

- Voloshyn, A. V. (2019). Mizhnarodna konkurentospromozhnist ukrainskykh malykh ta serednikh pidpriemstv. *Ekonomika ta derzhava*, 2, 120–123.  
DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2019.2.120>
- Osetskyy, V. L., & Marchuk, H. V. (2022). Osoblyvosti tsinoutvorennia na rynku ob'ektiv intelektualnoi vlasnosti v umovakh tsyfroviazuy ekonomiky. *Efektivna ekonomika*, 5.  
DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2022.5.3>
- Puhachevska, K., & Lysenko, E. (2021). Adaptivne upravlinnia pidpriemstvom v umovakh nevyznachenosti. *Molodyi vchynyi*, 9, 158–161.  
DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-9-97-32>
- Khaustov, M. M. (2023). *Kh26 Startapy: stvorennia ta masshtabuvannia* [Monohrafiya]. Kharkiv: FOP Liburkina L. M.
- Tsymbal, L. I., & Kovalchuk, T. H. (2024). Adaptatsiia inovatsiynykh stratehii ta mizhnarodna ekspansiya

- biznesu v umovakh viiny. *Biznes Inform*, 4, 6–11.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-4-6-11>
- «Shcho take tsinoutvorennia z'charivnymy' tsinamy dlia SaaS?» (n.d.). *PayPro Global*. Retrieved from <https://payproglobal.com/uk/vidpovid/ishcho-take-tsinoutvorennia-saas-charm/>
- Xia, B., Fung, R. Y. K., & Guo, J. (2018). Quality Investing and Pricing Strategies by Startups: Impacts of Demand Uncertainties and Capital Constraint. *Discrete Dynamics in Nature and Society*.  
DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/8302645>
- Zhang, Z., Ling, L., & Yang, F. (2021). Pricing strategy and campaign design in flight crowdfunding: A creative way to sell flight tickets. *Naval Research Logistics*, 68(6), 795–809.  
DOI: <https://doi.org/10.1002/nav.21970>

УДК 658:330.4:519.86

JEL Classification: I23; O31; O33

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-3-174-182>

## ФОРМУВАННЯ НЕЧІТКИХ ОЦІНОК ПОЧАТКОВИХ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВОМ

© 2025 КОЦЮБА О. С., ЛАБА М. С.

УДК 658:330.4:519.86

JEL Classification: I23; O31; O33

### Коцюба О. С., Лаба М. С. Формування нечітких оцінок початкових економічних показників в управлінні підприємством

Стаття присвячена проблемі формування нечітких оцінок початкових економічних показників, потреба в яких виникає в управлінні підприємством. У формальному аспекті визначення нечітких оцінок початкових показників деякої проблемної ситуації являє собою задачу побудови функцій належності нечітких множин. У роботі проаналізовано такі методи знаходження функцій належності, які використовуються або можуть бути рекомендовані до використання для оцінювання початкових економічних показників, що входять до складу задач з управління підприємством: метод на основі квазістатистики; метод на основі парних порівнянь; метод опорних точок; метод опорних інтервалів. А саме, розглянуто їх конструктивні особливості та характеристики практичної застосовності. В частині характеристик практичної застосовності для кожного з методів проаналізовано можливість цілеспрямованого одержання функції належності, яка відповідає нечіткому числу, а також рівень складності подолання неусунутого дефіциту інформації. Під останнім запропоновано розуміти складність подолання нестачі інформації в ході безпосереднього використання методу, яка зберігається після збору даних, необхідних для прогнозування розглядуваного економічного показника. Поряд з іншим з'ясовано, що вузьким місцем на шляху одержання нечіткої оцінки прогнозованого економічного показника у формі нечіткого числа є забезпечення її опуклості. В разі використання методу на основі парних порівнянь забезпечення властивості опуклості для шуканої нечіткої оцінки потребує введення спеціальних обмежувальних умов. За результатами порівняння для аналізованих методів рівня складності подолання неусунутого дефіциту інформації виявлено, що найменш складним за цим аспектом є метод на основі квазістатистики, а найбільш складним – метод на основі парних порівнянь.

**Ключові слова:** невизначеність, нечіткість, нечітка оцінка, функція належності, квазістатистика, парні порівняння, опорні точки, опорні інтервали.

**Табл.:** 1. **Формул.:** 3. **Бібл.:** 31.

**Коцюба Олексій Станіславович** – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри бізнес-економіки та підприємництва, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана (просп. Берестейський, 54/1, Київ, 03057, Україна)

**E-mail:** [as\\_kotsyuba@ukr.net](mailto:as_kotsyuba@ukr.net)

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

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/S-8679-2018>

**Лаба Максим Сергійович** – аспірант кафедри бізнес-економіки та підприємництва, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана (просп. Берестейський, 54/1, Київ, 03057, Україна)

**E-mail:** [labamaksim44@gmail.com](mailto:labamaksim44@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0001-0027-8075>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/MIT-6681-2025>

**Kotsyuba O. S., Laba M. S. Formation of Fuzzy Estimates of Initial Economic Indicators in Enterprise Management**

The article is dedicated to the problem of forming fuzzy estimates of initial economic indicators, the need for which arises in enterprise management. In formal terms, defining fuzzy estimates of initial indicators in a certain problematic situation represents the task of constructing membership functions of fuzzy sets. The study analyzes methods for finding membership functions that are used or can be recommended for use in estimating initial economic indicators that are part of enterprise management objectives: the quasi-statistics-based method; the pairwise comparison method; the landmark method; the anchor interval method. Specifically, their constructive features and practical applicability characteristics are considered. In terms of practical applicability characteristics, for each method, the possibility of purposefully obtaining a membership function corresponding to a fuzzy number, as well as the level of complexity in overcoming the unresolved information deficit, are analyzed. The latter is proposed to be understood as the complexity of overcoming the lack of information during the direct use of the method, which persists after collecting the data necessary for forecasting the considered economic indicator. Additionally, it has been identified that the bottleneck in obtaining a fuzzy estimate of the forecasted economic indicator in the form of a fuzzy number is ensuring its convexity. In the case of using the pairwise comparison method, ensuring the convexity property for the desired fuzzy estimate requires the introduction of special constraints. Based on the comparison results of the level of complexity in overcoming the unresolved information deficit for the analyzed methods, it has been identified that the least complex method in this aspect be the quasi-statistics-based method, and the most complex being the pairwise comparison method.

**Keywords:** uncertainty, fuzziness, fuzzy estimation, membership function, quasi-statistics, pairwise comparisons, reference points, reference intervals.

**Tabl.:** 1. **Formulae:** 3. **Bibl.:** 31.

**Kotsyuba Oleksiy S.** – Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Business Economics and Entrepreneurship, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (54/1 Beresteyskiy Ave., Kyiv, 03057, Ukraine)

**E-mail:** [as\\_kotsyuba@ukr.net](mailto:as_kotsyuba@ukr.net)

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

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/S-8679-2018>

**Laba Maksym S.** – Postgraduate Student of the Department of Business Economics and Entrepreneurship, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (54/1 Beresteyskiy Ave., Kyiv, 03057, Ukraine)

**E-mail:** [labamaksim44@gmail.com](mailto:labamaksim44@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0001-0027-8075>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/MIT-6681-2025>

Управління підприємством, як і управлінська діяльність у будь-якій іншій сфері, потребує відповідного інформаційного забезпечення. Дестабілізуючий вплив на управління, як процес, який ґрунтується на інформації, здійснює фактор невизначеності. В контексті управлінської проблематики невизначеність можна охарактеризувати як недостатню забезпеченість процесів прийняття рішень необхідною інформацією [2].

Серед наявних на цей час наукових підходів до кількісного моделювання невизначеності історично першою є теорія ймовірностей. В основі теоретико-ймовірнісної методології лежить концептуалізація невизначеності як стохастичності (випадковості).

Сферою використання класичної (традиційної) теорії ймовірностей є масові явища, реалізація яких відбувається в однорідних умовах, а також характеризується так званою статистичною стійкістю [14]. Якщо ж досліджуваний об'єкт не відповідає зазначеним критеріям, звернення до класичної теорії ймовірностей для моделювання його характеристик є неправомірним.

В економічній діяльності нерідко виникають ситуації, для яких правила застосування традиційних імовірнісно-статистичних методів не виконуються. У таких випадках може виявитися корисним використання експертного підходу, який перед-

бачає залучення особи або осіб, які відповідно до своїх компетенцій щодо певного кола питань або предметної області виступають експертами. Експертний підхід може бути реалізований за допомогою різних математичних теорій. Одне з провідних місць серед теорій такого роду нині належить теорії нечітких множин [29].

За теперішнього часу питанням використання експертного підходу в економіці та бізнесі на основі апарату нечітких множин присвячено велику кількість наукових робіт. У їх числі такими, що містять значущі теоретичні узагальнення та методичні розробки, можна назвати дослідження, авторами яких є Л. Димова [11], М. З. Згуровський, Ю. П. Зайченко [31], С. Kahraman, Е. Haktanir [15], А. Kaufmann, J. Gil Aluja [16], D. Kuchta [19], М. М. Маляр, В. В. Поліщук [6], О. Недосекін, А. Кокош [21], О. О. Синявська, Б. О. Железко [30], А. І. Слепцов, М. А. Зоденкамп [7], А. М. Gil-Lafuente [13], а також інші. Водночас, багатогранність феномена невизначеності, незамкненість методології його моделювання на основі теорії нечітких множин зумовлюють наукову актуальність порушеної проблематики. Одним з практично значущих питань, яке припускає доцільність подальших досліджень, є питання знаходження нечітких оцінок початкових або вхідних економічних показників (параметрів), пов'язаних з процесами управління підприємством.

Отже, пропонована публікація має на меті аналіз конструктивних особливостей і практичної застосовності методів, які використовуються або можуть бути рекомендовані до використання для формування нечітких оцінок початкових економічних показників (параметрів), що входять до складу задач з управління підприємством.

Перед викладенням матеріалу, який безпосередньо стосується мети статті, зафіксуємо деякі базові формалізми теорії нечітких множин [8], на які будемо спиратися в подальшому аналізі.

*Нечіткі множини* – це такі множини, межі яких не є точно визначеними. Формально нечітка множина може бути представлена як сукупність впорядкованих пар, складених з елементів розглядуваної універсальної множини (універсуму) і ступенів належності, які їм відповідають, тобто, якщо  $\tilde{A}$  – нечітка множина, задана на деякій множині  $U$ , тоді:

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

де  $x$  – елемент з множини  $U$ ;

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

До основних характеристик нечіткої множини належать поняття носія і ядра.

Носієм (*supp*) нечіткої множини  $\tilde{A}$  називається підмножина універсальної множини, яка складається з елементів, для яких значення функції належності є відмінними від нуля:

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

Ядром (*core*) нечіткої множини  $\tilde{A}$  є підмножина універсальної множини, для елементів якої значення функції належності дорівнюють одиниці:

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

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

*Нечітка величина* – це нечітка множина, задана на множині дійсних чисел. Нехай  $\tilde{N}$  – нечітка величина.  $\tilde{N}$  являє собою нечітке число, якщо виконуються такі умови:

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

З формальної точки зору знаходження нечітких оцінок початкових показників (параметрів) досліджуваної проблемної ситуації виступає як задача побудови функцій належності для нечітких множин, які служать математичними моделями аналізованих характеристик. На цей час у межах нечітко-множинної методології сформовано достатньо розвинений методичний апарат визначення функцій належності нечітких множин [17; 25]. Основні ознаки, які зумовлюють диференціацію методів побудови функцій належності, полягають у такому: у прямий чи непрямий спосіб відшукуються функції належності, один чи кілька експертів здійснюють їх оцінювання.

Прямий підхід полягає у заданні функції належності або шляхом безпосереднього призначення ступенів належності для окремих значень досліджуваної характеристики, або ж за допомогою аналітичного виразу (формули).

У разі непрямих методів експертам пропонується відповідати на запитання, які підлягають подальшій обробці на основі різних припущень.

Залежно від своїх конструктивних характеристик різні методи побудови функцій належності мають свої обмеження та напрями припустимого або доцільного використання. Як приклад методу, який характеризується відносно високим ступенем універсальності в аспекті можливих або доцільних застосувань, можна назвати метод на основі процедури попарних (парних) порівнянь, запропонований Т. Л. Saaty [27].

Зрозуміло, що проблематика прогнозних і планових економічних обчислень у сфері управління підприємством припускає виокремлення своїх методів визначення функцій належності, за допомогою яких може здійснюватися оцінка початкових економічних показників для тієї чи іншої економіко-управлінської задачі. З цієї точки зору особливу увагу звертає на себе, зокрема, метод, який ґрунтується на використанні так званої квазі-статистики [1; 3; 4], а також метод, у межах якого функцію належності знаходять на основі інформації про її значення на скінченній множині опорних точок (точкових значень) [5]. Окрім зазначеного, як перспективний для використання стосовно порушеної проблематики можна розглядати метод, запропонований у роботі [18], який одержав назву методу опорних інтервалів.

Отже, пропонується проаналізувати далі конструктивні особливості та практичну застосовність таких методів знаходження функцій належності в межах моделювання нечітких оцінок початкових економічних показників (параметрів) для задач з управління підприємством:

- ✦ метод на основі квазістатистики;
- ✦ метод на основі попарних порівнянь (метод Сааті);
- ✦ метод на основі опорних точкових значень (точок);
- ✦ метод на основі опорних інтервалів.

Як відомо і вже було зазначено вище, предметною областю ймовірно-статистичних методів є масові явища, умови реалізації яких є однорідними, а сама реалізація характеризується статистичною стійкістю. Якщо вимоги масовості, однорідності, статистичної стійкості не виконуються, то моделювання досліджуваної кількісної характеристики (показника) як випадкової величини не є коректним. Водночас, в разі, коли стосовно аналізованого явища можуть бути зібрані деякі фактичні дані, які, з одного боку, не задовольняють вимоги класичної ймовірно-статистичної методології, але, з іншого боку, можуть бути визнані релевантними для формування на їх основі прогнозів, вважається припустимим, якщо кількісна характеристика, що становить предмет прогнозу, буде змодельована як нечітке число, або ж як нечітка величина.

У концентрованій формі суть означеного підходу фіксує поняття квазістатистики. Згідно з поясненням, яке наводиться в [3], під квазістатистикою слід розуміти вибірку спостережень з їх генеральної сукупності, яка не є достатньою для ідентифікації ймовірного закону розподілу у класичний (традиційний) спосіб, але може бути визнана достатньою, щоб з тим чи іншим суб'єктивним ступенем достовірності обґрунтувати шуканий закон в ймовірнісній або будь-якій іншій формі. З урахуванням досягнутого на цей час рівня розвитку та використання нечітко-множинної методології можна погодитися з думкою [4], що ідея квазістатистики надає широкі можливості для використання нечітко-множинних описів для моделювання економічних процесів і явищ, емпіричну базу яких утворюють неоднорідні та обмежені за обсягом спостереження.

Метод побудови функцій належності, запропонований Т. Л. Сааті [27], який поряд з іншим може бути використаний для оцінювання в нечіткій формі початкових економічних показників у задачах з управління підприємством, ґрунтується на розробленому цим вченим методі визначення пріоритетів за допомогою процедури попарних порівнянь. Останній, як відомо, є одним із системотворних компонентів його знаменитого методу аналізу ієрархій [28].

Суть наступного методу знаходження функції належності полягає в тому, що вона визначається

на основі інформації про неї для скінченної сукупності точок (точкових значень), які відповідно до цього набувають статусу опорних, після чого здійснюється відтворення всієї шуканої функції. Для економіко-управлінської версії даного методу, коли йдеться про визначення нечітких оцінок початкових економічних показників економіко-управлінських задач, можна виокремити такі його особливості [9; 12; 15; 16]:

- 1) використання методу орієнтоване на моделювання шуканих нечітких оцінок за допомогою найпростіших різновидів нечітких чисел [8]: трикутних, трапецієподібних, а також інтервалів.

Наприклад, якщо прогнозується, що обсяг продажів продукції становитиме близько 5 800 одиниць і гарантовано буде знаходитися в межах від 2 500 до 7 500 одиниць, то такі відомості припускають представлення у вигляді трикутного числа. Якщо ж у прогнозі стверджується, що обсяг продажів може скласти від 2 500 до 7 500 одиниць, але швидше за все – від 5 000 до 6 000 одиниць, то цю інформацію доречно моделювати за допомогою трапецієподібного числа.

Поряд з наведеним, логіка методу припускає можливість використання гаусівських і експоненціальних нечітких чисел [8], а також пентагональних [22] і гексагональних нечітких чисел [10];

- 2) викладене в попередньому пункті зумовлює, що базисом для побудови функції належності служить лише кілька точкових значень. Якщо обмежуватися нечіткими оцінками, які моделюються як інтервали, трикутні, гаусівські, експоненціальні чи трапецієподібні нечіткі числа, то це від 2 до 4 точок. Якщо ж виходити з припущення про перспективність використання в різних задачах з управління підприємством пентагональних і гексагональних нечітких чисел, тоді кількість опорних точок, за якими відтворюється шукана нечітка оцінка, коливається в діапазоні від 2 до 6;
- 3) відповідно до зазначеного в попередніх двох пунктах шкала ступенів (рівнів) належності при формуванні нечіткої оцінки економічного показника за допомогою аналізованого методу може бути:
  - а) унарною (лише один ступінь належності – 1), якщо шукана оцінка моделюється за допомогою інтервалу;
  - б) бінарною (два ступені належності – 0 та 1), якщо реалізація методу ґрунтується на використанні трикутних, трапецієподібних,

гаусівських, експоненціальних та подібних до них нечітких чисел;

- в) тернарною, яка містить ступені належності – 0, 1, а також деяке проміжне значення між 0 та 1, якщо досліджувана нечітка оцінка формується на основі пентагональних і гексагональних нечітких чисел.

І, нарешті, ідейним джерелом ще одного методу побудови функції належності, який запропоновано для розгляду, служить концепція грубої множини [23]. Конкретно, реалізація даного методу передбачає, що спочатку за допомогою спеціальної процедури, логіка якої відтворює логіку побудови грубої множини, в межах області визначення шуканої функції належності мають бути знайдені два інтервали значень, яким відводиться роль її опорних елементів. Один із них, так званий внутрішній опорний інтервал, використовується як зовнішнє наближення ядра і внутрішнє наближення носія функції належності, другий, так званий зовнішній опорний інтервал, – як зовнішнє наближення її носія [18].

У межах описуваного методу шукана нечітка оцінка моделюється як нечітке число. Відповідно, її остаточне відтворення здійснюється за допомогою знайдених на попередньому кроці внутрішнього та зовнішнього опорних інтервалів, а також існуючих типових варіантів нечітких чисел

(трикутних, трапецієподібних, гаусівських, експоненціальних). Зауважимо, що реалізація даного кроку передбачає висунення якихось додаткових гіпотез з боку зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта) стосовно властивостей прогнозованого економічного показника.

Скажімо, зацікавлена особа може вважати, що внутрішній опорний інтервал збігається з ядром, а зовнішній опорний інтервал – із замиканням носія шуканої нечіткої оцінки. В цьому разі вона може бути змодельована як трапецієподібне число з обумовленими в зазначений спосіб характеристиками ядра і носія. Аналогічно, припущення про унімодальний характер оцінки аналізованого економічного показника, а також гладкість її функції належності дає змогу відтворити її на основі гаусівської функції належності з обмеженим носієм [24], для якої мода дорівнює середині внутрішнього опорного інтервалу, а замикання носія збігається із зовнішнім опорним інтервалом.

У табл. 1 представлено результати порівняльного аналізу конструктивних особливостей і практичної застосовності викладених вище методів побудови функцій належності, які використовуються, або можуть бути рекомендовані до використання для нечітко-множинного оцінювання початкових економічних показників, пов'язаних з процесами управління підприємством.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики різних методів побудови функцій належності, доцільних для нечітко-множинного оцінювання початкових економічних показників у задачах з управління підприємством

Метод	Максимальна (*) або необхідна (**) кількість базових (опорних) елементів	Шкала ступенів належності при побудові функції належності	Можливість цілеспрямованого одержання функції належності, яка відповідає нечіткому числу	Рейтинг складності подолання неусунутого дефіциту інформації (в межах п'ятирівневої шкали)
Метод на основі квазістатистики	Конкретні обмеження відсутні*	Інтервал від 0 до 1	Так, але з обмеженнями	2
Метод на основі попарних порівнянь	7–9*	Інтервал від 0 до 1	Так, але потребує додаткових обмежувальних умов (обмежень)	5
Метод опорних точок	2–6**	Унарна (лише 1), бінарна (0 та 1) або тернарна (0, 1 та деяке значення між 0 та 1) шкала	Так	4
Метод опорних інтервалів	2**	Бінарна шкала (0, 1)	Так	3

Джерело: складено авторами.

Прокоментуємо твердження (положення) табл. 1, які не висвітлювалися в попередньому викладенні, або з очевидністю не впливають з нього.

1. З точки зору самого Т. L. Saaty, в межах методу попарних порівнянь максимальна кількість порівнюваних об'єктів (елементів) становить  $7+2$  об'єктів [26]. Як на підставу для цього положення він посилається на результати досліджень у галузі когнітивної психології G. A. Miller [20], згідно з якими людина не може одночасно з достатнім ступенем коректності (точності) порівнювати понад сім об'єктів (плюс чи мінус два). Доречно до цього додати, що зазначену методичну настанову Т. L. Saaty використовує як один з аргументів на користь доцільності (спроможності) використання в межах свого методу попарних порівнянь шкали порівняння, яка складається з дев'яти градаций.
2. Прогнозне оцінювання на основі квазістатистики деякого показника як нечіткої величини або нечіткого числа в методологічному плані є подібним до емпіричного оцінювання щільності ймовірності випадкової величини (змінної). Водночас, воно не є настільки жорстко заданим і припускає можливість нормалізації функції належності шуканої нечіткої оцінки, тобто її перетворення таким чином, щоб максимальне значення належності дорівнювало 1. У разі, коли над модельованою нечіткою оцінкою в подальшому необхідно здійснювати розрахункові процедури, нормалізована функція належності є більш переважною порівняно з ситуацією її довільного за цим аспектом характеру.
3. Визначення функції належності нечіткої множини за допомогою попарних порівнянь, як це викладено в [27], не передбачає вимоги її нормалізації. Водночас, як вже було зазначено вище, з точки зору забезпечення розрахункової зручності (придатності) доцільно формувати шукану нечітку оцінку з використанням нормалізованої функції належності.
4. Орієнтація на максимальну розрахункову зручність (придатність) зумовлює потребу моделювання нечітких оцінок початкових економічних показників у формі нечітких чисел, тобто нечітких величин, які є не тільки нормальними, але й характеризуються опуклістю, напівнеперервністю зверху функцій належності, а також обмеженістю

носіїв. У разі знаходження нечітких оцінок за допомогою методу опорних точок, а також методу опорних інтервалів реалізація зазначеної настанови відповідно до логіки (схеми) цих методів у цілому є природною і не становить принципових труднощів.

5. У разі методів на основі квазістатистики та попарних порівнянь каменем спотикання на шляху формування нечітких оцінок прогнозованих економічних показників як нечітких чисел є властивість опуклості. З одного боку, як вже відзначалося, метод на основі квазістатистики припускає певну гнучкість, з іншого боку, можливості пристосування результатів його використання до наперед заданих настанов обмежені характером наявних квазістатистичних даних, закономірностями, які вони відображають з тим чи іншим ступенем чіткості. Що ж до методу на основі попарних порівнянь, то, в принципі, він припускає можливість своєї реалізації з одержанням як результату нечіткої оцінки прогнозованого економічного показника у формі нечіткого числа без якихось непереборних перешкод. При цьому необхідність забезпечення властивості опуклості для модельованої нечіткої величини потребує введення спеціальних обмежувальних умов для процедури попарних порівнянь. Для виконання інших властивостей нечітких чисел у межах використання розглядуваного методу потреби в введенні обмежень такого роду немає.
6. Остання з характеристик аналізованих методів побудови функцій належності, представлена в табл. 1, – це рейтинг складності подолання неусунутого дефіциту інформації, в межах п'ятирівневої шкали. Під зазначеним видом складності слід розуміти складність подолання нестачі інформації в ході безпосереднього використання методу, яка залишається після збору (економічно доцільним шляхом) доступних для зацікавленої особи даних, що стосуються прогнозованого економічного показника. Меншому значенню використовуваної рейтингової шкали відповідає нижчий рівень складності, а більшому – вищий. Результати представленого вище аналізу дають змогу дійти висновку, що за розглядуваним аспектом найменш складним є метод на основі квазістатистики, а найбільш складним – метод на основі попарних порівнянь.

Дійсно, серед розглянутих методичних підходів метод на основі квазістатистики передбачає найвищий рівень інформаційного забезпечення за результатами проведеного збору даних. Водночас, обробка квазістатистичних даних, які з точки зору традиційної математичної статистики є недостатніми або неоднорідними, потребує когнітивних зусиль для подолання інформаційного дефіциту, які перевищують аналогічні зусилля в разі роботи зі звичайними статистичними даними. Тому за аспектом складності подолання неусунутого дефіциту інформації даному методу присвоєно рейтинг на рівні 2, тобто найнижчий по відношенню до порівнюваних у цьому дослідженні чотирьох методів, але не мінімальний в плані рейтингової шкали, яка використовується (тобто неявно рейтинг на рівні 1 присвоєно традиційному ймовірно-статистичному підходу).

Сферою використання інших з розглядуваних методів є ситуації, коли збір квазістатистики, достатньої для моделювання на її основі за допомогою квазістатистичного методу нечіткої оцінки прогнозованого економічного показника, з тих чи інших причин виявляється неможливим. При цьому найменшої кількості аналітичних операцій під час своєї реалізації вимагає метод опорних інтервалів, наступним за цією характеристикою є метод опорних точок, а завершує впорядкування досліджуваних методів за ознакою рівня складності подолання неусунутого дефіциту інформації метод на основі попарних порівнянь.

## ВИСНОВКИ

Як підсумки проведеного дослідження можна констатувати таке.

Теорія нечітких множин утворює математичний базис підходу до моделювання того різновиду невизначеності, який не входить до сфери дії традиційних ймовірно-статистичних методів. Нині методи та моделі на основі даної теорії застосовуються для широкого кола задач управління в економіці та бізнесі. Одним з питань практичного спрямування, яке зберігає свою актуальність, є формування нечітких оцінок початкових економічних показників, потреба в яких виникає в межах процесів управління підприємством.

У формальному аспекті визначення нечітких оцінок початкових показників деякої проблемної ситуації являє собою задачу побудови функцій належності нечітких множин. Відповідно до цього в роботі було проаналізовано кілька методів знаходження функцій належності, які використовуються або можуть бути рекомендовані до використання для нечітко-множинного оцінювання початкових

економічних показників, які входять до складу задач з управління підприємством: метод на основі квазістатистики, метод на основі попарних порівнянь, метод опорних точок, метод опорних інтервалів.

У частині характеристик практичної реалізації для кожного з методів було проаналізовано можливість цілеспрямованого одержання функції належності, яка відповідає нечіткому числу, а також порівняльний рівень складності подолання неусунутого дефіциту інформації. При цьому під останнім запропоновано розуміти складність подолання нестачі інформації під час безпосереднього використання методу, яка зберігається після збору даних, необхідних для прогнозування розглядуваного економічного показника.

Серед іншого було з'ясовано, що вузьким місцем на шляху одержання нечіткої оцінки прогнозованого економічного показника у формі нечіткого числа є забезпечення її опуклості. В разі використання методу на основі попарних порівнянь забезпечення властивості опуклості для модельованої нечіткої оцінки потребує уведення спеціальних обмежувальних умов. Також за результатами порівняння для аналізованих методів рівня складності подолання неусунутого дефіциту інформації було виявлено, що найменш складним за цим аспектом є метод на основі квазістатистики, а найбільш складним – метод на основі попарних порівнянь.

Перспективним напрямом подальших наукових розвідок за порушеною в публікації проблематикою є вдосконалення та розвиток методології групового експертного прогнозування економічних показників, пов'язаних з управлінням підприємством. ■

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бідюк П. І., Омельченко О. С., Любар В. Ю. Інтегральне оцінювання підприємств машинобудування при їх реструктуризації. *Бізнес Інформ*. 2014. № 6. С. 262–269. URL: [https://www.business-inform.net/export\\_pdf/business-inform-2014-6\\_0-pages-262\\_269.pdf](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2014-6_0-pages-262_269.pdf)
2. Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія. Київ: КНЕУ, 2004. 480 с.
3. Гавриш О. А., Кузнєцова К. О., Мельникова В. А. Ризик-менеджмент будівельних підприємств проєктоорієнтованого типу: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 211 с.
4. Григорук П. М. Проблеми урахування невизначеності в процесі прийняття маркетингових рішень. *Моделювання регіональної економіки*. 2012. № 1. С. 250–263. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Modre\\_2012\\_1\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Modre_2012_1_31)

5. Желдак Т. А., Коряшкіна Л. С., Ус С. А. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень: навч. посіб. Дніпро : НТУ «ДП», 2020. 387 с.
6. Мальяр М. М., Поліщук В. В. Нечіткі моделі і методи оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проєктів : монографія. Ужгород: РА «АУТДОР-ШАРК», 2018. 174 с.
7. Слепцов А. І., Зоденкамп М. А. Прийняття рішень в складних системах. Київ : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2007. 148 с.
8. Bede B. *Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. XII, 276 p.
9. Castiblanco Ruíz F. A. *Teoría de los subconjuntos borrosos en el proceso presupuestario de las organizaciones*. 1ª ed. Bogotá: Universidad La Gran Colombia, 2015. 180 p.
10. Dhurai K., Karpagam A. A new membership function on hexagonal fuzzy numbers. *International Journal of Science and Research*. 2016. Vol. 5, Iss. 5. P. 1129–1131.
11. Dymowa L. *Soft Computing in Economics and Finance*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 295 p.
12. Gil-Aluja J. *Fuzzy sets in the management of uncertainty*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. 420 p.
13. Gil-Lafuente A. M. *Fuzzy Logic in Financial Analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 450 p.
14. Gnedenko B. V. *Theory of probability*. 6<sup>th</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 1997. 520 p.
15. Kahraman C., Haktanır E. *Fuzzy Investment Decision Making with Examples*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. 255 p.
16. Kaufmann A., Gil Aluja J. *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Milladoiro, 1986. 252 p.
- 1+. Klir G. J., Yuan B. *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 1995. 592 p.
18. Kotsyuba O. S. Estimation of Input Financial and Economic Parameters of an Investment Project Based on a Fuzzy Set Approach. *Проблеми економіки*. 2018. № 3. С. 240–245. URL: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2018-3\\_0-pages-240\\_245.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2018-3_0-pages-240_245.pdf)
19. Kuchta D. Fuzzy Production and Operations Budgeting and Control. *Production Engineering and Management under Fuzziness*. 2010. Vol. 252. P. 299–327. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12052-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12052-7_13)
20. Miller G. A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review*. 1956. Vol. 63. No. 2. P. 81–97. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0043158>
21. Nedosekin A., Kokosh A. Investment risk estimation for arbitrary fuzzy factors of investment project. *International Conference on Fuzzy Sets and Soft Computing in Economics and Finance FSSCEF 2004*. St. Petersburg: Instituto Mexicano del Petróleo; RFSA, 2004. Vol. 2. P. 423–437.
22. Pathinathan T., Ponnivalavan K. Pentagonal fuzzy number. *International Journal of Computing Algorithm*. 2014. Vol. 3. P. 1003–1005. URL: [https://www.academia.edu/7764315/Pentagonal\\_Fuzzy\\_Number](https://www.academia.edu/7764315/Pentagonal_Fuzzy_Number)
23. Pawlak Z. Rough Sets. *International Journal of Computer and Information Sciences*. 1982. Vol. 11. No. 5. P. 341–356. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01001956>
24. Piegat A. *Fuzzy modeling and control*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. 728 p.
25. Poleshchuk O., Komarov E. *Expert Fuzzy Information Processing*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 240 p.
26. Saaty T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of mathematical psychology*. 1977. Vol. 15. Iss. 3. P. 234–281. URL: [https://superdecisions.com/sd\\_resources/Paper\\_ScalingMethod.pdf](https://superdecisions.com/sd_resources/Paper_ScalingMethod.pdf)
27. Saaty T. L. Measuring the fuzziness of sets. *Journal of Cybernetics*. 1974. Vol. 4. Iss. 4. P. 53–61.
28. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.
29. Siler W., Buckley J. J. *Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. 422 p.
30. Siniavskaya O. A., Zhelezko B. A. Fuzzy Evaluation of the Risk of Investment in Securities in the Portfolio Optimization Problem. *Computer Data Analysis and Modeling: Complex Stochastic Data and Systems: Proceedings of the Eighth International Conference (Minsk, September 11–15, 2007)*. Minsk: Publ. center BSU, 2007. Vol. 2. P. 91–94.
31. Zgurovsky M. Z., Zaychenko Y. P. *The Fundamentals of Computational Intelligence: System Approach*. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 375 p.

## REFERENCES

- Bede, B. (2013). *Mathematics of fuzzy sets and fuzzy logic*. Springer-Verlag.
- Bidiuk, P. I., Omelchenko, O. S., & Liubar, V. Yu. (2014). Intehrálne otsiniuvannia pidpriemstv mashynobuduvannia pry yikh restrukturyzatsii [Integral assessment of mechanical engineering enterprises during their restructuring]. *Biznes Inform*, 6, 262–269. [https://www.business-inform.net/export\\_pdf/business-inform-2014-6\\_0-pages-262\\_269.pdf](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2014-6_0-pages-262_269.pdf)
- Castiblanco Ruíz, F. A. (2015). *Teoría de los subconjuntos borrosos en el proceso presupuestario de las organizaciones* (1ª ed.). Universidad La Gran Colombia.
- Dhurai, K., & Karpagam, A. (2016). A new membership function on hexagonal fuzzy numbers. *International Journal of Science and Research*, 5(5), 1129–1131.



- Dymowa, L. (2011). *Soft computing in economics and finance*. Springer-Verlag.
- Gavrysh, O. A., Kuznietsova, K. O., & Melnykova, V. A. (2023). *Ryzhik-menedzhment budivelnykh pidpriemstv proiektooriientovanoho typu* [Risk management of project-oriented construction enterprises]. KPI im. Ihoria Sikorskoho.
- Gil-Aluja, J. (2004). *Fuzzy sets in the management of uncertainty*. Springer-Verlag.
- Gil-Lafuente, A. M. (2005). *Fuzzy logic in financial analysis*. Springer-Verlag.
- Gnedenko, B. V. (1997). *Theory of probability* (6th ed.). CRC Press.
- Hryhoruk, P. M. (2012). Problemy urakhuvannya nevyznachenosti v protsesi pryiniattia marketynhovykh rishen [Problems of accounting for uncertainty in the process of making marketing decisions]. *Modeliuvannya rehionalnoi ekonomiky*, 1, 250–263. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Modre\\_2012\\_1\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Modre_2012_1_31)
- Kahraman, C., & Haktanir, E. (2024). *Fuzzy investment decision making with examples*. Springer Nature Switzerland.
- Kaufmann, A., & Gil Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Milladoiro.
- Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*. Prentice Hall PTR.
- Kotsyuba, O. S. (2018). Estimation of input financial and economic parameters of an investment project based on a fuzzy set approach. *Problemy ekonomiky*, 3, 240–245. [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2018-3\\_0-pages-240\\_245.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2018-3_0-pages-240_245.pdf)
- Kuchta, D. (2010). Fuzzy production and operations budgeting and control. *Production Engineering and Management under Fuzziness*, 252, 299–327. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12052-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12052-7_13)
- Maliar, M. M., & Polishchuk, V. V. (2018). *Nechitki modeli i metody otsiniuvannya kredytopromozhnosti pidpriemstv ta investytsiinykh proektiv* [Fuzzy models and methods for assessing the creditworthiness of enterprises and investment projects]. RA «AUTDOR-ShARK».
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63(2), 81–97. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Nedosekin, A., & Kokosh, A. (2004). Investment risk estimation for arbitrary fuzzy factors of investment project. In *International Conference on Fuzzy Sets and Soft Computing in Economics and Finance FSS-CEF 2004* (Vol. 2, pp. 423–437). Instituto Mexicano del Petróleo; RFSA.
- Pathinathan, T., & Ponnivalavan, K. (2014). Pentagonal fuzzy number. *International Journal of Computing Algorithm*, 3, 1003–1005. [https://www.academia.edu/7764315/Pentagonal\\_Fuzzy\\_Number](https://www.academia.edu/7764315/Pentagonal_Fuzzy_Number)
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer and Information Sciences*, 11(5), 341–356. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01001956>
- Piegat, A. (2001). *Fuzzy modeling and control*. Springer-Verlag.
- Poleshchuk, O., & Komarov, E. (2011). *Expert fuzzy information processing*. Springer-Verlag.
- Saaty, T. L. (1974). Measuring the fuzziness of sets. *Journal of Cybernetics*, 4(4), 53–61.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://superdecisions.com/sd\\_resources/Paper\\_ScalingMethod.pdf](https://superdecisions.com/sd_resources/Paper_ScalingMethod.pdf)
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- Siler, W., & Buckley, J. J. (2005). *Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning*. John Wiley & Sons.
- Siniavskaya, O. A., & Zhelezko, B. A. (2007). Fuzzy evaluation of the risk of investment in securities in the portfolio optimization problem. In *Computer Data Analysis and Modeling: Complex Stochastic Data and Systems: Proceedings of the Eighth International Conference* (Vol. 2, pp. 91–94). Publ. center BSU.
- Slieptsov, A. I., & Zodenkamp, M. A. (2007). *Pryiniattia rishen v skladnykh systemakh* [Decision making in complex systems]. Vyd-vo NPU im. M. P. Drahomanova.
- Vitlinskyi, V. V., & Velykoivanenko, H. I. (2004). *Ryzhikologia v ekonomitsi ta pidpriemnytsvi* [Riskology in economics and entrepreneurship]. KNEU.
- Zheldak, T. A., Koriashkina, L. S., & Us, S. A. (2020). *Nechitki mnozhyny v systemakh upravlinnia ta pryiniattia rishen* [Fuzzy sets in management and decision-making systems]. NTU «DP».
- Zgurovsky, M. Z., & Zaychenko, Y. P. (2016). *The fundamentals of computational intelligence: System approach*. Springer International Publishing..