

**ВИМІРЮВАННЯ РИЗИКУ ДЛЯ РЕЗУЛЬТУЮЧИХ ПОКАЗНИКІВ  
НЕЧІТКИХ БЮДЖЕТІВ ПІДПРИЄМСТВА**

**КОЦЮБА Олексій Станіславович**, <https://orcid.org/0000-0002-8159-0772>,  
доктор екон. наук, доцент, Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна, [kotsyuba.oleksiy@kneu.edu.ua](mailto:kotsyuba.oleksiy@kneu.edu.ua)

**Тип статті:**  
дослідницька стаття

**Надійшло:**  
04.02.2026

**Прийнято:**  
18.04.2026

**Опубліковано:**  
31.05.2026

**УДК:**  
658.15:519.816

**JEL Classification:**  
C02, C63, D81, M41

**Засновник і  
видавець:**  
Київський національ-  
ний економічний уні-  
верситет імені Ва-  
дима Гетьмана

**Анотація.** Стаття присвячена проблемі вимірювання ризику для результуючих показників бюджетів підприємства, значення статей яких описуються нечіткими оцінками (числами). Якщо початкові бюджетні параметри задаються нечіткими оцінками, то й результуючі бюджетні показники також будуть нечіткими оцінками.

Наявні підходи і методи на основі теорії нечітких множин створюють передумови для ефективного розв'язання широкого спектра економіко-управлінських задач у сфері бізнесу. Водночас “незамкненість” нечітко-множинної методології зумовлює актуальність розвитку нечітко-множинних методів і інструментів кількісного оцінювання ступеня ризику. Серед іншого в контексті проблематики ризик-аналізу нечітких бюджетів інтерес становить метод вимірювання ризику на основі репрезентативних значень.

У роботі запропоновано варіант зазначеного методу, для якого репрезентативні значення нечіткої оцінки аналізованого економічного показника визначаються на основі середньої точки середнього інтервалу. За допомогою імітаційного прикладу здійснено його апробацію. Результати апробації запропонованої методичної розробки та її зіставлення з альтернативними варіантами підтверджують її перспективність.

Перспективним напрямом подальших досліджень у межах окресленої в роботі проблематики є формування цілісного методичного інструментарію вимірювання ризику у системі бюджетування діяльності підприємства на основі нечітко-множинної методології.

**Ключові слова:** невизначеність, нечіткість, бюджет, бюджетування, бюджетний показник, ризик, міра ризику, репрезентативне значення

**Як цитувати:** Коцюба, О. С. (2026). Вимірювання ризику для результуючих показників нечітких бюджетів підприємства. *Стратегія економічного розвитку України*, 58, 369-382.  
<https://doi.org/10.33111/sedu.2026.58.369.382>

**Cite as:** Kotsyuba, O. (2026). Measuring Risk for Resulting Indicators of Fuzzy Enterprise Budgets. *Strategy of Economic Development of Ukraine*, 58, 369-382.  
<https://doi.org/10.33111/sedu.2026.58.369.382>



## Вступ

Сьогодні бюджетування є однією з базових управлінських технологій, яка дає змогу забезпечувати узгодженість управлінських рішень у площині фінансово-економічних параметрів та цілей діяльності підприємства. Суть бюджетування можна означити як реалізацію “довгострокового плану на наступний рік шляхом розроблення детальних фінансових планів” (Drury & Tales, 2022, р. 268).

Основу бюджетного підходу до управління підприємством становить бюджет. Бюджет – це “фінансовий план реалізації управлінських рішень” (Drury & Tales, 2022, р. 268). Сукупність часткових бюджетів утворює систему – загальний (зведений) бюджет підприємства.

Одним з ключових факторів ефективності процесів управління підприємством, у тому числі пов’язаних з бюджетуванням, є невизначеність. Неусувна невизначеність зумовлює ризик суттєвого відхилення фактичних значень бюджетних показників від запланованих. Отже, при раціональному формуванні бюджетів підприємства обов’язково мають враховуватися фактори невизначеності та ризику.

Нині орієнтоване на врахування невизначеності та ризику бюджетування діяльності підприємства здійснюється за допомогою різних теоретико-методичних підходів. Для ситуацій нестохастичної невизначеності, коли звернення до класичних імовірно-статистичних методів є некоректним, актуальності набувають експертні методи, зокрема, на основі теорії нечітких множин.

Проблематиці бюджетування на підприємстві в умовах невизначеності присвячено значний масив наукових робіт. Серед них можна відзначити дослідження М. Арени та М. Арнаболді (Arena & Arnaboldi, 2013), Б.-Г. Екхольма та Я. Валліна (Ekholm & Wallin, 2011), Н. Фроу та ін. (Frow et al., 2010), Н. К. Харіхарана (Hariharan, 2020), Х. С. Б. Херата (Herath, 2023), А. Перейри та А. М. Гомеса (Pereira & Gomes, 2023), П. Рауша та ін. (Rausch et al., 2013). У цих роботах розглядається широкий спектр питань, пов’язаних з реалізацією бюджетної технології в управлінні підприємством в ситуації підвищеної нестабільності та невизначеності: вплив урахування ризику на ефективність бюджетування; корисність традиційних і гнучких бюджетів; аналіз недоліків і переваг різних бюджетних моделей; потенціал, організаційні та інші аспекти використання у бюджетуванні ковзних бюджетів, імітаційного моделювання методом Монте Карло, інформаційно-аналітичних платформ для автоматизації бюджетного процесу та ін. Разом з тим у межах окресленого корпусу досліджень не приділяється скільки-небудь помітної уваги проблемі розроблення цілісної бюджетної моделі, орієнтованої на врахування нечіткої невизначеності, яка при цьому як одну зі своїх найважливіших складових передбачає кількісний ризик-аналіз результатуючих показників нечітких бюджетів за допомогою відповідних методів та інструментів. У даному разі нечіткі бюджети слід розуміти як такі

бюджети, значення вхідних (початкових) параметрів та результуючих показників яких описуються нечіткими оцінками (числами).

Відповідно, до зазначеного вище метою цієї роботи є визначення, аналіз та розвиток методичного інструментарію вимірювання ризику, який доцільно використовувати в межах кількісного ризик-аналізу результуючих показників нечітких бюджетів підприємства.

### Огляд літератури

Наразі роботи, в яких розглядається проблематика бюджетування на підприємстві з використанням нечітко-множинної методології, утворюють окремі напрями досліджень. Як репрезентативні сучасні дослідження цього спрямування можна назвати праці С. А. Ель-Морсі (El-Morsy, 2022), Ф. А. Кастібланко Руїса (Castiblanco Ruíz, 2015), Д. Кухти (Kuchta, 2010), К. А. Луна Альтамірано та ін. (Luna Altamirano et al., 2021), Х. А. Е.-В. Халіфи та С. С. Алодгайбі (Khalifa & Alodhaibi, 2021).

У роботі Ель-Морсі (El-Morsy, 2022) пропонується авторська версія методу формування бюджету підприємства (компанії) з нульовою базою у нечіткому середовищі. Неточні бюджетні дані описуються за допомогою трикутних нечітких чисел. Узгодження нечітких потреб центрів рішень та нечіткого порогу доступності ресурсів (бюджетного обмеження зверху) здійснюється за допомогою показника міри можливості Л. Заде. Ризик-аналіз як окрема процедура у складі розглядуваної методичної розробки не використовується.

Робота Ф. А. Кастібланко Руїса (Castiblanco Ruíz, 2015) являє собою комплексне монографічне дослідження, предметом якого є методологія, процедури та інструменти бюджетного процесу організації (підприємства) на основі математичного апарату нечітких множин (підмножин). Використовуючи наскрізний приклад з умовним виробничим підприємством, автор послідовно реалізує нечіткий підхід для всіх етапів бюджетного процесу, починаючи від моделювання нечіткого бюджету продажів і завершуючи формуванням прогнозової фінансової звітності. Відповідно до зазначеного, у дослідженні в нечіткій формі розраховано ланцюжок операційних бюджетів, включно з бюджетами виробництва, матеріальних витрат, витрат на оплату праці, загальновиробничих і адміністративних витрат тощо. Серед різних важливих питань, порушених у коментованій роботі, окрему увагу приділено методичним аспектам арифметичних операцій над нечіткими числами, а також аналізу нечітких даних прогнозової фінансової звітності за допомогою фінансових коефіцієнтів.

У праці Д. Кухти (Kuchta, 2010) висвітлено теоретико-методичні і прикладні аспекти нечітко-множинного виробничого та операційного бюджетування. Нечітко-множинний підхід до бюджетування розглядається з найширших позицій, відповідно до чого нечіткість розглядається як фактор, який може уводитися як у цільові функції та ресурсні обмеження, так і в параметри виробництва. Спеці-

альну увагу в роботі, поряд з проблемою формування нечітких виробничих і операційних бюджетів, приділено аналізу результатів їх виконання. В межах цього запропоновано окремі інструменти (показники) для його здійснення. Зазначені інструменти, серед іншого, пропонується використовувати для виявлення негативних тенденцій безпосередньо під час виконання нечітких бюджетів з метою запобігання отриманню небажаних або незадовільних результатів.

У публікації К. А. Луна Альтамірано та ін. (Luna Altamirano et al., 2021) представлено нечітко-множинну модель розробки бюджету з нульовою базою, яка передбачає інтервальне прогнозування доходів, використання бюджетного обмеження, заданого песимістичною та оптимістичною оцінками, а також трапецієподібних нечітких чисел для визначення бюджетних потреб. Для оцінювання ступеня покриття бюджетних потреб у межах наявного бюджетного обмеження та підтримки прийняття рішення щодо затвердження бюджету пропонуються спеціальні взаємопов'язані показники – індекс нестачі покриття та індекс покриття. Хоча у своїй моделі автори не оперують поняттям ризику, можна помітити, що індекс нестачі покриття припускає інтерпретацію як показник міри ризику виникнення дефіциту бюджетного забезпечення.

У дослідженні Х. А. Е.-В. Халіфі та С. С. Алодгайбі (Khalifa & Alodhaibi, 2021) наводиться запропонований авторами метод моделювання бюджету підприємства (компанії) з нульовою базою, який ґрунтується на використанні апарату нечітких чисел. А саме, недетерміновані бюджетні дані описуються за допомогою п'ятикутних (пентагональних) нечітких чисел. Вибір допустимого бюджету здійснюється за допомогою нечіткого порогу доступності ресурсів та показника міри можливості Л. Заде. Хоча в межах коментованої моделі якийсь окремий показник ступеня ризику порушення нечіткого порогу доступності ресурсів її автори не використовують, вони пропонують оцінювати ризик виходячи із значення міри можливості того, що бюджетне обмеження буде задоволене.

Підсумовуючи результати проведеного огляду, можна констатувати, що поряд із очевидними теоретичними і методичними здобутками у сфері бюджетування на підприємстві з використанням нечітко-множинного підходу проблема формування цілісного методичного інструментарію кількісного ризик-аналізу нечітких бюджетів ще не знайшла повноцінного розв'язання.

### **Методологія**

Насамперед наведемо деякі базові поняття теорії нечітких множин (Bede, 2013), на які спиратимемося у подальшому аналізі.

Під нечіткими множинами слід розуміти множини, що не мають чітко окреслених або однозначно фіксованих меж.

Нечітку множину формально можна задати як сукупність упорядкованих пар, де кожному елементу з універсальної множини (універсуму) ставиться у

відповідність ступінь його належності. Інакше кажучи, якщо  $\tilde{A}$  – нечітка множина, визначена на універсальній множині  $U$ , то це можна записати у вигляді:

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

де  $x$  – елемент з множини  $U$ ;

$\mu_{\tilde{A}}(x)$  – ступінь належності елемента  $x$  нечіткій множині  $\tilde{A}$  ( $\mu_{\tilde{A}} : U \rightarrow [0, 1]$ ), функція  $\mu_{\tilde{A}}$  має назву функції належності).

До важливих структурних компонентів, які характеризують нечітку множину, належать поняття її носія та ядра.

Носієм ( $\text{supp}$ ) нечіткої множини  $\tilde{A}$  є підмножина універсальної множини, що складається з елементів, для яких значення функції належності відмінні від нуля:

$$\text{supp}(\tilde{A}) = \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) > 0, x \in U\}. \quad (2)$$

Ядром ( $\text{core}$ ) нечіткої множини  $\tilde{A}$  називають підмножину універсальної множини, елементи якої мають значення функції належності, що дорівнюють одиниці:

$$\text{core}(\tilde{A}) = \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) = 1, x \in U\}. \quad (3)$$

В основі нечітко-множинного моделювання кількісних характеристик досліджуваних процесів і явищ лежать концепції нечіткої величини та нечіткого числа.

Під нечіткою величиною розуміють нечітку множину, задану на множині дійсних чисел.

Нехай  $\tilde{N}$  – деяка нечітка величина. Вона класифікується як нечітке число, якщо для неї виконуються такі умови:

- 1) для нечіткої величини  $\tilde{N}$  існує значення, для якого значення функції належності дорівнює 1 (ядро не є порожнім);
- 2) нечітка величина  $\tilde{N}$  є опуклою;
- 3) функція належності нечіткої величини  $\tilde{N}$  є напівнеперервною зверху;
- 4) носій нечіткої величини  $\tilde{N}$  являє собою обмежену підмножину числової прямої.

Перейдемо тепер до безпосереднього розгляду питань, які становлять предмет цього дослідження.

В ситуації нечіткості вхідних бюджетних параметрів результуючі показники бюджетів також матимуть нечіткий характер. До найважливіших аналітико-управлінських завдань у межах ризик-орієнтованого бюджетування діяльності

підприємства належить визначення та аналіз числових характеристик ризику для недетермінованих (у тому числі нечітких) оцінок його результуючих бюджетних показників.

Підходи до побудови кількісних показників ступеня ризику для нечітких оцінок результуючих або критеріальних економічних показників значною мірою “наслідують” теоретико-ймовірнісну методологію з цієї проблематики. Разом з тим, лише очевидними паралелями між теорією ймовірностей і теорією нечітких множин розроблення порушеної проблеми не обмежується.

Згідно з сучасними науковими уявленнями одним з базових варіантів міри ризику є ступінь можливості (ймовірність в разі ймовірнісного контексту) того, що значення критеріального економічного показника (критерію) аналізованого господарського заходу або виду діяльності не відповідатиме деякому нормативному (цільовому або гранично припустимому) рівню.

З операційної точки зору зазначена інтерпретація кількісної оцінки ступеня ризику передбачає використання математичної конструкції можливої міри. Цей формалізм може будуватися у різний спосіб. Зокрема, можливі варіанти розглядуваної міри ризику в контексті проблематики нечітко-множинного ризик-аналізу та портфельної оптимізації представлено у працях Ф. Любан (Luban, 2007), а також Ю. П. Зайченка та М. О. Мурги (Zaichenko & Murga, 2011) відповідно.

З огляду на “незамкненість” нечітко-множинної методології, якщо розуміти її у широкому сенсі, поряд з іншими методичними підходами в межах розглядуваної концепції міри ризику інтерес становить підхід до вимірювання ризику, який ґрунтується на інструментарії репрезентативних значень (точок, чисел) (Kotsyuba, 2009; Kotsyuba, 2013). Інтерес до цього підходу зберігається, якщо оцінювати доцільність його використання з точки зору проблематики кількісного ризик-аналізу в контексті бюджетування діяльності підприємства.

Нагадаємо, що репрезентативне значення нечіткої оцінки (величини, числа) являє собою її скалярний еквівалент (чітке число), який може бути використаний для тих чи інших операційних потреб, зокрема для ранжування (Yager & Filev, 1999). Трансформація нечіткої оцінки в чітке число здійснюється за допомогою спеціальної процедури (оператора), яка називається дефазифікацією. Існують різні методи дефазифікації (Sleptsov & Zodenkamp, 2007; Bede, 2013), наслідком чого є можливість знаходити репрезентативні значення нечітких оцінок в різний спосіб.

Нехай  $K$  – результуючий показник бюджету підприємства. Припустимо також, що цей бюджетний показник покращується у напрямі збільшення і в межах використовуваної на підприємстві бюджетної моделі описується нечіткою оцінкою ( $\tilde{K}$ ). Покладемо далі, що зацікавленою особою (суб’єктом прийняття

рішень, експертом) задано нормативний рівень (норматив) ( $G$ ) показника  $K$ , яким може бути деяке його цільове (бажане) або гранично припустиме (порогове) значення. За зроблених припущень ступінь ризику ( $Risk$ ) невідповідності значення показника  $K$  нормативному рівню  $G$  згідно з методом на основі репрезентативних значень слід розраховувати так (Kotsyuba, 2009):

$$Risk(\tilde{K}, G) = \frac{\mu_{\tilde{K}G}^-(G - Rep(\tilde{K}_G^-))}{\mu_{\tilde{K}G}^-(G - Rep(\tilde{K}_G^-)) + \mu_{\tilde{K}G}^+(Rep(\tilde{K}_G^+) - G)}, \quad (4)$$

де  $\mu_{\tilde{K}G}^-$ ,  $\mu_{\tilde{K}G}^+$  – вагові параметри для тих частин нечіткої оцінки бюджетного показника  $K$ , які містять значення відповідно менше та більше за норматив  $G$ ;

$Rep(\tilde{K}_G^-)$ ,  $Rep(\tilde{K}_G^+)$  – репрезентативні числа для тих частин нечіткої оцінки бюджетного показника  $K$ , які містять значення відповідно менше та більше за норматив  $G$ .

Звернемо увагу ще раз, що змістовно показник ступеня ризику, визначений за допомогою наведеної вище формули, припускає трактування як ступінь можливості того, що досліджуваний економічний показник набуде значення нижче за норматив.

Як вже було зауважено раніше, апарат нечітко-множинного моделювання містить різні методи дефазифікації, за допомогою яких можуть бути знайдені репрезентативні значення нечітких величин. Це означає, що розрахункова схема, втілена у формулі (4), може бути реалізована у різний спосіб. Зокрема, у роботі (Kotsyuba, 2009) було запропоновано для цього використовувати такі методи дефазифікації: метод центру ваги, а також методи, які можна означити як метод середнього  $\alpha$ -зваженого та метод середнього простого.

Припустимо, що бюджетний показник  $K$  описується трикутним нечітким числом ( $K_{\min}$  – мінімум;  $K_{\text{mod}}$  – мода;  $K_{\max}$  – максимум). Тоді використання названих методів приводить до таких розрахункових виразів для визначення компонентів розглядуваної формули (Kotsyuba, 2013).

Для методу центра ваги:

$$Rep(\tilde{K}_G^-) = \begin{cases} \frac{1}{3} \times (K_{\min} + 2G), & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{3} \times \frac{K_{\max}(G^2 - K_{\text{mod}}^2) + 2G^2(K_{\max} - G) - K_{\min}(K_{\max} - K_{\text{mod}})(K_{\min} + K_{\text{mod}})}{(K_{\max} - K_{\text{mod}})(G - K_{\min}) + (G - K_{\text{mod}})(K_{\max} - G)}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}, \quad (5)$$

$$Rep(\tilde{K}_G^+) = \begin{cases} \frac{1}{3} \times \frac{K_{\min}(G^2 - K_{\text{mod}}^2) - 2G^2(G - K_{\min}) + K_{\max}(K_{\text{mod}} - K_{\min})(K_{\text{mod}} + K_{\max})}{(K_{\text{mod}} - K_{\min})(K_{\max} - G) + (K_{\text{mod}} - G)(G - K_{\min})}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{3} \times (2G + K_{\max}), & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (6)$$

$$\mu_{\tilde{K}_G}^- = \begin{cases} \frac{1}{2} \times \frac{G - K_{\min}}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{2} \times \left[ 1 + \frac{(G - K_{\text{mod}})(K_{\max} - G)}{(K_{\max} - K_{\text{mod}})(G - K_{\min})} \right], & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}, \quad (7)$$

$$\mu_{\tilde{K}_G}^+ = \begin{cases} \frac{1}{2} \times \left[ 1 + \frac{(K_{\text{mod}} - G)(G - K_{\min})}{(K_{\text{mod}} - K_{\min})(K_{\max} - G)} \right], & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{2} \times \frac{K_{\max} - G}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}. \quad (8)$$

Для методу середнього  $\alpha$ -зваженого:

$$\text{Rep}(\tilde{K}_G^-) = \begin{cases} \frac{1}{6} \times (K_{\min} + 5G), & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{6} \times (K_{\min} + 4K_{\text{mod}} + K_{\max}) - \frac{1}{6} \times \frac{(K_{\max} - G)^3}{(K_{\max} - K_{\text{mod}})^2}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}, \quad (9)$$

$$\text{Rep}(\tilde{K}_G^+) = \begin{cases} \frac{1}{6} \times (K_{\min} + 4K_{\text{mod}} + K_{\max}) + \frac{1}{6} \times \frac{(G - K_{\min})^3}{(K_{\text{mod}} - K_{\min})^2}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{6} \times (5G + K_{\max}), & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (10)$$

$$\mu_{\tilde{K}_G}^- = \begin{cases} \frac{1}{2} \times \frac{G - K_{\min}}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{2}, & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (11)$$

$$\mu_{\tilde{K}_G}^+ = \begin{cases} \frac{1}{2}, & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{2} \times \frac{K_{\max} - G}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}. \quad (12)$$

Для методу середнього простого:

$$\text{Rep}(\tilde{K}_G^-) = \begin{cases} \frac{1}{4} \times (K_{\min} + 3G), & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{4} \times (K_{\min} + 2K_{\text{mod}} + K_{\max}) - \frac{1}{4} \times \frac{(K_{\max} - G)^2}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}, \quad (13)$$

$$\text{Rep}(\tilde{K}_G^+) = \begin{cases} \frac{1}{4} \times (K_{\min} + 2K_{\text{mod}} + K_{\max}) + \frac{1}{4} \times \frac{(G - K_{\min})^2}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{4} \times (3G + K_{\max}), & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (14)$$

$$\mu_{\tilde{K}G}^- = \begin{cases} \frac{G - K_{\min}}{K_{\text{mod}} - K_{\min}}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}}, \\ 1, & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (15)$$

$$\mu_{\tilde{K}G}^+ = \begin{cases} 1, & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{K_{\max} - G}{K_{\max} - K_{\text{mod}}}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}. \quad (16)$$

Підсумовуючи, можна констатувати, що, з одного боку, аналізований метод вимірювання ризику характеризується концептуальною чіткістю, а з іншого боку, навіть для ситуації, коли економічний показник, який є об'єктом ризик-аналізу, описується одним із найпростіших видів нечітких чисел, формули для точного розрахунку ступеня ризику за даним методом є до певної міри громіздкими. Зазначене зумовлює доцільність удосконалення досліджуваного методу в напрямі підвищення рівня його обчислювальної зручності.

### Результати

Шлях до можливого покращення розглядуваного методу вимірювання ризику може лежати у площині підбору такого методу дефазифікації для визначення репрезентативних чисел, використання якого, з одного боку, забезпечить високий рівень зручності обчислень, а з іншого боку, не призводитиме до зниження рівня коректності одержуваних результатів. З цієї точки зору звертає на себе увагу методичний підхід до дефазифікації нечітких чисел, відомий під назвою методу середньої точки середнього інтервалу (Middle Point of the Mean Interval, MPMI) (Sleptsov & Zodenkamp, 2007). Отже, здійснимо спробу удосконалення аналізованого у роботі методу кількісного оцінювання ступеня ризику, реалізувавши його на основі методу дефазифікації MPMI.

Після виконання відповідних аналітичних процедур можна одержати такі розрахункові вирази для визначення компонентів, на яких ґрунтується базова формула досліджуваного методу вимірювання ризику:

$$Rep(\tilde{K}_G^-) = \begin{cases} \frac{1}{4} \times (K_{\min} + 3G), & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{4} \times (K_{\min} + K_{\text{mod}} + 2G), & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases}, \quad (17)$$

$$Rep(\tilde{K}_G^+) = \begin{cases} \frac{1}{4} \times (2G + K_{\text{mod}} + K_{\max}), & K_{\min} < G < K_{\text{mod}} \\ \frac{1}{4} \times (3G + K_{\max}), & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (18)$$

$$\mu_{\tilde{K}G}^- = \begin{cases} \frac{G - K_{\min}}{2(K_{\text{mod}} - K_{\min})}, & K_{\min} < G < K_{\text{mod}}, \\ 0,5, & K_{\text{mod}} \leq G < K_{\max} \end{cases}, \quad (19)$$

$$\mu_{KG}^+ = \begin{cases} 0,5, & K_{\min} < G \leq K_{\text{mod}} \\ \frac{K_{\max} - G}{2(K_{\max} - K_{\text{mod}})}, & K_{\text{mod}} < G < K_{\max} \end{cases} \quad (20)$$

Здійснимо апробацію одержаної нової версії аналізованого методу кількісного оцінювання ступеня ризику.

Нехай статті нечіткого квартального бюджету доходів і витрат деякого умовного підприємства описуються трикутними оцінками. У табл. 1 наведено їхні опорні (реперні) значення (мінімум – min, мода – mod, максимум – max).

**Таблиця 1. Нечіткий квартальний бюджет доходів і витрат підприємства, гр. од.**

Показник	Реперні значення трикутних оцінок		
	min	mod	max
Обсяг продажу, од. продукції	9 500 000,00	10 000 000,00	11 000 000,00
Виручка від реалізації	270 750 000,00	300 000 000,00	346 500 000,00
Змінні виробничі витрати	144 400 000,00	160 000 000,00	184 800 000,00
Змінні збутові витрати	16 245 000,00	18 000 000,00	20 790 000,00
Змінні витрати	160 645 000,00	178 000 000,00	205 590 000,00
Маржинальний прибуток	93 195 000,00	122 000 000,00	160 490 000,00
Постійні витрати, у т. ч.:	102 600 000,00	108 000 000,00	113 400 000,00
- виробничі	80 750 000,00	85 000 000,00	89 250 000,00
- адміністративні	14 250 000,00	15 000 000,00	15 750 000,00
- збутові	7 600 000,00	8 000 000,00	8 400 000,00
Операційний прибуток/збитки	-20 205 000,00	14 000 000,00	57 890 000,00

*Джерело:* складено автором.

Як видно з даних табл. 1, поряд зі сприятливими для підприємства сценаріями (наявність прибутку) може реалізуватися небажаний перебіг подій (збитки). Отже, виникає потреба у визначенні ризикованості операційної діяльності підприємства з погляду можливості отримання збитків (це означає, що норматив прибутковості у цьому разі слід приймати на рівні нуля). Оцінимо ступінь ризику того, що операційний прибуток підприємства виявиться менше за норматив, за допомогою методу на основі репрезентативних значень, реалізувавши одночасно його різні варіанти, включно із новим, одержаним вище.

Після виконання необхідних розрахункових процедур можна одержати, що шуканий ступінь ризику, знайдений з використанням альтернативних методів визначення репрезентативних значень, становить:

- для методу центра ваги: 0,139 (13,9 %);
- для методу середнього  $\alpha$ -зваженого: 0,106 (10,6 %);
- для методу середнього простого: 0,133 (13,3 %);
- для методу середньої точки середнього інтервалу: 0,142 (14,2 %).

Неважко побачити, що одержані альтернативні значення ступеня ризику у цілому узгоджуються між собою. Для методів центра ваги, середнього простого та МРМІ наявні розбіжності є вкрай низькими (максимальне з них не перевищує 1 %). Дещо нижчий ступінь ризику, порівняно з іншими підходами, показує метод середнього  $\alpha$ -зваженого. Головний результат проведеної апробації полягає у тому, що запропонований варіант методу вимірювання ризику на основі репрезентативних значень показав значення ступеня ризику, яке узгоджується з альтернативними значеннями. При цьому порівняно з іншими варіантами досліджуваного методу перевагою запропонованого варіанта є вищий рівень обчислювальної зручності. У підсумку це дає підстави оцінити запропоновану методичну розробку як перспективну.

### Висновки

Узагальнюючи результати проведеного дослідження, можна зробити такі висновки.

Методи на основі теорії нечітких множин дають можливість моделювати той різновид невизначеності, який не входить до сфери коректного використання імовірно-статистичних методів. Апарат даної теорії припускає ефективно застосування для широкого спектра економіко-управлінських задач в економіці та бізнесі. Одним з актуальних питань практичного характеру є вимірювання ризику для результируючих показників бюджетів підприємства, значення статей яких задаються нечіткими оцінками (числами).

“Незамкненість” нечітко-множинної методології, якщо розуміти її у широкому сенсі, зумовлює інтерес до розширення і розвитку нечітко-множинних методів і інструментів кількісного оцінювання ступеня ризику. Серед іншого певний інтерес в контексті проблематики ризик-аналізу нечітких бюджетів становить метод вимірювання ризику на основі репрезентативних значень.

Однією з його особливостей є те, що він передбачає різні варіанти, залежно від того, у який спосіб визначаються репрезентативні значення для досліджуваної на предмет ступеня ризику нечіткої оцінки економічного показника. З огляду на це у роботі було запропоновано варіант даного методу, в межах якого репрезентативні значення знаходяться методом середньої точки середнього інтервалу. Результати апробації запропонованої методичної розробки дають пі-

дстави оцінити її як перспективну.

Насамкінець можна додати, що перспективним напрямом подальших досліджень за порушеною у роботі проблематикою є формування цілісного арсеналу методичних інструментів вимірювання ризику в системі бюджетування діяльності підприємства з використанням нечітко-множинної методології.

**Декларації автора(ів)**

**Авторський внесок:**

Автор несе відповідальність за всі етапи дослідження, включаючи розробку ідеї, методологію, аналіз та написання рукопису.

**Конфлікт інтересів:**

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

**Фінансування:**

Дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

**Доступність даних:**

Дані доступні за запитом.

**Використання AI-інструментів:**

Під час підготовки цієї статті інструменти штучного інтелекту не використовувалися.

### ***Література / References***

- Arena, M., & Arnaboldi, M. (2013). Risk and budget in an uncertain world. *International Journal of Business Performance Management*, 14(2), 166–180. <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2013.052942>
- Bede, B. (2013). *Mathematics of fuzzy sets and fuzzy logic*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35221-8>
- Castiblanco Ruíz, F. A. (2015). *Teoría de los subconjuntos borrosos en el proceso presupuestario de las organizaciones* (1st ed.). Universidad La Gran Colombia. [https://repository.ugc.edu.co/home?utm\\_source=chatgpt.com](https://repository.ugc.edu.co/home?utm_source=chatgpt.com)
- Drury, C., & Tayles, M. (2022). *Management accounting for business* (8th ed.). Cengage Learning.
- Ekhholm, B.-G., & Wallin, J. (2011). The impact of uncertainty and strategy on the perceived usefulness of fixed and flexible budgets. *Journal of Business Finance & Accounting*, 38(1–2), 145–164. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.2010.02228.x>
- El-Morsy, S. A. (2022). Optimization of fuzzy zero-base budgeting. *Computational Algorithms and Numerical Dimensions*, 1(4), 147–154. <https://doi.org/10.22105/cand.2022.155548>
- Frow, N., Marginson, D., & Ogden, S. (2010). “Continuous” budgeting: Reconciling budget flexibility with budgetary control. *Accounting, Organizations and Society*, 35, 444–461. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2009.10.003>
- Hariharan, N. K. (2020). Rethinking budgeting process in times of uncertainty. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 7(5), 1178–1185. <https://www.jetir.org/view?paper=JETIR2005476>

- Herath, H. S. B. (2023). Technology enhanced learning: Monte Carlo simulation of a cash budget. *International Journal of Intelligent Computing Research*, 14(1), 1167–1176. <https://doi.org/10.20533/ijicr.2042.4655.2023.0143>
- Khalifa, H. A. E.-W., & Alodhaibi, S. S. (2021). Enhancing zero-based budgeting under fuzzy environment. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 21(2), 152–158. <https://doi.org/10.5391/IJFIS.2021.21.2.152>
- Kotsiuba, O. S. (2009). Rozrakhunok stupenia hospodarskoho ryzyku na osnovi protsedury defazyfikatsii [Calculation of the degree of economic risk based on the defuzzification procedure]. *Ekonomika: problemy teorii ta praktyky*, 253(3), 673–681. [in Ukrainian].
- Kotsiuba, O. S. (2013). Vymiriuvannia hospodarskoho ryzyku v mezhakh biudzhetuвання diialnosti pidpriemstva [Measurement of economic risk within enterprise budgeting]. *Strategy of Economic Development of Ukraine*, 32, 209–216. [in Ukrainian].
- Kuchta, D. (2010). Fuzzy Production and Operations Budgeting and Control. In: Kahraman, C., Yavuz, M. (eds) *Production Engineering and Management under Fuzziness. Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol 252. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12052-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12052-7_13)
- Luban, F. (2007). Fuzzy model for risk analysis. *Journal of Industrial Engineering International*, 3(5), 19–26.
- Luna Altamirano, K. A., Sarmiento Espinoza, W. H., & Cisneros Quintanilla, D. P. (2021). Fuzzy system in the preparation of a zero-based budget in SMEs in the city of Cuenca-Ecuador. *Revista Iberoamericana de la Educación, Spec. 1*, Article E1. <https://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es/article/view/204>
- Pereira, A., & Gomes, A. M. (2023). Assessing budget risk with Monte Carlo and time series bootstrap. *U.Porto Journal of Engineering*, 9(1), 1–15. [https://doi.org/10.24840/2183-6493\\_009-001\\_000976](https://doi.org/10.24840/2183-6493_009-001_000976)
- Rausch, P., Stahl, F., & Stumpf, M. (2013). Efficient interactive budget planning and adjusting under financial stress. In M. Bramer & M. Petridis (Eds.), *Research and development in intelligent systems XXX* (pp. 375–388). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02621-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02621-3_28)
- Slieptsov, A. I., & Zodenkamp, M. A. (2007). *Pryiniattia rishen v skladnykh systemakh* [Decision-making in complex systems]. Vydavnytstvo NPU im. M. P. Drahomanova. [in Ukrainian].
- Yager, R. R., & Filev, D. (1999). On ranking fuzzy numbers using valuations. *International Journal of Intelligent Systems*, 14(12), 1249–1268. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-111X\(199912\)14:12%3C1249::AID-INT6%3E3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-111X(199912)14:12%3C1249::AID-INT6%3E3.0.CO;2-C)
- Zaichenko, Y. P., & Murha, M. O. (2011). Udoskonalennia metodu optymizatsii nechitkoho fondovoho portfeliu z novymy funktsiiamy ryzyku [Improvement of the fuzzy stock portfolio optimization method with new risk functions]. *Visnyk NTUU "KPI". Informatyka, upravlinnia ta obchysliuvalna tekhnika*, 54, 54–63. [in Ukrainian].

## MEASURING RISK FOR RESULTING INDICATORS OF FUZZY ENTERPRISE BUDGETS

**Oleksii KOTSYUBA**, <https://orcid.org/0000-0002-8159-0772>,

D.Sc. in Economics, Associate Professor, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine, [kotsyuba.oleksiy@kneu.edu.ua](mailto:kotsyuba.oleksiy@kneu.edu.ua)

**Abstract.** The article examines the problem of risk measurement for the resulting indicators of enterprise budgets whose items are represented by fuzzy estimates (numbers). Under conditions of uncertainty, many budget parameters cannot be described precisely due to incomplete, ambiguous, or expert-based information. In such cases, fuzzy-set theory provides an appropriate methodological framework for modelling budget indicators and supporting managerial decision-making. If the initial budget parameters are specified using fuzzy estimates, then the resulting budget indicators also acquire a fuzzy form, creating the need for specialized methods of quantitative risk assessment.

The study analyzes existing approaches to fuzzy risk assessment and focuses on the method of risk measurement based on representative values. This method interprets risk as the degree of possibility that the analyzed economic indicator will not satisfy a predefined normative or target level. The article proposes an improved version of this method in which representative values are determined using the middle point of the mean interval (MPMI) defuzzification approach. The proposed modification aims to increase computational simplicity while preserving the adequacy and consistency of the obtained results.

The methodological approach is tested using a simulation example of a fuzzy quarterly enterprise budget. The obtained results are compared with alternative variants of the representative-value method based on the centroid method, weighted mean method, and simple mean method. The comparison demonstrates that the proposed MPMI-based approach provides results consistent with alternative methods while offering greater computational convenience.

The paper concludes that the proposed methodological development is promising for practical application in risk-oriented enterprise budgeting. Further research should focus on the formation of an integrated toolkit for risk measurement within enterprise budgeting systems based on fuzzy-set methodology.

**Keywords:** uncertainty, fuzziness, budget, budgeting, budget indicator, risk, risk measure, representative value.