

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО ДОБРОБУТУ НАСЕЛЕННЯ

*Анотація. Стаття розкриває новий підхід до аналізу добробуту населення за допомогою теорії нечітких множин. Мета дослідження полягає в розробці та застосуванні методу логії, заснованої на нечіткій логіці, для кількісної оцінки та аналізу соціально економічного добробуту громадян. Основне завдання включає розробку методологічного підходу, побудову моделі для оцінки добробуту та розробку рекомендацій для планування соціально економічних стратегій. В якості рішення пропонується використання нечіткої логіки, яка дозволяє краще враховувати неоднозначності та невизначеності в даних про добробут населення. У дослідженні представлено детальний опис розробленої моделі, що включає формування лінгвістичних змінних, визначення терм множин і розробку правил виводу. Ці компоненти дозволяють моделі адаптуватися до різних умов і типів даних, забезпечуючи гнучкість і широке поле застосування методу. Дослідження також підкреслює важливість аналізу чинників, що впливають на добробут населення, таких як доходи домогосподарств, витрати на медикаменти та харчування, рівень освіти, стан житла, значення особистого господарства та інші. Автори вказують на динамічність впливу цих факторів і на необхідність їх регулярного оновлення для підвищення точності прогнозів. Результати дослідження демонструють, що розроблена модель забезпечує більш точні та обґрунтовані прогнози рівня соціально економічного добробуту порівняно з традиційними методами. Отримані дані можуть бути використані для планування соціально економічних стратегій на мікро та макrorівнях, сприяючи розробці ефективних заходів для підвищення добробуту населення. Стаття вносить значний вклад у розвиток методів аналізу соціально економічного добробуту, показуючи потенціал нечіткої логіки як інструменту для підвищення точності прогнозування та розробки обґрунтованих соціально економічних політик.*

*Ключові слова: нечітка логіка, добробут населення, доходи домогосподарств, фазифікація даних, лінгвістична змінна, критеріальна матриця.*

**Постановка проблеми.** Актуальність дослідження полягає в тому, що забезпечення соціально-економічного добробуту населення є однією з ключових задач державної політики будь-якої країни. Сучасні економічні умови, характеризуються високим рівнем невизначеності та динамічністю, що вимагає від

науковців та практиків розробки нових інструментів аналізу та прогнозування. Нечітка логіка, як метод аналізу даних, дозволяє ефективно працювати з нечіткими, неоднозначними даними та інформацією, що не може бути точно квантифікована, але відіграє важливу роль в оцінці соціально-економічного стану. Цей метод може забезпечити більш точне та гнучке моделювання соціально-економічних процесів, дозволяючи аналітикам краще розуміти та прогнозувати наслідки різних політичних рішень на добробут населення. В контексті глобалізації, змін у світовій економіці та постійного зростання соціальної нерівності, дослідження, що використовують нечітку логіку для аналізу соціально-економічного добробуту, стають особливо актуальними. Вони допомагають ідентифікувати та аналізувати складні взаємозв'язки між економічними показниками та соціальним добробутом, враховуючи різні групи населення та їх потреби.

Таким чином, використання нечіткої логіки в аналізі соціально-економічного добробуту дозволяє зробити оцінку більш комплексною та мультидисциплінарною, враховуючи не тільки економічні, але й соціальні, культурні та інші аспекти, що впливають на якість життя людей. Це сприяє розробці більш ефективних стратегій соціально-економічного розвитку та покращенню умов життя населення на національному та регіональному рівнях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як зазначають [1, 4] забезпечення соціально-економічного добробуту населення є узгодженою діяльністю суспільства щодо зменшення впливу соціальних ризиків з метою запобігання погіршенню умов соціальної безпеки загалом та найбільш уразливих верств населення. Для визначення рівня добробуту застосовується система об'єктивних показників, (заснованих на соціальних стандартах), та суб'єктивних, (враховують як кількісні, а й якісні оцінки рівня соціальної захищеності, які виміряти важко).

Теоретико-методологічні засади економетричного моделювання оцінювання соціально-економічного добробуту населення розробляють: [2, 3]. Серед робіт у галузі нечіткої логіки слід відзначити публікації [10], з нечіткої кластеризації та розпізнавання образів з нечіткого висновку та нечіткого інтегралу [11, 13] за нечіткою логікою. Але, незважаючи на велику кількість теоретичних робіт, прикладне значення нечітких моделей тривалий час ставилося під сумнів. Недостатньо розкритим аспектом тематики залишається комплексний та систематичний аналіз соціальних ризиків, їх якісна оцінка та про-

гнозування; інтегральна оцінка досягнутого рівня добробуту населення на засадах використання нечіткої логіки.

**Мета дослідження.** Основною метою дослідження є розробка та аплікація методології на основі нечіткої логіки для оцінки та аналізу соціально-економічного добробуту населення.

Завдання дослідження: розробити методологічний підхід на основі нечіткої логіки, що включає формування лінгвістичних змінних, визначення термножин та розробку правил виводу для аналізу даних про добробут населення; побудувати модель на основі нечіткої логіки для оцінки рівня соціально-економічного добробуту населення, яка може адаптуватися до різних умов та типів даних; розробити рекомендації щодо застосування розробленої моделі для покращення процесів планування та втілення соціально-економічних стратегій на мікро- та макрорівнях.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** У сфері економіки вивчення проблеми добробуту включає ідентифікацію кількості людей, які потребують підтримки, аналіз їхніх матеріальних умов та оцінку фінансових засобів, необхідних для забезпечення цієї підтримки. Особливо це стає важливим, коли бюджетні кошти обмежені, що робить цілеспрямованість надання допомоги критичним аспектом. У цьому контексті з'являється складність адекватної оцінки добробуту як на рівні окремих осіб, так і домогосподарств в цілому, враховуючи неповноту та неоднозначність доступної інформації. Наприклад, може існувати значна розбіжність між суб'єктивним сприйняттям індивідом свого добробуту та його об'єктивною оцінкою [8]. Хоча стандартні статистичні методи можуть бути корисними, ми пропонуємо використовувати методи нечіткої логіки для розв'язання подібних задач.

В роботі представлено набір критеріїв для оцінки добробуту, включаючи визначення їх властивостей, а також приклади конкретних розрахунків. Основа запропонованого підходу полягає в використанні концепції нечіткої лінгвістичної змінної, діапазон значень якої представлений через набір термінів, наприклад, використання змінної «Рівень доходу» з можливими значеннями «Низький», «Середній» та «Високий».

Дослідження виділяє ряд чинників, що впливають на добробут населення, включаючи визначення добробуту за різними критеріями, тип домогосподарства, у якому живе пенсіонер, витрати на медикаменти та харчування відносно доходу, пропорцію непрацюючих членів у домогосподарстві, освіту, стан жит-

ла, значення особистого господарства, тип населеного пункту, ризик алкоголізму та стать особи.

Варто підкреслити, що перелік факторів, що впливають на оцінку добробуту, та їх вплив може змінюватися з плином часу. Зокрема, домогосподарства з працюючими членами мають найвищий дохід на душу населення, який на третину перевищує дохід у домогосподарствах без пенсіонерів. Найменший дохід відзначається в домогосподарствах, де голова є непрацюючим пенсіонером, особливо якщо в сім'ї є залежні особи, такі як інваліди чи неповнолітні, при цьому пенсія стає головним джерелом доходу. Доходи таких домогосподарств можуть значно підвищуватися за рахунок допомоги на дітей, цільової соціальної підтримки, доходів від особистого господарства, фінансової підтримки від родичів та іншого [2]. Однак, відсутність статистичних даних значно ускладнює аналіз ситуації серед пенсіонерів.

Для розробки моделі оцінки рівня добробуту на основі нечіткої логіки ми пропонуємо використовувати наступні вхідні лінгвістичні змінні з трапецієвидними або трикутними функціями приналежності [5]:

- рівень доходів громадянина;
- загальний дохід домогосподарства;
- рівень заощаджень, включно з вартістю особистого майна;
- частку витрат на медичні потреби;
- частку витрат на харчування.

На початковому етапі ці фактори будуть вважатися однаково важливими. Функції приналежності можуть бути представлені за допомогою трапецієвидних функцій з визначенням термінів як «Низький», «Середній» та «Високий». Для формування трапецієвидної функції приналежності потрібно визначити чотири параметри:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  [14].

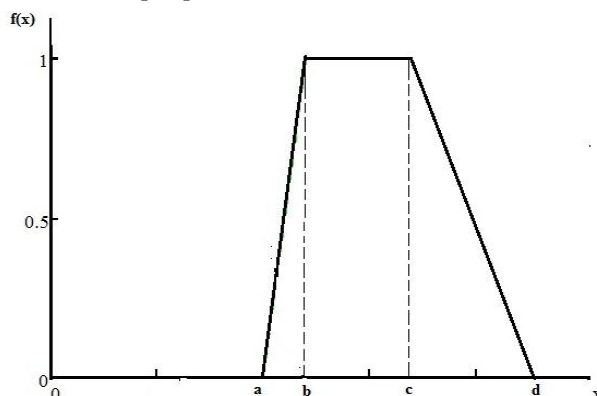


Рисунок 1 – Параметри трапецієподібної функції оцінки рівня добробуту [14]

На рисунку 2 представлено ілюстрацію графіків функцій приналежності для лінгвістичної змінної «Рівень доходу» із набором термінів {Низький, Середній, Високий}. Важливо відмітити, що трикутна функція приналежності може бути розглянута як спеціальний випадок трапецієподібної функції, де параметри  $b$  і  $c$  є ідентичними. Для категорії «Середній» параметри функції приналежності (виражені в тисячах гривень) встановлюються наступним чином:  $a = 8$ ,  $b = 15$ ,  $c = 15$ ,  $d = 24$  [7].

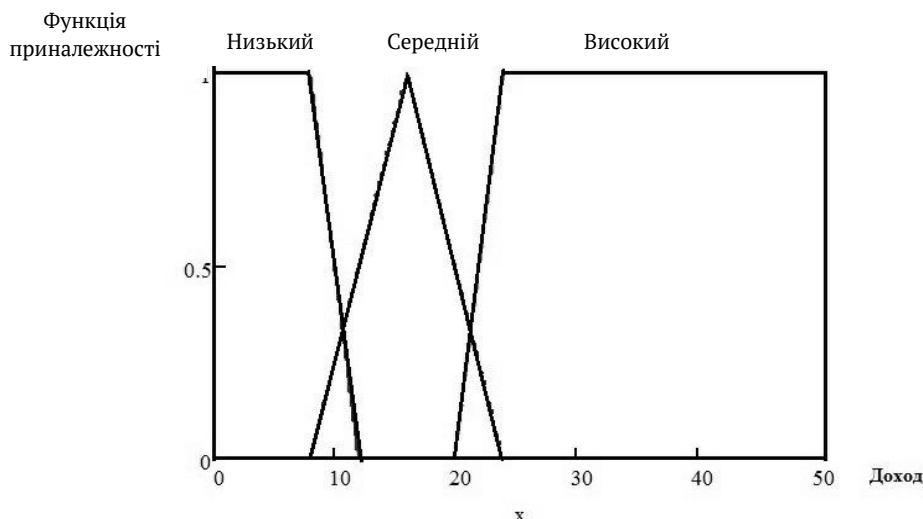


Рисунок 2 – Приклад функцій власності лінгвістичної змінної «Рівень доходу» [7]

Розробка моделей з використанням нечіткої логіки може бути здійснена за допомогою різних методик. У сфері економіки для аналізу рентабельності інвестицій часто вдаються до методу, який базується на встановленні набору евристичних правил, або так званих продукційних правил, типу «якщо-то». Основна проблема такого підходу полягає у потребі визначення великої кількості евристичних правил, обсяг яких складно передбачити заздалегідь. В роботі ми обрали методику, яка спирається на алгоритм, оптимальний з точки зору простоти та зручності використання, який легко імплементується у програмному забезпеченні, такому як Excel, та не потребує створення великої кількості продукційних правил [5].

Оцінка ризику потрапляння в категорію бідних визначається за допомогою змінної  $g$ , обчислення якої здійснюється згідно з формулою, придатною для програмного забезпечення Matlab. Також важливо зазначити, що результати моделювання значною мірою залежать від вибору типу та параметрів функції приналежності. Деталі класифікації цієї змінної представлені у таблиці 1.

Класифікація вихідної змінної моделі оцінки рівня добробуту

Інтервал значень змінної	Нечітка підмножина		
[0 - 0,3]	Ступінь низький	ризик	Добробуту
(0,3 - 0,7)	Ступінь середня	ризик	Добробуту
[0,7 - 1]	Ступінь високий	ризик	добробуту

В межах поставленої задачі представляється метод прогнозування, що включає наступні періоди [12]:

1) Встановлення універсальної множини  $U$ , яка представляє собою діапазон між мінімальними та максимальними варіаціями рівня життєвого стандарту населення.

2) Поділ універсальної множини  $U$  на декілька рівних за довжиною інтервалів, що покривають значення варіацій, асоційовані з різними рівнями зростання рівня добробуту населення.

3) Задання для опису варіацій рівня життя населення за допомогою лінгвістичної змінної та визначення відповідних лінгвістичних значень цієї змінної, тобто створення набору нечітких множин  $F(t)$ .

4) Фазифікація вхідних даних, яка передбачає перетворення точних числових значень у нечіткі. Цей процес дозволяє відобразити якісне розуміння темпів зростання рівня добробуту населення у вигляді функцій приналежності. Встановлення параметра  $w > 1$ , що відображає часовий проміжок, що передує поточному році; розрахунок матриці нечітких відношень  $R_w(t)$  та визначення прогнозу рівня добробуту населення на наступний рік.

5) Дефазифікація отриманого результату, а саме перетворення нечітких значень назад у точні числові показники. Приклад реалізації зазначеної методики для аналізу рівня добробуту населення представлено через приклад з обмеженою кількістю даних, як перший крок у вирішенні задачі прогнозування [6].

У таблиці 2 наведено динаміку змін у рівні добробуту населення країни, яка слугує основою для створення «ретроспективного прогнозу», а також показано зміни в добробуті населення від періоду до періоду.

## Динаміка та відповідні варіації рівня добробуту населення

Період	Рівень доходу на 1 людину (грн.)	Варіація (грн.)	Фаззифікація варіації
A1	7282,6	0	
A2	7437,2	154,6	$A2=\{(0.02/u1), (0.03/u2), (0.04/u3), (0.06/u4), (0.12/u5), (0.27/u6), (0.79/u7)\}$
A3	7464,8	27,6	$A3=\{(0.6/u1), (0.92/u2), (0.34/u3), (0.14/u4), (0.07/u5), (0.04/u6), (0.03/u7)\}$
A4	7487,6	22,8	$A4=\{(0.75/u1), (0.78/u2), (0.27/u3), (0.12/u4), (0.06/u5), (0.04/u6), (0.03/u7)\}$
A5	7496	8,4	$A5=\{(0.98/u1), (0.39/u2), (0.15/u3), (0.08/u4), (0.05/u5), (0.03/u6), (0.02/u7)\}$
A6	7496,4	0,4	$A6=\{(0.78/u1), (0.27/u2), (0.12/u3), (0.06/u4), (0.04/u5), (0.03/u6), (0.02/u7)\}$
A7	7526,8	30,4	$A7=\{(0.52/u1), (0.98/u2), (0.39/u3), (0.15/u4), (0.08/u5), (0.05/u6), (0.03/u7)\}$

Під «варіацією» за певний період розуміють зміну в рівні добробуту порівняно з попереднім роком. Для встановлення універсального набору  $U$  спочатку потрібно визначити мінімальне та максимальне значення змін протягом аналізованого періоду, після чого для встановлення зручних границь інтервалу слід вибрати значення  $D_1$  та  $D_2$  (які є додатними числами). Відповідно, універсальний набір  $U$  можна визначити як  $U: U = [V_{min} - D_1, V_{max} + D_2]$ , де  $V_{min} = 200$  є мінімальною зміною (у 7 періоді),  $V_{max} = 154,6$  є максимальною зміною (у 2 періоді),  $D_1 = 200$ ,  $D_2 = 400$ . Таким чином, універсальний набір  $U$  буде мати вигляд:  $U=[0, 77700]$ .

На другому етапі потрібно поділити універсальний набір  $U$  на декілька інтервалів, які мають однакову довжину. У цьому випадку, універсальний набір  $U$  поділено на сім інтервалів з однаковою довжиною:  $u1=[0, 11100]$ ,  $u2=[11100, 22200]$ ,  $u3=[22200, 33300]$ ,  $u4=[33300, 44400]$ ,  $u5=[55500, 66600]$ ,  $u6=[55500, 66600]$ ,  $u7=[66600, 77700]$ . Важливо відмітити, що середня похибка прогнозування за методом нечітких часових рядів є мінімальною, тому слід вказати середні точки цих інтервалів.

Третій крок полягає в створенні набору нечітких множин в універсальному наборі  $U$ . «Варіація рівня добробуту населення» є лінгвістичною змінною, яка включає лінгвістичні значення, такі як дуже низький (ДН), низький (Н), без змін (БЗ), середній (С), нормальний (Н), високий (В) та дуже високий (ДВ) рівень зростання добробуту населення. Кожне лінгвістичне значення асоціюється з нечіткою множиною, яка за певним правилом відображає зміст змінної [9]. Наприклад, лінгвістичне значення «дуже низький рівень зростання добробуту населення» представлено нечіткою множиною  $\langle \text{ДН}, [0, 11100], A_1 \rangle$ , де  $A_1$  – це нечітка множина, що охоплює діапазон  $[0, 11100]$  з універсального набору  $U$ .

Нечіткі множини  $A_1, A_2, \dots, A_7$  у універсальному наборі  $U$  визначаються за допомогою формули:

$$\mu_{A_i}(u_i) = \frac{1}{1 + [C \times (V - u_{cp}^i)^2]}, \quad (1)$$

де:

$V$  – варіації, вказані в таблиці 2;

$u_{cp}^i$  – середні точки відповідних інтервалів, значення яких представлені (1);

$C$  – це стала величина, вибрана таким чином, щоб забезпечити перехід від точних числових значень до нечітких, тобто їх вміщення в діапазон  $[0,1]$ .

Кожна нечітка множина  $A_i$  представлена через відношення  $(\mu_{A_i}(u_i)/u_i)$ , де  $u_i$  належить  $U$ , і  $\mu_{A_i}(u_i)$  варіюється в межах  $[0,1]$ .

$$A_i = \mu_{A_i}(u_i / u_i), u_i \in U, \mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]. \quad (2)$$

Якщо у формулі (1) як значення змінної  $V$  прийняти середні точки відповідних інтервалів, тоді нечіткі множини  $A_i$  ( $i=1,7$ ) будуть визначені таким чином:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{(1 / u_1), (0.45 / u_2), (0.17 / u_3), (0.08 / u_4), (0.05 / u_5), (0.03 / u_6), (0.02 / u_7)\} \\ A_2 &= \{(0.45 / u_1), (1 / u_2), (0.45 / u_3), (0.17 / u_4), (0.08 / u_5), (0.05 / u_6), (0.03 / u_7)\} \\ A_3 &= \{(0.17 / u_1), (0.45 / u_2), (1 / u_3), (0.45 / u_4), (0.17 / u_5), (0.08 / u_6), (0.05 / u_7)\} \\ A_4 &= \{(0.08 / u_1), (0.17 / u_2), (0.45 / u_3), (1 / u_4), (0.45 / u_5), (0.17 / u_6), (0.08 / u_7)\} \\ A_5 &= \{(0.05 / u_1), (0.08 / u_2), (0.17 / u_3), (0.45 / u_4), (1 / u_5), (0.45 / u_6), (0.17 / u_7)\} \\ A_6 &= \{(0.03 / u_1), (0.05 / u_2), (0.08 / u_3), (0.17 / u_4), (0.45 / u_5), (1 / u_6), (0.45 / u_7)\} \\ A_7 &= \{(0.02 / u_1), (0.03 / u_2), (0.05 / u_3), (0.08 / u_4), (0.17 / u_5), (0.45 / u_6), (1 / u_7)\} \end{aligned} \quad (3)$$



На рисунку 3 показано приклади безперервних функцій приналежності для нечітких множин  $A_i$ , які демонструють різні рівні варіації добробуту населення, описані через лінгвістичну змінну.

Четвертий крок полягає у фазифікації варіацій, отриманих на першому кроці. Для цього, якщо варіація для періоду  $i$  становить  $V_i$ , і  $V_i$  належить до інтервалу  $u_j$  з універсальної множини  $U$ , то функція приналежності  $\mu_{A_i}(u_j)$  для даного інтервалу  $u_j$  визначається відповідно до формули, з врахуванням  $V = V_i$ . Це означає, що з універсальної множини виділяється інтервал, який включає обрану варіацію. Результати фазифікації для всіх аналізованих періодів представлені в таблиці 1, де  $A^{mn}$  є нечіткими множинами, що відповідають варіаціям за рік  $t = mn$ . Для спрощення у таблиці 1 показані лише останні дві цифри кожного періоду.

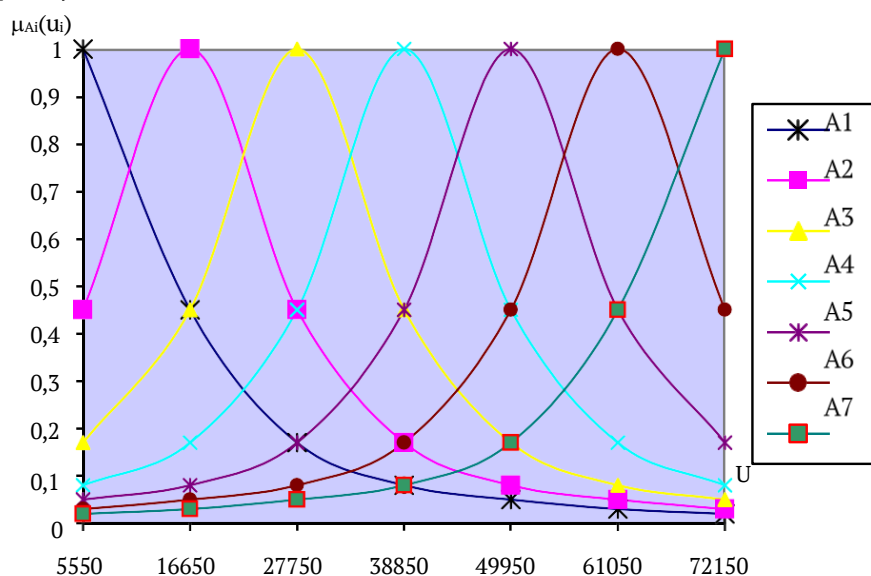


Рисунок 3 – Функції належності значень нечітких множин лінгвістичної змінної «варіація рівня добробуту населення» (побудовано авторами)

На п'ятому кроці потрібно визначити базовий період  $w$ , який варіюється в межах  $1 < w < l$ , де  $l$  – загальна кількість періодів, що включаються до аналізу і передують поточному періоду. Виходячи з цього базису, тобто історичних даних, розраховується матриця нечітких відносин  $R_w(t)$ , на підставі якої формується прогноз. Після встановлення  $w$  створюється операційна матриця  $i \times j$   $O^w(t)$  (де  $i$  – кількість рядків, що відповідає кількості періодів в послідовності  $t - 2, t - 3, \dots, t - w$ ;  $j$  – кількість стовпців, що відповідає кількості інтервалів варіацій) та критеріальна матриця  $1 \times j$   $K(t)$  для періоду, що прогнозується  $t$  (однорядкова матриця, яка відображає нечітку варіацію рівня добробуту населення за рік  $t - 1$ ). Наприклад, вибираючи  $w=5$ , можливо побудувати операційну матрицю  $4 \times 7$ ,

$O^7(t)$  для аналізу нечіткої варіації рівня добробуту населення за останні 4 періоди до  $t$ , а також критеріальну матрицю  $1 \times 7 K(t)$ , яка представляє собою нечітку варіацію за рік  $t - 1$ . Таким чином, при  $w=5$  аналізується інформація за 6 попередніх періодів.

Сталий прогноз є ключовим аспектом соціально-економічного планування, оскільки він дозволяє прогнозувати майбутній дохід населення, структуру за віком та статтю в працездатному віці, а також економічно активну частину населення. Ці параметри враховуються при розробці науково обґрунтованої стратегії соціально-економічного розвитку та визначенні комплексу заходів для її втілення, зокрема в контексті прогнозування ситуації на ринку праці в майбутньому.

**Висновки.** Дослідження визначає як застосування теорії нечітких множин може сприяти кращому розумінню складних соціально-економічних процесів та феноменів, надаючи можливість врахувати неоднозначність і невизначеність, що часто супроводжують доступні дані про добробут населення. Метод оцінки рівня добробуту населення, представлений у дослідженні, надає можливість прогнозування демографічних змін на ринку праці, включаючи зміни в загальній чисельності населення, кількості працездатних осіб та економічно активного населення, використовуючи нечіткі часові ряди. Однією з ключових особливостей цього методу є його спроможність робити прогнози на основі обмеженої або нечіткої початкової інформації. Використаний підхід дозволяє враховувати історичні дані про динаміку населення для будь-якого періоду, що підвищує точність прогнозів щодо майбутнього стану ринку праці. На основі цього методу були розроблені спеціалізовані алгоритми та програмне забезпечення, які дозволили аналізувати великий обсяг статистичних даних, порівнювати отримані за допомогою нечіткої прогностичної моделі результати з даними, отриманими за іншими методами прогнозування, і зробити висновок про ефективність запропонованого методу для аналізу рівня добробуту населення країни.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Богуславська С.І. Трансформація регіонального менеджменту в умовах глобалізації для забезпечення сталого розвитку регіонів України. *Бізнес Інформ*. 2021. № 4. С. 90–97.
2. Капінос Г., Ларіонова К. Проблеми управління сталим розвитком України в умовах війни. *Modeling the development of the economic systems*. 2023. №(1). С. 93–103. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-7-13>.

3. Македон В.В., Маковецька А.О. Інформаційне забезпечення економічної безпеки підприємств в умовах ринкової нестабільності. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки»*. 2023. №12. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-12-9477>.
4. Ольшанська О.В., Хмелевський М.О. Регіонально-системна організація економіки як чинник реалізації цілей сталого розвитку. *Імперативи економічного зростання в контексті реалізації глобальних цілей сталого розвитку*. 2021. С. 17–21.
5. Ashok S., Krishna S., Ponnambalam S. Fuzzy Logic-Based Multi-Objective Decision-Making Model for Design Evaluation in an Open Innovation Environment. *Innovation Analytics*. 2023. DOI: 10.1142/9781786349989\_0011.
6. Doroudi H., Goudarzi F., Kandel B.K. The effect of the competitiveness index on economic growth, with an emphasis on institutional and structural variables: 10 selected countries exporting oil. *Philosophy, Economics and Law Review*. 2022. Volume 2. no. 2. pp. 85-95. DOI 10.31733/2786-491X-2022-2-85-95.
7. Hernández-Hernández M., Alfonso Bonilla Cruz L., Cobián-Romero L. Improvement of Validated Manufacturing Processes with Fuzzy Logic. *IntechOpen*. 2023. DOI: 10.5772/intechopen.113302.
8. Makedon V., Hetman O., Yemchuk L., Paranytsia N., Petrovska S. Human resource management for secure and sustainable development. *Journal of security and sustainability issues*. 2019. № 8(3). pp. 345-354.
9. Mendez G.M., Lopez-Juarez I., Montes-Dorantes P.N. and Garcia M.A. A New Method for the Design of Interval Type-3 Fuzzy Logic Systems With Uncertain Type-2 Non-Singleton Inputs (IT3 NSFLS-2): A Case Study in a Hot Strip Mill. *IEEE Xplore*. 2023 vol. 11, 44065-44081. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3272531.
10. Peckol J.K. *Introduction to Fuzzy Logic*. Nashville, TN, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, 2021. 442 p.
11. Sabounchi M., Wei-Kocsis J. FLTRL: A Fuzzy-Logic Transfer Learning Powered Reinforcement Learning Method for Intelligent Online Control in Power Systems. *Explainable AI and Other Applications of Fuzzy Techniques*. Proceedings of the 2021 Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, NAFIPS 2021. 2022. pp. 368-379. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82099-2\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82099-2_33).
12. Servin C., Becker B., Eaton E., Kumar A. Fuzzy Logic++: Towards Developing Fuzzy Education Curricula Using ACM/IEEE/AAAI CS2023. *Fuzzy Information Pro-*

*cessing 2023 Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. pp. 184-193. DOI: 10.1007/978-3-031-46778-3\_17.

13. Shang K., Hossen Z. *Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making*. Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries. 2013. 168 p.

14. Sivanandam S.N. Sumathi S.D.S. *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. 190 p.

#### REFERENCES

1. Boguslavska, S.I. (2021). Transformatsiia rehionalnoho menedzhmentu v umovakh hlobalizatsii dlia zabezpechennia staloho rozvytku rehioniv Ukrainy [Transformation of regional management in the conditions of globalization for maintenance of sustainable development of regions of Ukraine]. *Business Inform*, 4, 90-97.

2. Kapinos, H., Larionova, K. (2023). Problemy upravlinnya stalym rozvytkom ukrayiny v umovakh viyny [Problems of managing the sustainable development of Ukraine in conditions of war]. *Modeling the development of the economic systems*, 1, 93-103. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-7-13>.

3. Makedon, V.V., Makovets'ka, A.O. (2023). Informatsiyne zabezpechennya ekonomichnoyi bezpeky pidpryyemstv v umovakh rynkovoyi nestabil'nosti. [Information provision of economic security of enterprises in conditions of market instability]. *Mizhnarodnyy naukovyy zhurnal "Internauka". Seriya: "Ekonomichni nauky"*, 12. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-12-9477>.

4. Olshanska, O.V., Khmelevskiy, M.O. (2021). Rehionalno-systemna orhanizatsiia ekonomiky yak chynnyk realizatsii tsilei staloho rozvytku [Regional and systemic organization of the economy as a factor in realizing the goals of sustainable development]. *Imperatyvy ekonomichnoho zrostannia v konteksti realizatsii hlobalnykh tsilei staloho rozvytku*, 17–21.

5. Ashok, S., Krishna, S., Ponnambalam, S. (2023). Fuzzy Logic-Based Multi-Objective Decision-Making Model for Design Evaluation in an Open Innovation Environment. *Innovation Analytics*. DOI: 10.1142/9781786349989\_0011.

6. Doroudi, H., Goudarzi, F., Kandel, B.K. (2022). The effect of the competitiveness index on economic growth, with an emphasis on institutional and structural variables: 10 selected countries exporting oil. *Philosophy, Economics and Law Review*, 2, 2, 85-95. DOI 10.31733/2786-491X-2022-2-85-95.

7. Hernández-Hernández, M., Alfonso Bonilla Cruz, L., Cobián-Romero, L. (2023). Improvement of Validated Manufacturing Processes with Fuzzy Logic. *IntechOpen*. DOI: 10.5772/intechopen.113302.
8. Makedon, V., Hetman, O., Yemchuk, L., Paranytsia, N., Petrovska, S. (2019). Human resource management for secure and sustainable development. *Journal of security and sustainability issues*, 8(3), 345-354.
9. Mendez, G.M., Lopez-Juarez, I., Montes-Dorantes, P.N. and Garcia, M.A. (2023). A New Method for the Design of Interval Type-3 Fuzzy Logic Systems With Uncertain Type-2 Non-Singleton Inputs (IT3 NSFLS-2): A Case Study in a Hot Strip Mill. *IEEE Xplore*, 11, 44065-44081. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3272531.
10. Peckol, J.K. (2021). *Introduction to Fuzzy Logic*. Nashville, TN, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons.
11. Sabounchi, M., Wei-Kocsis, J. (2022). FLTRL: A Fuzzy-Logic Transfer Learning Powered Reinforcement Learning Method for Intelligent Online Control in Power Systems. *Explainable AI and Other Applications of Fuzzy Techniques*. Proceedings of the 2021 Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, NAFIPS 2021, Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82099-2\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82099-2_33).
12. Servin, C., Becker, B., Eaton, E., Kumar, A. (2023). Fuzzy Logic++: Towards Developing Fuzzy Education Curricula Using ACM/IEEE/AAAI CS2023. *Fuzzy Information Processing 2023 Lecture Notes in Networks and Systems*. 184-193. DOI: 10.1007/978-3-031-46778-3\_17.
13. Shang, K., Hossen, Z. (2013). *Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making*. Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries.
14. Sivanandam, S.N. Sumathi, S.D.S. (2006). *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Received 08.01.2024.

Accepted 11.01.2024.

### **Use of fuzzy logic for analyzing the socio-economic well-being of the population**

*The article reveals a new approach to the analysis of population welfare using the theory of fuzzy sets. The purpose of the study is to develop and apply a methodology based on fuzzy logic to quantify and analyze the social and economic well-being of citizens. The main task includes the development of a methodological approach, the construction of a model for assessing well-being and the development of recommendations for planning socio-economic strategies. As a solution, the use of fuzzy logic is proposed,*

*which allows better consideration of ambiguities and uncertainties in the data on the well-being of the population. The study presents a detailed description of the developed model, which includes the formation of linguistic variables, the definition of term sets, and the development of inference rules. These components allow the model to adapt to different conditions and types of data, providing flexibility and a wide field of application of the method. The study also emphasizes the importance of analyzing factors that affect the well-being of the population, such as household income, expenditure on medicine and food, education level, housing conditions, the importance of personal economy and others. The authors indicate the dynamic influence of these factors and the need for their regular updating to increase the accuracy of forecasts. The results of the study demonstrate that the developed model provides more accurate and reasonable forecasts of the level of socio-economic well-being compared to traditional methods. The obtained data can be used to plan socio-economic strategies at the micro and macro levels, contributing to the development of effective measures to improve the well-being of the population. The article makes a significant contribution to the development of socio-economic welfare analysis methods, showing the potential of fuzzy logic as a tool for increasing the accuracy of forecasting and developing sound socio-economic policies.*

*Keywords: fuzzy logic, population welfare, household income, data fuzzification, linguistic variable, criterion matrix.*

**Доровці Адам Федорович** - аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського Національного Університету.

**Dorovtsi Adam** - Phd student of the Department of cybernetics and applied mathematics, Uzhhorod National University.