

УДК 658.152:336.5

Коцюба О.С.
кандидат економічних наук,
доцент кафедри стратегії підприємств
Київського національного економічного університету
імені Вадима Гетьмана

ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ РИЗИКУ В РАЗІ ОДНОЧАСНОЇ НЕЧІТКОСТІ КРИТЕРІЮ І НОРМАТИВУ ПРИВАБЛИВОСТІ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

ESTIMATION OF RISK LEVEL UNDER FUZZINESS OF CRITERION AND NORMATIVE LEVEL OF ECONOMIC ACTIVITIES PERFORMANCE

АНОТАЦІЯ

В статті представлено результати розвитку інструментарію оцінювання ступеня господарського ризику за умов нечітких вихідних даних. В межах трактування міри ризику як ступеня можливості невідповідності критеріального показника нормативному рівню розглянуто альтернативні нечітко-множинні методи його вимірювання. Для підходу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії запропоновано метод наближеного визначення ступеня ризику за нечітким критерієм в разі одночасної нечіткості нормативу. Аналіз наявних і сформульованих методів супроводжується розглядом умовного прикладу їх використання.

Ключові слова: ризик, ступінь ризику, нечіткі дані, нечіткі множини, нечітка оцінка, міра можливості.

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты развития инструментария оценки степени хозяйственного риска в условиях нечетких исходных данных. В рамках трактовки меры риска как степени возможности несоответствия критериального показателя нормативному уровню рассмотрены альтернативные нечетко-множественные методы его измерения. Для подхода на основе теоретико-вероятностной аналогии предложен метод приближенного определения степени риска по нечеткому критерию при одновременной нечеткости норматива. Анализ существующих и сформулированных методов сопровождается рассмотрением условного примера их использования.

Ключевые слова: риск, степень риска, нечеткие данные, нечеткие множества, нечеткая оценка, мера возможности.

ANNOTATION

The paper presents the results of development of economic risk estimation techniques with fuzzy data. The present research is limited to the interpretation of risk measure as degree of possibility for criterion to be non-compliant to normative level. Alternative fuzzy sets methods for measuring risk, based on the interval approach and theoretical-probabilistic methodology are considered. Based on the analogical for probability theory approach the method for approximate calculation of risk level with fuzzy criterion under fuzzy performance indicator simultaneously is proposed. Studying of current and proposed methods is accompanied by an example of their use.

Keywords: risk, risk level, fuzzy data, fuzzy sets, fuzzy evaluation, possibility measure.

Постановка проблеми. Невід'ємними складовими функціонування і розвитку будь-якого підприємства, що належать до базових чинників, які визначають результати його діяльності, його успішність або неуспішність аж до цілковитої фінансової неспроможності, є невизначеність та ризик. Неусувна невизначеність породжує систематичний ризик неефективного управління, коли поставлені цілі і завдання не досягаються.

Дієве управління господарським ризиком неможливе без належної реалізації всіх необхідних аналітичних процедур, серед яких важливе місце посідає кількісне оцінювання його ступеня, тобто вимірювання. Методологічну основу нинішніх досліджень зазначеної проблематики становить положення, що міра ризику є вектором, одна група компонент якого кількісно характеризує окремі аспекти ризику як об'єктивної категорії, виходячи з того, що він породжений об'єктивно існуючими в економіці конфліктністю та невизначеністю, решта – ставлення до ризику з боку суб'єктів ризику, тобто осіб, що є учасниками аналізованої проблемної ситуації, обтяженої ризиком, в межах якої вони продукують та приймають відповідне управлінське рішення [1, с. 54, 154–156].

За ознакою ступеня й характеру невизначеності сучасна наука про ризик (ризикологія) оперує набором інформаційних ситуацій [1, с. 241–243], з якими доводиться стикатися суб'єкту управління під час прийняття рішення. При цьому поряд з інформаційними ситуаціями, що ґрунтуються на ймовірнісному описі економічного середовища, як окремий фундаментальний випадок розглядається інформаційна ситуація, яка визначається нечіткою (розпливчастою) множиною станів економічного середовища. Її формалізований опис і моделювання раціональних рішень в її межах здійснюються за допомогою математичного апарату нечітких множин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування теорії нечітких множин до аналізу та моделювання господарського ризику, як цілком справедливо зауважується у [1, с. 69], на сьогодні зроблені значні, проте лише перші кроки. В цьому контексті звертають на себе увагу результати досліджень проблематики кількісного аналізу й оцінювання ризику на основі нечітко-множинної методології, які належать В.П. Бочарникову, О.О. Недосекіну, П.В. Севастьянову, Л.Г. Димовій, П.М. Дерев'янку, В.Г. Чернову, О.С. Птускіну та ін. [2–7].

Згідно із сучасними уявленнями ризикології як один з базових компонентів (аспектів) міри господарського ризику в межах окремого кри-

терію привабливості аналізованого господарського заходу або діяльності визнається ступінь можливості (ймовірність, якщо використовується теоретико-ймовірнісний підхід) того, що фактичне значення цього критерію не відповідатиме деякому заданому рівню. В контексті нечітко-множинного моделювання задача кількісного оцінювання господарського ризику для зазначеного трактування його міри досліджувалася О.О. Недосекіним, П.М. Дерев'янком, Т.А. Тищук, О.Є. Алтуніним, М.В. Семухіним, Ф. Любан [3; 5; 8–12]. В дослідженнях названих науковців відповідний показник кількісної оцінки ступеня ризику будується на основі математичної конструкції можливісної міри, в межах чого пропонується декілька його варіантів залежно від прийнятого підходу до побудови останньої. При цьому використовуються такі варіанти можливісної міри: на основі теоретико-ймовірнісної аналогії або підходу [8–12], на основі інтервальної за рівнями належності методології «з» і «без» зважування [3; 5; 11; 12].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Нерідко одночасно з нечіткістю оцінок критеріальних показників має місце нечіткість їх нормативів, тобто гранично допустимих рівнів, небажані відхилення від яких за фактом реалізації запланованого заходу означають його безуспішність або неефективність за відповідними аспектами або в цілому. Нечіткість нормативів поряд з нечіткістю критеріїв ускладнює задачу оцінювання ступеня ризику. Для методу вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності методології ця проблема досліджувалася О.О. Недосекіним [3], а також А.М. Кокошем [13], в межах чого ними були одержані відповідні розрахункові формули. Згодом ці індивідуальні здобутки були узагальнені і доповнені в їх спільній роботі [14]. Якщо говорити про нечітко-множинний метод оцінювання ступеня ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії, то для нього порушена проблема ще не отримала свого ефективного вирішення.

Мета статті. Враховуючи очевидну важливість забезпечення методологічної цілісності математичного апарату вимірювання ризику в разі нечітких вихідних даних, усунення зазначеної вище прогалини й взято за мету цього дослідження.

Відразу оговоримо, що без зниження рівня загальності аналіз методів кількісного оцінювання ризику в подальшому викладенні обмежується випадком критеріальних показників, які оптимізуються в напрямі їх максимуму, тобто мають позитивний інгредієнт.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спочатку доцільно розглянути ситуацію довільної нечіткості оцінки критеріального показника поряд з детермінованим (точковим) значенням його нормативного рівня. Зауважимо, що в разі довільної нечіткості аналізованої нечіткої оцінки використовується дискретно-інтервальний за рівнями належності спосіб її подання.

Для вихідної версії методу вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності методології (метод Недосекіна-Воронова) ступінь ризику в межах зазначеної ситуації виражає формула (на основі [15]):

$$Risk_K^l = \Delta\alpha \times \left(\frac{\varphi_K(\alpha_0) + \varphi_K(\alpha_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \varphi_K(\alpha_i) \right), \quad (1)$$

при цьому

$$\varphi_K(\alpha_i) = \begin{cases} 0, & G \leq K_1^{\alpha_i} \\ \frac{G - K_1^{\alpha_i}}{K_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i}}, & K_1^{\alpha_i} < G < K_2^{\alpha_i}, \quad \Delta\alpha = \frac{1}{n}, \quad \alpha_i = i \times \Delta\alpha, \quad i = \overline{0, n}, \\ 1, & G \geq K_2^{\alpha_i} \end{cases} \quad (2-4)$$

де $Risk_K^l$ – ступінь ризику згідно з методом Недосекіна-Воронова в разі нечіткості критеріального показника й детермінованого значення нормативу; K – критерій привабливості аналізованої господарської діяльності; G – нормативний рівень (норматив) критерію K ; $\Delta\alpha$ – крок дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткого критерію K ; i – індекс інтервалу достовірності в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткого критерію K ; n – кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткого критерію K ; α_i – значення функції належності для i -го інтервалу достовірності; $\varphi_K(\alpha_i)$ – ступінь ризику за нечітким критерієм K для рівня належності α_i ; $K_1^{\alpha_i}$, $K_2^{\alpha_i}$ – відповідно, мінімальне і максимальне значення в межах інтервалу для нечіткої оцінки критерію K , який відповідає рівню належності α_i .

Формула (1–4) ґрунтується на наближеному знаходженні відповідного інтеграла за допомогою методу трапецій. В разі використання методу прямокутників розрахункові співвідношення для показника набудуть вигляду [15].

Для методу лівих прямокутників:

$$Risk_K^l = \Delta\alpha \times \sum_{i=0}^{n-1} \varphi_K(\alpha_i). \quad (5)$$

Для методу правих прямокутників:

$$Risk_K^l = \Delta\alpha \times \sum_{i=1}^n \varphi_K(\alpha_i). \quad (6)$$

Для модифікованого методу Недосекіна-Воронова, який передбачає зважування локальних за рівнями належності оцінок ризику, ступінь ризику за довільно нечітким критерієм економічної привабливості в разі детермінованого значення його нормативу слід розраховувати за формулою (на основі [5; 11; 12]):

$$Risk_K^{lw} = \sum_{i=0}^n \varphi_K(\alpha_i) \times q(\alpha_i), \quad (7)$$

при цьому

$$q(\alpha_i) = \begin{cases} \frac{\alpha_0}{\alpha_0 + \alpha_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i}, & i = 0 \\ \frac{\alpha_i}{\alpha_0 + \alpha_n + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i}, & i = \overline{1, n-1}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n}, \\ \frac{\alpha_n}{\alpha_0 + \alpha_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i}, & i = n \end{cases} \quad (8-9)$$

де $Risk_{\bar{K}}^{lw}$ – ступінь ризику згідно з модифікованим методом Недосекіна-Воронова в разі нечіткості критеріального показника K й детермінованого значення нормативу G ; $q(\alpha_i)$ – ваговий коефіцієнт, що відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α_i .

Аналогічно до попереднього представлені вище вирази для розрахунку показника $Risk_{\bar{K}}^{lw}$ ґрунтуються на методі трапецій. В разі використання методу прямокутників вони трансформуються до такого (на основі [5; 11; 12]).

Для методу лівих прямокутників:

$$Risk_{\bar{K}}^{lw} = \sum_{i=0}^{n-1} \varphi_{\bar{K}}(\alpha_i) \times w(\alpha_i), \quad (10)$$

при цьому

$$w(\alpha_i) = \alpha_i / \sum_{i=0}^{n-1} \alpha_i, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n-1} \quad (11-12)$$

де $w(\alpha_i)$ – ваговий коефіцієнт, що відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α_i .

Для методу правих прямокутників:

$$Risk_{\bar{K}}^{lw} = \sum_{i=1}^n \varphi_{\bar{K}}(\alpha_i) \times w(\alpha_i), \quad (13)$$

при цьому

$$w(\alpha_i) = \alpha_i / \sum_{i=1}^n \alpha_i, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{1, n}. \quad (14-15)$$

Звернемося тепер до підходу до вимірювання ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії. Для нього розглядувана ситуація довільної нечіткості оцінки критерію й детермінованого значення його нормативу може бути виражена співвідношенням (на основі [11; 12]):

$$Risk_{\bar{K}}^P = \frac{\frac{\varphi_1(\alpha_0) + \varphi_1(\alpha_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \varphi_1(\alpha_i)}{\frac{\varphi_2(\alpha_0) + \varphi_2(\alpha_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \varphi_2(\alpha_i)}, \quad (16)$$

при цьому

$$\varphi_1(\alpha_i) = \begin{cases} 0, & G \leq K_1^{\alpha_i} \\ G - K_1^{\alpha_i}, & K_1^{\alpha_i} < G < K_2^{\alpha_i}, \\ K_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i}, & G \geq K_2^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (17-19)$$

$$\varphi_2(\alpha_i) = K_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n}$$

де $Risk_{\bar{K}}^P$ – значення ступеня ризику за нечіткою оцінкою критерію K в разі детермінованого значення нормативу G згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної методології.

Формула (16–19) відповідає знаходженню потрібних площ в межах нечіткої оцінки критеріального показника – загальної і тієї, що відповідає небажаним значенням – за допомогою методу трапецій, якщо розбиття на сегменти аналізованої нечіткої оцінки здійснюється уздовж множини значень її функції належності. Якщо ж зазначені площі визначати на основі методу прямокутників, то вираз для розрахунку показника ступеня ризику $Risk_{\bar{K}}^P$ має вигляд (на основі [11; 12]).

Для методу лівих прямокутників:

$$Risk_{\bar{K}}^P = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \varphi_1(\alpha_i)}{\sum_{i=0}^{n-1} \varphi_2(\alpha_i)}. \quad (20)$$

Для методу правих прямокутників:

$$Risk_{\bar{K}}^P = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_1(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^n \varphi_2(\alpha_i)}. \quad (21)$$

У подальшому викладенні обчислювальні вирази для інтегралів у формулах ступеня ризику для досліджуваних альтернативних методів його вимірювання ґрунтуватимуться на методі трапецій.

Нечітка оцінка критеріального показника може мати форму, що не припускає інтервального за рівнями належності представлення. В цьому разі наведені вище формули для оцінювання ступеня ризику на основі теоретико-ймовірнісної методології трансформуються, виходячи з розбиття зазначеної нечіткої оцінки уздовж множини визначення її функції належності.

Розглянемо тепер ситуацію одночасної нечіткості критеріального показника та його нормативного рівня.

В межах вихідного варіанта методу вимірювання ризику на основі інтервальної за рівнями належності методології (метод Недосекіна-Воронова), якщо має місце одночасна нечіткість оцінок критерію і нормативу привабливості господарської діяльності, які припускають аналітичну форму представлення, показник ступеня ризику слід розраховувати за формулою [3]:

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}}^I = \int_0^1 \varphi_{\bar{K}\bar{G}}(\alpha) d\alpha, \quad (22)$$

при цьому

$$\varphi_{\bar{K}\bar{G}}(\alpha) = \begin{cases} 0, & G_2^{\alpha} \leq K_1^{\alpha} \\ \frac{(G_2^{\alpha} - K_1^{\alpha})^2}{2(K_2^{\alpha} - K_1^{\alpha})(G_2^{\alpha} - G_1^{\alpha})}, & G_1^{\alpha} < K_1^{\alpha} < G_2^{\alpha} < K_2^{\alpha} \\ \frac{(G_1^{\alpha} - K_1^{\alpha}) + (G_2^{\alpha} - K_1^{\alpha})}{2(K_2^{\alpha} - K_1^{\alpha})}, & K_1^{\alpha} \leq G_1^{\alpha} \leq G_2^{\alpha} \leq K_2^{\alpha} \text{ \& } K_1^{\alpha} < K_2^{\alpha} \\ \frac{(G_2^{\alpha} - K_2^{\alpha}) + (G_2^{\alpha} - K_1^{\alpha})}{2(G_2^{\alpha} - G_1^{\alpha})}, & G_1^{\alpha} \leq K_1^{\alpha} \leq K_2^{\alpha} \leq G_2^{\alpha} \text{ \& } G_1^{\alpha} < G_2^{\alpha} \\ 1 - \frac{(K_2^{\alpha} - G_1^{\alpha})^2}{2(K_2^{\alpha} - K_1^{\alpha})(G_2^{\alpha} - G_1^{\alpha})}, & K_1^{\alpha} < G_1^{\alpha} < K_2^{\alpha} < G_2^{\alpha} \\ 1, & K_2^{\alpha} \leq G_1^{\alpha} \text{ \& } K_1^{\alpha} < G_2^{\alpha} \end{cases}, \quad \alpha \in [0, 1], \quad (23)$$

де $Risk_{\bar{K}\bar{G}}^I$ – ступінь ризику згідно з методом Недосекіна-Воронова за одночасної нечіткості критеріального показника K та нормативу G ; $\varphi_{\bar{K}\bar{G}}(\alpha)$ – ступінь ризику для рівня належності α в разі нечітких оцінок параметрів K та G ; K_1^{α} , K_2^{α} – відповідно, мінімальне і максимальне значення в межах інтервалу для нечіткої оцінки критерію K , який відповідає рівню належності α ; G_1^{α} , G_2^{α} – відповідно, мінімальне і максимальне значення в межах інтервалу для нечіткої оцінки нормативу G , який відповідає рівню належності α .

Для модифікованого методу Недосекіна-Воронова, який передбачає зважування локальних за рівнями належності оцінок ризику, ступінь ризику за нечітким критерієм в разі одночасної нечіткості нормативу за умови можливості їх аналітичного представлення виражає формула [11; 12]:

$$Risk_{\bar{K}\bar{G}}^{lw} = \int_0^1 \varphi_{\bar{K}\bar{G}}(\alpha) w(\alpha) d\alpha, \quad (24)$$

при цьому

$$w(\alpha) = \alpha \int_0^1 \alpha d\alpha, \quad (25)$$

де $Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^{lw}$ – ступінь ризику згідно з модифікованим методом Недосекіна-Воронова за одночасної нечіткості параметрів K та G ; $w(\alpha)$ – ваговий коефіцієнт, що відповідає локальній оцінці ризику для рівня належності α .

В загальній ситуації нечітка оцінка критеріального показника має довільно нечітку форму, подану в дискретно-інтервальний за рівнями належності спосіб. Формула ступеня ризику в межах методу Недосекіна-Воронова за умови довільної нечіткості критерію і нечіткої оцінки для нормативу, представлених в дискретно-інтервальний за рівнями належності формі, набуває вигляду (на основі [14]):

$$Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^l = \Delta\alpha \times \left(\frac{\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_0) + \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i) \right), \quad (26)$$

при цьому

$$\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i) = \begin{cases} 0, & G_2^{\alpha_i} \leq K_1^{\alpha_i} \\ \frac{(G_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i})^2}{2(K_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i})(G_2^{\alpha_i} - G_1^{\alpha_i})}, & G_1^{\alpha_i} < K_1^{\alpha_i} < G_2^{\alpha_i} < K_2^{\alpha_i} \\ \frac{(G_1^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i}) + (G_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i})}{2(K_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i})}, & K_1^{\alpha_i} \leq G_1^{\alpha_i} \leq G_2^{\alpha_i} \leq K_2^{\alpha_i} \text{ \& } K_1^{\alpha_i} < K_2^{\alpha_i} \\ \frac{(G_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i}) + (G_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i})}{2(G_2^{\alpha_i} - G_1^{\alpha_i})}, & G_1^{\alpha_i} \leq K_1^{\alpha_i} \leq K_2^{\alpha_i} \leq G_2^{\alpha_i} \text{ \& } G_1^{\alpha_i} < G_2^{\alpha_i} \\ 1 - \frac{(K_2^{\alpha_i} - G_1^{\alpha_i})^2}{2(K_2^{\alpha_i} - K_1^{\alpha_i})(G_2^{\alpha_i} - G_1^{\alpha_i})}, & K_1^{\alpha_i} < G_1^{\alpha_i} < K_2^{\alpha_i} < G_2^{\alpha_i} \\ 1, & K_2^{\alpha_i} \leq G_1^{\alpha_i} \text{ \& } K_1^{\alpha_i} < G_2^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (27)$$

$$\Delta\alpha = 1/n, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n} \quad (28-29)$$

де $\varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i)$ – ступінь ризику за нечітким критерієм K в разі нечіткості нормативу G для рівня належності α_i ; $G_1^{\alpha_i}, G_2^{\alpha_i}$ – відповідно. мінімальне і максимальне значення в межах інтервалу для нечіткої оцінки нормативу G , який відповідає рівню належності α_i .

В разі використання модифікованого методу Недосекіна-Воронова відповідна формула ступеня ризику для ситуації довільної нечіткості критерію і нечіткої оцінки нормативу, представлених в дискретно-інтервальний за рівнями належності формі, має вигляд (на основі [11; 12]):

$$Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^{lw} = \sum_{i=0}^n \varphi_{\tilde{K}\tilde{G}}(\alpha_i) \times q(\alpha_i), \quad (30)$$

при цьому

$$q(\alpha_i) = \begin{cases} \frac{\alpha_0}{\alpha_0 + \alpha_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i}, & i = 0 \\ \frac{\alpha_i}{\frac{\alpha_0 + \alpha_n}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i}, & i = \overline{1, n-1}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n} \\ \frac{\alpha_n}{\alpha_0 + \alpha_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i}, & i = n \end{cases} \quad (31-32)$$

Для підходу до вимірювання ризику на основі теоретико-ймовірнісної аналогії розглядувана ситуація одночасної нечіткості оцінок критерію і нормативу не отримала належного

розвитку. В цьому контексті можна запропонувати відповідний метод наближеного визначення ступеня ризику.

Як і для методів на основі інтервальної за рівнями належності методології, пропонуваній підхід ґрунтується на використанні дискретно-інтервальних наближень для нечітких оцінок критерію K та нормативу G , тобто припускається:

$$\begin{aligned} \tilde{K} &= \bigcup_{s=0}^n [K_1^{\alpha_s}, K_2^{\alpha_s}], \quad \alpha_s = s/n, \quad s = \overline{0, n}, \\ \tilde{G} &= \bigcup_{l=0}^n [G_1^{\alpha_l}, G_2^{\alpha_l}], \quad \alpha_l = l/n, \quad l = \overline{0, n}, \end{aligned} \quad (33-36)$$

де \tilde{K} – нечітка оцінка критерію K ; \tilde{G} – нечітка оцінка нормативу G .

Окрім цього, в межах пропонуваного підходу для нечіткої оцінки нормативного показника покладемо:

$$Poss(G = G_r^{\alpha_l}) = \alpha_l / 2 \sum_{l=1}^n \alpha_l, \quad \alpha_l = l/n, \quad l = \overline{1, n}, \quad r = 1, 2, \quad (37-38)$$

де $Poss(\dots)$ – оператор ступеня можливості відповідної події.

З урахуванням зроблених припущень наближене значення ступеня ризику невідповідності критеріального показника нормативному рівню в разі одночасної нечіткості оцінок для критерію і нормативу за допомогою методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії може бути знайдене так:

$$\begin{aligned} Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^p &= \sum_{r=1,2} \sum_{l=1}^n Poss(G = G_r^{\alpha_l}) \times Poss(K < G | G = G_r^{\alpha_l}) = \\ &= \sum_{r=1,2} \sum_{l=1}^n Poss(G = G_r^{\alpha_l}) \times Poss(K < G_r^{\alpha_l}) \end{aligned} \quad (39)$$

при цьому

$$Poss(G = G_r^{\alpha_l}) = \alpha_l / 2 \sum_{l=1}^n \alpha_l, \quad (40)$$

$$Poss(K < G_r^{\alpha_l}) = \frac{\frac{\varphi_1(G_r^{\alpha_l}, \alpha_0) + \varphi_1(G_r^{\alpha_l}, \alpha_n)}{2} + \sum_{s=1}^{n-1} \varphi_1(G_r^{\alpha_l}, \alpha_s)}{\frac{\varphi_2(\alpha_0) + \varphi_2(\alpha_n)}{2} + \sum_{s=1}^{n-1} \varphi_2(\alpha_s)}, \quad (41)$$

$$\varphi_1(G_r^{\alpha_l}, \alpha_s) = \begin{cases} 0, & G_r^{\alpha_l} \leq K_1^{\alpha_s} \\ G_r^{\alpha_l} - K_1^{\alpha_s}, & K_1^{\alpha_s} < G_r^{\alpha_l} < K_2^{\alpha_s} \\ K_2^{\alpha_s} - K_1^{\alpha_s}, & K_2^{\alpha_s} \leq G_r^{\alpha_l} \end{cases}, \quad (42-43)$$

$$\varphi_2(\alpha_s) = K_2^{\alpha_s} - K_1^{\alpha_s}, \quad \alpha_s = s/n, \quad s = \overline{0, n}, \quad \alpha_l = l/n, \quad l = \overline{1, n}, \quad r = 1, 2, \quad (44-45)$$

де $Risk_{\tilde{K}\tilde{G}}^p$ – ступінь ризику згідно з методом на основі теоретико-ймовірнісної аналогії за одночасної нечіткості параметрів K та G .

Розглянемо використання представлених підходів на розрахунковому прикладі.

Нехай оцінки критерію і нормативу привабливості деякого господарського заходу або виду діяльності підприємства (поточне виробництво, інвестиційний проект, фінансові інвестиції) характеризуються трикутною нечіткістю, млн. грн.: $\tilde{K} = (-500, 300, 700)$, $\tilde{G} = (-150, 0, 200)$.

Необхідно оцінити ступінь ризику даного заходу (діяльності) відносно критеріального показника за допомогою вихідної і модифікованої версії методу Недосекіна-Воронова, а також методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії.

В таблицях 1 і 2 відображені результати проміжних обчислень стосовно шуканих показників.

Згідно з даними таблиці 1 і 2, для методу на основі теоретико-ймовірнісної методології ступінь ризику в межах аналізованої ситуації є максимальним і становить 0,274. В разі використання модифікованого методу Недосекіна-Воронова одержуємо мінімальну величину ризику, яка майже в три рази менша за попереднє значення – 0,092. Вихідна версія методу Недосекіна-Воронова показує ступінь ризику, близький до середньоарифметичного між зазначеними граничними оцінками – 0,187.

В ситуації, коли ядро нечіткої оцінки нормативу за аналізованим критерієм привабливості є інтервалом, для забезпечення необхідного ступеня точності вимірювання ризику в межах використання методу на основі теоретико-ймовірнісної аналогії дискретизацію оцінки нормативного показника слід здійснювати не за рівнями належності, а за значеннями носія. Розрахункові співвідношення (39–45) в цьому разі трансформуються до такого:

$$Risk_{KG}^P = \sum_{v=0}^V Poss(G = G_v) \times Poss(K < G_v), \quad (46)$$

при цьому

$$Poss(G = G_v) = \mu_{\tilde{G}}(G_v) / \sum_{v=0}^V \mu_{\tilde{G}}(G_v), \quad (47)$$

$$Poss(K < G_v) = \frac{\frac{\varphi_1(G_v, \alpha_0) + \varphi_1(G_v, \alpha_n)}{2} + \sum_{s=1}^{n-1} \varphi_1(G_v, \alpha_s)}{\frac{\varphi_2(\alpha_0) + \varphi_2(\alpha_n)}{2} + \sum_{s=1}^{n-1} \varphi_2(\alpha_s)}, \quad (48)$$

$$\varphi_1(G_v, \alpha_s) = \begin{cases} 0, & G_v \leq K_1^{\alpha_s} \\ G_v - K_1^{\alpha_s}, & K_1^{\alpha_s} < G_v < K_2^{\alpha_s} \\ K_2^{\alpha_s} - K_1^{\alpha_s}, & K_2^{\alpha_s} \leq G_v \end{cases}, \quad (49-50)$$

$$\begin{aligned} \varphi_2(\alpha_s) &= K_2^{\alpha_s} - K_1^{\alpha_s} \\ \alpha_s &= \frac{s}{n}, \quad s = \overline{0, n}, \\ v &= \overline{0, V}, \end{aligned} \quad (51)$$

$$G_v - G_{v-1} = \Delta G, \quad v = \overline{1, V}, \quad \Delta G = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{V}, \quad (52-53)$$

де $\mu_{\tilde{G}}$ – функція належності для нечіткої оцінки нормативу G ; G_{v-1} , G_v – відповідно, мінімальне і максимальне значення для v -го інтервалу розбиття носія нечіткої оцінки нормативу G ; G_{\min} , G_{\max} – відповідно, мінімальне і максимальне значення в межах нечіткої оцінки нормативу G ; ΔG – крок в розбитті носія нечіткого нормативу G .

Висновки. На відміну від теорії ймовірностей в межах нечітко-множинної методології задача

Таблиця 1

Значення проміжних параметрів для оцінювання ступеня ризику в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу на основі вихідного та модифікованого методу Недосекіна-Воронова

$\alpha_i, i = \overline{0, n}$	$K_1^{\alpha_i}$	$K_2^{\alpha_i}$	$G_1^{\alpha_i}$	$G_2^{\alpha_i}$	$\varphi_{\tilde{KG}}(\alpha_i)$	$q(\alpha_i)$	$\varphi_{\tilde{KG}}(\alpha_i) \times q(\alpha_i)$
0,0	-500	700	-150	200	0,438	0,000	0,000
0,1	-420	660	-135	180	0,410	0,020	0,008
0,2	-340	620	-120	160	0,375	0,040	0,015
0,3	-260	580	-105	140	0,330	0,060	0,020
0,4	-180	540	-90	120	0,271	0,080	0,022
0,5	-100	500	-75	100	0,188	0,100	0,019
0,6	-20	460	-60	80	0,074	0,120	0,009
0,7	60	420	-45	60	0,000	0,140	0,000
0,8	140	380	-30	40	0,000	0,160	0,000
0,9	220	340	-15	20	0,000	0,180	0,000
1,0	300	300	0	0	0,000	0,100	0,000
Всього:	–	–	–	–	–	1,000	0,092

Таблиця 2

Значення проміжних параметрів для оцінювання ступеня ризику в разі одночасної нечіткості критерію і нормативу за допомогою методу на основі теоретико-ймовірнісної методології

$\alpha_i, i = \overline{0, n}$	$G_1^{\alpha_i}$	$Poss(G = G_1^{\alpha_i})$	$Poss(K < G_1^{\alpha_i})$	$\frac{Poss(G = G_1^{\alpha_i}) \times Poss(K < G_1^{\alpha_i})}{Poss(K < G_1^{\alpha_i})}$	$G_2^{\alpha_i}$	$Poss(G = G_2^{\alpha_i})$	$Poss(K < G_2^{\alpha_i})$	$\frac{Poss(G = G_2^{\alpha_i}) \times Poss(K < G_2^{\alpha_i})}{Poss(K < G_2^{\alpha_i})}$
0,1	-135	0,009	0,140	0,001	180	0,009	0,483	0,004
0,2	-120	0,018	0,152	0,003	160	0,018	0,455	0,008
0,3	-105	0,027	0,163	0,004	140	0,027	0,427	0,012
0,4	-90	0,036	0,176	0,006	120	0,036	0,402	0,015
0,5	-75	0,045	0,190	0,009	100	0,045	0,377	0,017
0,6	-60	0,055	0,203	0,011	80	0,055	0,352	0,019
0,7	-45	0,064	0,217	0,014	60	0,064	0,327	0,021
0,8	-30	0,073	0,231	0,017	40	0,073	0,305	0,022
0,9	-15	0,082	0,245	0,020	20	0,082	0,283	0,023
1,0	0	0,091	0,262	0,024	0	0,091	0,262	0,024

вимірювання господарського ризику як ступеня можливості невідповідності критерію привабливості аналізованої господарської діяльності деякому нормативному рівню не має єдиного підходу до свого розв'язання і характеризується наявністю низки методів, що ґрунтуються на альтернативних варіантах можливісної міри.

Наявність альтернативних нечітко-множинних методів оцінювання ступеня ризику в межах зазначеного вище трактування його міри, які призводять до різних оцінок, є частковим проявом методологічної незамкненості теорії нечітких множин, що, в свою чергу, обумовлено онтологічними особливостями феномена нечіткості.

На завершення доцільно також додати, що перспективним напрямом подальших наукових розвідок за порушеною в роботі проблематикою є виявлення та аналіз властивостей нечітко-множинних методів вимірювання господарського ризику стосовно задач портфельної оптимізації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві: [монографія] / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2004. – 480 с.
2. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике / В.П. Бочарников. – СПб.: Наука, 2001. – 328 с.
3. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами / А.О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. – 2000. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.auditfin.com/fin/2000/2/upr_fin/uprfin1.asp.
4. Севастьянов П.В. Невероятностная концепция риска в оптимизации портфеля / П.В. Севастьянов, Л.Г. Дымова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ifel.ru/br1/12.pdf>.
5. Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... к. э. н.: спец. 08.00.13 / П.М. Деревянко. – Санкт-Петербург, 2006. – 224 с.
6. 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.
7. Птускин А.С. Нечеткие модели и методы в менеджменте: [учебное пособие] / А.С. Птускин. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 216 с.
8. Тыщук Т.А. Инвестиционные расчеты и анализ рисков в условиях нечетких данных / Т.А. Тыщук. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. – 24 с.
9. 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.
10. Luban F. Fuzzy model for risk analysis / F. Luban // Journal of Industrial Engineering International. – 2007, July. – Vol. 3, № 5. – P. 19–26.
11. 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.
12. Коцюба О.С. Нечітко-множинні методи вимірювання господарського ризику / О.С. Коцюба // Економіка: проблеми теорії та практики: зб. наук. праць: в 5 т. Т. III. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2008. – Вип. 241. – С. 668–699.
13. Кокош А.М. Применение теории нечетких множеств при оценке риска неэффективности инвестиций: [курсовая работа] / А.М. Кокош. – Пермь, 2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: sedok.narod.ru/s_files/students/Kokosh_1.zip.
14. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта / А.О. Недосекин, А.М. Кокош [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_170603_2.doc.
15. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы / А.О. Недосекин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_100303.doc.