вирази.

Для методу на основі теоретико-ймовірнісного підходу:

$$Risk_{\bar{K}}^P = \begin{cases} 1, & \beta \leq -1 \\ 1 - S_1(1 - \beta)^2 & -1 < \beta < 0 \\ S_1, & \beta = 0 \\ S_1(1 - \beta)^2, & 0 < \beta < 1 \\ 0, & \beta \geq 1 \end{cases}, \quad (18)$$

при цьому

$$S_1 = \begin{cases} \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, & -1 < \beta < 0 \\ \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, & 0 \leq \beta < 1 \end{cases}, \quad \beta = \begin{cases} \frac{K_{\text{mod}} - G}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} \leq G \\ \frac{K_{\text{mod}} - G}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & G < K_{\text{mod}} \end{cases}. \quad (19-20)$$

Для методу за допомогою інтервальної методології без зважування:

$$Risk_{\bar{K}}^I = \begin{cases} 1, & \beta \leq -1 \\ 1 - S_1[(1 - \beta) + \beta \times \ln \beta], & -1 < \beta < 0 \\ S_1, & \beta = 0 \\ S_1 \times [(1 - \beta) + \beta \times \ln \beta], & 0 < \beta < 1 \\ 0, & \beta \geq 1 \end{cases}. \quad (21)$$

Для методу згідно з інтервальною методологією зі зважуванням:

$$Risk_{\bar{K}}^{Iw} = \begin{cases} 1, & \beta \leq -1 \\ 1 - S_1 \times [(1 - \beta) + \beta(1 - \beta) + 2\beta \times \ln \beta] & -1 < \beta < 0 \\ S_1, & \beta = 0 \\ S_1 \times [(1 - \beta) + \beta(1 - \beta) + 2\beta \times \ln \beta], & 0 < \beta < 1 \\ 0, & \beta \geq 1 \end{cases}. \quad (22)$$

Неважко впевнитися, що між результатами оцінювання ступеня ризику за допомогою аналізованих альтернативних методів у ситуації трикутної нечіткості критеріального показника має місце така система співвідношень [8].

1. Якщо $G \leq K_{\min}$, тоді $Risk_{\bar{K}}^{Iw} = Risk_{\bar{K}}^I = Risk_{\bar{K}}^P = 0$.

2. Якщо $K_{\min} < G < K_{\text{mod}}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{lw} < Risk_{\tilde{K}}^I < Risk_{\tilde{K}}^P$. При цьому $Risk_{\tilde{K}}^I - Risk_{\tilde{K}}^{lw} = Risk_{\tilde{K}}^P - Risk_{\tilde{K}}^I$. Тобто $Risk_{\tilde{K}}^I = \frac{1}{2}(Risk_{\tilde{K}}^P + Risk_{\tilde{K}}^{lw})$.
3. Якщо $G = K_{\text{mod}}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^{lw} = Risk_{\tilde{K}}^I = Risk_{\tilde{K}}^P = \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}$.
4. Якщо $K_{\text{mod}} < G < K_{\max}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^P < Risk_{\tilde{K}}^I < Risk_{\tilde{K}}^{lw}$. При цьому $Risk_{\tilde{K}}^I - Risk_{\tilde{K}}^P = Risk_{\tilde{K}}^{lw} - Risk_{\tilde{K}}^I$. Тобто $Risk_{\tilde{K}}^I = \frac{1}{2}(Risk_{\tilde{K}}^P + Risk_{\tilde{K}}^{lw})$.
5. Якщо $G \geq K_{\max}$, тоді $Risk_{\tilde{K}}^P = Risk_{\tilde{K}}^I = Risk_{\tilde{K}}^{lw} = 1$.

Доповнити уявлення за досліджуваним питанням дозволяє розгляд границь розбіжностей в оцінках ступеня ризику в разі використання альтернативних методів. Враховуючи наведені закономірності, аналіз зазначених границь достатньо обмежити будь-якою двійкою з розглядуваних альтернативних методів. Звернемося, наприклад, до методу на основі теоретико-ймовірнісної методології і методу Недосекіна-Воронова.

Нехай Z_L^{P-I} , Z_R^{P-I} — максимальне значення модуля розбіжності між оцінками ступеня ризику для методу на основі теоретико-ймовірнісної методології і методу Недосекіна-Воронова на проміжку відповідно $K_{\min} < G < K_{\text{mod}}$ та $K_{\text{mod}} < G < K_{\max}$. Згідно з [9] показники Z_L^{P-I} , Z_R^{P-I} визначають такі рівності:

$$Z_L^{P-I} = \alpha_1^*(1 - \alpha_1^*) \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \quad Z_R^{P-I} = \alpha_1^*(1 - \alpha_1^*) \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, \quad (23-24)$$

де α_1^* — значення параметра α_1 для якого справедливо: $\ln(1 - \alpha_1^*) = -2\alpha_1^*$.

Зафіксувавши параметр α_1^* на рівні 0,797, можна записати наближені рівності для показників Z_L^{P-I} , Z_R^{P-I} [9]:

$$Z_L^{P-I} \approx 0,162 \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}, \quad Z_R^{P-I} \approx 0,162 \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}. \quad (25-26)$$

Дроби $\frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}}$, $\frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}$ у виразах (23-24) можна розцінювати як характеристику асиметричності відповідної трикутно-нечіткої оцінки критерію K . Очевидно, що для них виконуються співвідношення:

$$0 \leq \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}} \leq 1, \quad 0 \leq \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}} \leq 1, \quad \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}} + \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}} = 1. \quad (27-28)$$

З наведених вище виразів випливає, що за трикутної нечіткості критерію K можлива розбіжність в оцінках ступеня ризику при застосуванні методу на основі теоретико-ймовірнісної методології і методу Недосекіна-Воронова в загальному випадку знаходиться в межах від 0 до приблизно 0,162. У разі ж трикутно-

симетричних оцінок критерію K коридор можливих розбіжностей максимально звужується і становить від 0 до приблизно 0,081.

Доцільно унаочнити закономірності щодо співвідношень між результатами оцінювання ступеня ризику на основі альтернативних методів у межах методології можливісної міри за допомогою умовної розрахункової ситуації.

Нехай показник привабливості деякої діяльності підприємства (поточне виробництво, інвестиційний проект, фінансові інвестиції) характеризується трикутною нечіткістю, млн грн: $\tilde{K} = (-5, 10, 20)$.

Необхідно знайти ризик-функції за нормативом привабливості G для альтернативних методів кількісного оцінювання ступеня ризику, відповідно $Risk_{\tilde{K}}^P(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^I(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{Iw}(G)$.

Визначення шуканих ризик-функцій дозволяє отримати результати, відображені у табл. 1.

Таблиця 1

**РИЗИК-ФУНКЦІЇ ЗА НОРМАТИВОМ G ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РИЗИКУ
ЗА ДОПОМОГОЮ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ НА ОСНОВІ МОЖЛИВІСНОЇ МІРИ**

Норматив G	Значення ступеня господарського ризику в межах альтернативних варіантів можливісної міри		
	для методу на основі теоретико-ймовірнісної методології	для методу Недосекіна-Воронова	для модифікованого методу Недосекіна-Воронова
-5	0	0	0
0	0,067	0,038	0,009
5	0,267	0,180	0,094
10	0,600	0,600	0,600
15	0,900	0,939	0,977
20	1	1	1

На рис. 1 показано графіки аналізованих ризик-функцій.

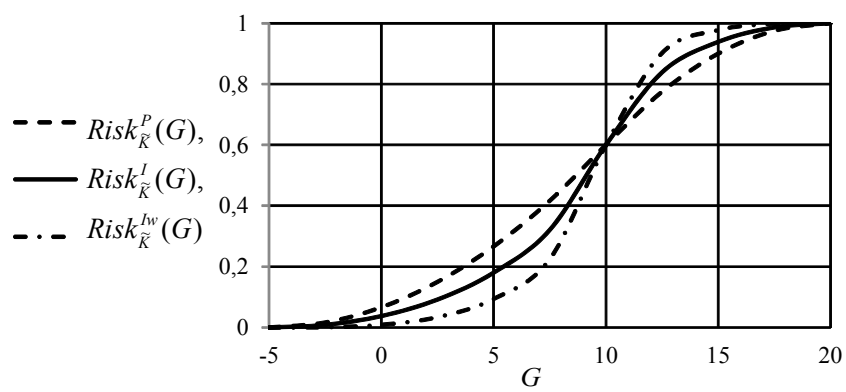


Рис. 1. Ризик-функції $Risk_{\tilde{K}}^P(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^I(G)$, $Risk_{\tilde{K}}^{Iw}(G)$

Дані табл. 1 і рис. 1 підтверджують репрезентовані вище теоретичні результати щодо співвідношень між оцінками ступеня ризику згідно з вихідною і модифікованою версією методу Недосекіна-Воронова, а також методом на основі теоретико-ймовірнісної методології.

Представлені підходи не вичерпують досліджувану проблему. Очевидною є можливість сформулювати метод вимірювання ризику на основі комбінованої версії можливісної міри, яка у формальному аспекті поєднує в собі теоретико-ймовірнісну й інтервальну методології.

Загальна формула ступеня ризику за нечіткою оцінкою критеріального показника згідно із комбінованою можливісною мірою ($Risk_{\bar{K}}^C$) має вигляд:

$$Risk_{\bar{K}}^C = \frac{\int_0^{\mu_{\bar{K}}(G)} f^-(\alpha)w(\alpha)d\alpha}{\int_0^1 f(\alpha)w(\alpha)d\alpha}, \quad (29)$$

або, враховуючи, що $w(\alpha) = 2\alpha$,

$$Risk_{\bar{K}}^C = \frac{\int_0^{\mu_{\bar{K}}(G)} f^-(\alpha)\alpha d\alpha}{\int_0^1 f(\alpha)\alpha d\alpha}. \quad (30)$$

Якщо має місце трикутна нечіткість критерію K , ступінь ризику в межах розглядуваного підходу виражає формула:

$$Risk_{\bar{K}}^C = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ \alpha_1^2 R, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ R, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - \alpha_1^2(1 - R), & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}, \quad (31)$$

або

$$Risk_{\bar{K}}^C = \begin{cases} 0, & G \leq K_{\min} \\ S_1 \alpha_1^3, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ S_1, & G = K_{\text{mod}} \\ 1 - S_1 \alpha_1^3, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \\ 1, & G \geq K_{\max} \end{cases}. \quad (32)$$

За умови трикутно-симетричної нечіткості критерію K оцінка ступеня ризику на основі комбінованої можливісної міри може бути представлена як залежність від параметра, який було введено О.О. Недосекіним у роботі [14] і відповідно до запропонованого ним трактування отримав у нього назву коефіцієнта стійкості:

$$Risk_{\tilde{K}}^C(\lambda) = \begin{cases} 1, & \lambda \leq -1 \\ 1 - \frac{1}{2}(1+\lambda)^3, & -1 < \lambda < 0 \\ 0,5, & \lambda = 0 \\ \frac{1}{2}(1-\lambda)^3, & 0 < \lambda < 1 \\ 0, & \lambda \geq 1 \end{cases}, \quad (33)$$

при цьому

$$\lambda = (K_{av} - G) / \Delta, \quad (34)$$

де λ — коефіцієнт стійкості; K_{av} — середнє значення в межах трикутно-симетричної оцінки критерію K ; $\Delta = K_{av} - K_{\min} = K_{\max} - K_{av}$ — розкид можливих значень критерію K від середнього.

У разі довільної нечіткості критеріального показника, яке передбачає його дискретно-сегментне подання, кількісне оцінювання ризику за допомогою комбінованої можливісної міри слід здійснювати за формулою:

$$Risk_{\tilde{K}}^C = \frac{\sum_{i=1}^N f^-(\alpha_i) \times \alpha_i}{\sum_{i=1}^N f(\alpha_i) \times \alpha_i}, \quad (35)$$

при цьому

$$f^-(\alpha_i) = \begin{cases} 0, & G \leq \underline{K}^{\alpha_i} \\ G - \underline{K}^{\alpha_i}, & \underline{K}^{\alpha_i} < G < \overline{K}^{\alpha_i}, & f(\alpha_i) = \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, & \alpha_i = i/N, \\ \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, & G \geq \overline{K}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (36-37)$$

$$i = \overline{1, N}.$$

У межах формування попередніх уявлень про властивості запропонованого методу доцільно розглянути його застосування на конкретних числових даних. Звернемося з цією метою до умовного прикладу, який використовувався вище.

Отже, маючи трикутно-нечіткий показник привабливості деякої діяльності підприємства, млн грн: $\tilde{K} = (-5, 10, 20)$, потрібно знайти ризик-функцію за нормативом привабливості G для методу кількісного оцінювання ризику на основі комбінованої можливісної міри — $Risk_{\tilde{K}}^C(G)$.

Відповідні розрахунки дозволили отримати результати, що наведені у табл. 2.

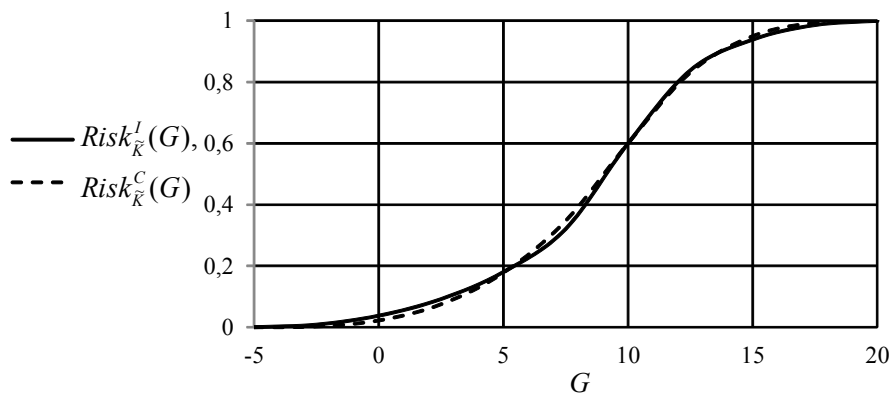
Таблиця 2

РИЗИК-ФУНКЦІЯ ЗА НОРМАТИВОМ G ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РИЗИКУ
ЗА ДОПОМОГОЮ КОМБІНОВАНОЇ МОЖЛИВІСНОЇ МІРИ

G	$Risk_{\bar{K}}^C(G)$	G	$Risk_{\bar{K}}^C(G)$
-5	0,000	10	0,600
-2,5	0,003	12,5	0,831
0	0,022	15	0,950
2,5	0,075	17,5	0,994
5	0,178	20	1,000
7,5	0,347	—	—

Порівняння даних табл. 1 і табл. 2 показує взаємну близькість оцінок ступеня ризику на основі розглядуваного методу й методу Недосекіна-Воронова.

Графіки, зображені на рис. 2, дозволяють також спостерігати подібність конфігурацій ризик-функцій для цих методів.

Рис. 2. Ризик-функції $Risk_{\bar{K}}^I(G)$, $Risk_{\bar{K}}^C(G)$

Очевидний інтерес являє питання щодо границь розбіжностей в оцінках ступеня ризику в разі використання методу на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосекіна-Воронова.

Нехай Z_L^{C-I} , Z_R^{C-I} — максимальне значення модуля розбіжності між оцінками ступеня ризику для методу на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосекіна-Воронова на проміжку відповідно $K_{\min} < G < K_{\text{mod}}$ та $K_{\text{mod}} < G < K_{\max}$. Після виконання необхідних аналітичних процедур одержуємо:

$$Z_L^{C-I} = \alpha_1^*(1 - \alpha_1^*)(2\alpha_1^* - 1) \frac{K_{\text{mod}} - K_{\min}}{K_{\max} - K_{\min}},$$

$$Z_R^{C-I} = \alpha_1^*(1 - \alpha_1^*)(2\alpha_1^* - 1) \frac{K_{\max} - K_{\text{mod}}}{K_{\max} - K_{\min}}, \quad (38-39)$$

де α_1^* — те значення з двох значень локального екстремуму параметра α_1 на проміжку відповідно $K_{\min} < G < K_{\text{mod}}$ та $K_{\text{mod}} < G < K_{\max}$ для функції розбіжності

між оцінками ступеня ризику на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосекіна-Воронова, яке визначає на кожному з цих проміжків максимальну за модулем розбіжність. Згідно зі способом свого знаходження α_1^* є одним з двох розв'язків рівняння: $\ln(1 - \alpha_1^*) = -3\alpha_1^{*2}$, яке відповідає зазначеній умові максимального модуля розбіжності.

Зафіксувавши параметр α_1^* на рівні 0,922, можна знайти наближені рівності для показників Z_L^{C-I} , Z_R^{C-I} :

$$Z_L^{C-I} \approx 0,061 \frac{K_{\text{mod}} - K_{\text{min}}}{K_{\text{max}} - K_{\text{min}}}, \quad Z_R^{C-I} \approx 0,061 \frac{K_{\text{max}} - K_{\text{mod}}}{K_{\text{max}} - K_{\text{min}}}. \quad (40-41)$$

З наявних виразів випливає, що за трикутної нечіткості критерію K можлива розбіжність в оцінках ступеня ризику при застосуванні методу на основі комбінованої можливісної міри і методу Недосекіна-Воронова в загальному випадку знаходиться в межах від 0 до приблизно 0,061. У разі ж трикутно-симетричних оцінок критерію K коридор можливих розбіжностей максимально звужується і становить від 0 до приблизно 0,0305.

Висновки. Результати проведеного дослідження дозволяють констатувати таке.

На відміну від теорії ймовірностей у межах нечітко-множинної методології задача оцінювання величини господарського ризику як ступеня можливості невідповідності критерію привабливості аналізованої господарської діяльності деякому заданому рівню не має єдиного підходу до свого розв'язання і характеризується наявністю низки альтернативних методів, що ґрунтуються на альтернативних варіантах можливісної міри. Застосування зазначених методів у загальному випадку призводить до одержання дещо відмінних результатів, різниця між якими не виходить за межі деякого діапазону, величина якого може істотно змінюватися залежно від структурних особливостей нечіткої оцінки аналізованого критеріального показника.

На завершення доцільно також додати, що перспективним напрямом подальших наукових розвідок за порушеною в роботі проблемою є виявлення індивідуальних властивостей і порівняльних характеристик нечітко-множинних методів вимірювання господарського ризику стосовно задач портфельної оптимізації.

Література

1. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике / В.П. Бочарников. — СПб.: Наука, 2001. — 328 с.
2. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А.О. Недосекин. — СПб.: Типография «Сезам», 2002. — 181 с.
3. 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>.
4. 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.
5. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств / В.Г. Чернов. — М.: Горячая линия–Телеком, 2007. — 312 с.
6. Птускин А.С. Нечеткие модели и методы в менеджменте: учебное пособие / А.С. Птускин. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 216 с.
7. Коцюба О.С. Моделювання ризику інвестиційної діяльності / О.С. Коцюба // Фінанси України. — 2004. — № 7. — С. 56–67.

8. Коцюба О.С. Кількісна оцінка господарського ризику в контексті нечітко-множинного моделювання / О.С. Коцюба. — К.: КНЕУ, 2006. — Деп. в ДНТБ України 27.03.06. — № 24. — Ук 06. — 23 с.
9. 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.
10. Тыщук Т.А. Инвестиционные расчеты и анализ рисков в условиях нечетких данных / Т.А. Тыщук. — Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. — 24 с. — (Препринт доклада ИЭП НАН Украины МО-8-97).
11. Алтунин А.Е. Расчеты в условиях риска и неопределенности в нефтегазовых технологиях: [монография] / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. — Тюмень: Изд-во ТГУ, 2004. — 296 с.
12. Luban F. Fuzzy model for risk analysis / F. Luban // Journal of Industrial Engineering International. — 2007, July. — Vol. 3, № 5. — P. 19–26.
13. Недосекин А.О. Новый показатель оценки риска инвестиций [Электронный ресурс] / А.О. Недосекин, К.И. Воронов. — 1999. — Режим доступа: http://www.cfin.ru/finanalysis/vm_ratio.shtml.
14. Недосекин А.О. Простейшая оценка риска инвестиционного проекта [Электронный ресурс] / А.О. Недосекин. — 2002. — Режим доступа: http://sedok.narod.ru/s_files/Art_15_2002.doc.

References

1. Bocharnikov, Viktor. *Fuzzy-tehnologija: matematicheskie osnovy. Praktika modelirovanija v jekonomike*. SPb: Nauka, 2001.
2. Nedosekin, Aleksej. *Nechetko-mnozhestvennyj analiz riska fondovyh investicij*. SPb.: Tipografija «Sezam», 2002.
3. Sevast'janov, Pavel, and Ljudmila Dymova. "Neverojatnostnaja koncepcija riska v optimizacii portfelja." *Banki i Riski. Vestnik IFEL Rus*, no. 1 (2005) <http://www.ifel.ru/br1/12.pdf> (accessed February 1, 2015).
4. Derevjanko, Pavel. "Modeli i metody prinjatija strategicheskikh reshenij po raspredeleniju real'nyh investicij predprijatija s primeneniem teorii nechetkih mnozhestv." Dis... kand. jekon. nauk: spec. 08.00.13, Sankt-Peterburg, 2006.
5. Chernov, Vladimir. *Modeli podderzhki prinjatija reshenij v investicionnoj dejatel'nosti na osnove apparata nechetkih mnozhestv*. M.: Gorjachaja linija–Telekom, 2007.
6. Ptuskin, Aleksandr. *Nechetkie modeli i metody v menedzhmente: uchebnoe posobie*. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. Je. Baumana, 2008.
7. Kotsyuba, Oleksij. "Modeljuvannja ryzyku investycijnoi' dijaj'nosti." *Finansy Ukrai'ny*, no. 7 (2004): 56–67.
8. Kotsyuba, Oleksij. "Kil'kisna ocinka gospodars'kogo ryzyku v konteksti nechitko-mnozhyhynogo modeljuvannja." Deponovanyj rukopys, no. 24, Uk 06 (March 27, 2006), Kyi'vs'kyj nacional'nyj ekonomichnyj universytet imeni Vadyma Get'mana, 2006.
9. Kotsyuba, Oleksij. "Nechitko-mnozhyhynni metody vymirjuvannja gospodars'kogo ryzyku." *Ekonomika: problemy teorii' ta praktyky: Zb. nauk. prac'*, June 1, 2008.
10. Tyshhuk, Tat'jana "Investicionnye raschety i analiz riskov v uslovijah nechetkih dannyh." Preprint doklada, MO-8-97, Institut jekonomiki promyshlennosti Nacional'noj akademii nauk Ukrainy, 1997.
11. Altunin, Aleksandr, and Mihail Semuhin. *Raschety v uslovijah riska i neopredelennosti v neftegazovyh tehnologijah*. Tjumen': Izdatel'stvo TGU, 2004.
12. Luban, Florika. "Fuzzy model for risk analysis." *Journal of Industrial Engineering International*, no. 5 (2007): 19–26.
13. Nedosekin, Aleksej, and Kirill Voronov. "Novyj pokazatel' ocenki riska investicij." http://www.cfin.ru/finanalysis/vm_ratio.shtml (accessed February 3, 2015).

14. Nedosekin, Aleksej. "Prostejshaja ocenka riska investicionnogo proekta." http://sedok.narod.ru/s_files/Art_15_2002.doc (accessed February 5, 2015).

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО РИСКА В РАМКАХ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ

Коцюба А.С., канд. экон. наук,
доц. кафедры стратегии предприятий
ГВУЗ «Киевский национальный
экономический университет
имени Вадима Гетьмана»

Аннотация. В публикации излагаются результаты анализа инструментария измерения хозяйственного риска в рамках нечетко-множественной методологии. Рассмотрены закономерности соотношений между результатами количественного оценивания хозяйственного риска для альтернативных методов на основе возможностной меры. Сформулирован комбинированный вариант возможностной меры и метод измерения риска на его основе. В рамках предложенного метода для различных ситуаций нечеткости критерия привлекательности хозяйственной деятельности найдены расчетные формулы степени риска. Анализ существующих и сформулированного методов сопровождается рассмотрением условного примера их использования.

Ключевые слова: риск, степень риска, риск-функция, нечеткие множества, функция принадлежности, мера возможности.

ESTIMATION OF ECONOMIC RISK USING FRAMEWORK OF FUZZY SET METHODOLOGY

Kotsyuba O., PhD,
SHEI "Kyiv National Economic University
named after Vadym Hetman"

Abstract. The paper is devoted to the analysis of measuring tools of economic risk using framework of fuzzy set methodology. The research is limited to the interpretation of risk measure as possibility degree for criteria indicator to be non-compliant to normative level. Thereof the methods of measuring economic risk are studied on the basis of alternatives possibility measures. The need for theoretical analysis of risk measure for alternative methods in the situation of triangular fuzzy criteria indicator led to the suggestion of modified variants of formulas. In the situation of the triangular fuzzy criteria indicator patterns of relationships between risk estimates obtained by alternative methods were analyzed. Among other things, it was found that the differences in the estimation of risk derived from alternative methods essentially depend on the structural features of fuzzy evaluation criteria indicator. The results of theoretical analysis are illustrated by a calculation example. Combination variant of possibility measure and risk measuring method based on it have been formulated. The proposed method was used for different fuzzy economic performance criteria situations and formulas for risk level calculation were determined. Revealed that the risk estimation obtained by this method are consistent to great extent with the estimates for the method based on weighting free interval methodology and consistent with restrained risk attitude of decision making entity.

Key words: risk, risk level, risk function, fuzzy sets, membership function, possibility measure.

Стаття надійшла до редакції 08.04.2015