

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет**  
**імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра інтелектуальних інформаційних систем**

**ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри інтелектуальних  
інформаційних систем, д-р техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_Ю. П. Кондратенко  
«\_\_»\_\_\_\_\_2022 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ  
ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО FUZZY  
TOPSIS**

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

**122 – МКР – 601.21610304**

Студент \_\_\_\_\_ Д. О. Гапішко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Консультант \_\_\_\_\_ Є. В. Сіденко  
канд. техн. наук, доцент  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Миколаїв – 2022**

**Чорноморський національний університет ім. Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра інтелектуальних інформаційних систем**

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

*(шифр і назва)*

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

*(шифр і назва)*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри інтелектуальних  
інформаційних систем, д-р техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ Ю. П. Кондратенко

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську кваліфікаційну роботу**

Гапішко Дмитро Олександрович

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи

Система оцінювання інноваційних проєктів на основі модифікованого Fuzzy TOPSIS

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сіденко Євгеній Вікторович, к.т.н., доцент \_\_\_\_\_.

*(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)*

Затв. наказом Ректора ЧНУ ім. Петра Могили від «\_\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи «\_\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Вхідні (початкові) дані до роботи: експертні оцінки інноваційних проєктів за визначеними критеріями; пріоритетність критеріїв

Очікуваний результат роботи: система оцінювання інноваційних проєктів для підвищення ефективності прийняття рішень

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розглянути):

- огляд стану інноваційних проєктів на сьогоднішній день;

- аналіз досліджень та публікацій за схожою тематикою;

- огляд методів багатокритерійного прийняття рішень;

- моделювання та дослідження експертного оцінювання інноваційних проєктів за критеріями;

- програмна реалізація СППР для вибору оптимального інноваційного проєкту.

5. Перелік графічних матеріалів презентація.

6. Завдання до спеціальної частини: розрахунок штучного освітлення в приміщенні

7. Консультанти:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис
Спеціальна частина з охорони праці	Щербак Ю. Г., к.т.н., доцент	
Методична частина	Сіденко Є. В., к.т.н., доцент	

Керівник роботи к.т.н., доцент, Сіденко Є. В.  
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийнято до виконання Гапішко Д. О.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дата видачі завдання «    » \_\_\_\_\_ 20   р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

### Виконання магістерської кваліфікаційної роботи

Тема: Система оцінювання інноваційних проєктів на основі модифікованого Fuzzy TOPSIS

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1	Визначення керівника і теми МКР. Подання заяви на затвердження теми МКР	01.09.2021	10.10.2021	
2	Отримання завдання на виконання МКР	19.10.2021	22.10.2021	
3	Складання календарного плану на період виконання МКР	23.10.2021	26.10.2021	
4	Огляд літератури за темою дослідження	27.10.2021	10.11.2021	
5	Проходження переддипломної практики, збір та аналіз матеріалів до МКР	22.11.2021	11.12.2021	
6	Аналіз предметної області та розробка технічного завдання. Моделювання результатів	16.12.2021	12.01.2022	
7	Опис фахової частини МКР, зокрема дослідження публікацій щодо застосування методів MCDM в сфері інноваційних проєктів та методу Fuzzy TOPSIS, огляд існуючих методів MCDM для вирішення поставленої задачі, реалізація обраних технологій з аналізом отриманих результатів	13.01.2022	25.01.2022	
8	Розробка спеціальної частини з охорони праці та методичної частини	26.01.2022	30.01.2022	
9	Попередній захист МКР на засіданні комісії кафедри	31.01.2022	31.01.2022	
10	Корегування роботи за результатами попереднього захисту	01.02.2022	03.02.2022	
11	Остаточне оформлення пояснювальної записки та слайдів доповіді для захисту	04.02.2022	06.02.2022	
12	Подання МКР рецензенту	09.02.2022	10.02.2022	
13	Рецензування МКР	11.02.2022	12.02.2022	
14	Подання МКР, її електронної копії та інших документів (відгуку, рецензії) до захисту	14.02.2022	15.02.2022	
15	Захист МКР перед екзаменаційною комісією (ЕК)	21.02.2022	22.02.2022	

Розробив студент Гапішко Д. О.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи к.т.н., доцент Сіденко Є. В.  
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

«26» жовтня 2021р.

## АНОТАЦІЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи  
студента групи 601 ЧНУ ім. Петра Могили

**Гапішка Дмитра Олександровича**

на тему: **“СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ НА  
ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО FUZZY TOPSIS”**

**Актуальність** даного дослідження полягає в необхідності якісного оцінювання інноваційних проєктів, які характеризуються різними техніко-економічними обґрунтуваннями і, як правило, для їх впровадження необхідні значні капіталовкладення. Використання багатокритерійних методів, зокрема модифікованого Fuzzy TOPSIS, дозволить підвищити точність прийняття рішень при виборі оптимального інноваційного проєкту.

**Об’єктом** дослідження є оцінювання інноваційних проєктів.

**Предметом** дослідження є багатокритерійні методи прийняття рішень, зокрема модифікований Fuzzy TOPSIS для вибору оптимального інноваційного проєкту.

**Метою роботи** є вибір оптимального інноваційного проєкту за рахунок використання розробленого програмного застосунку на основі модифікованого методу Fuzzy TOPSIS, який призначений допомогти користувачам в прийнятті оптимальних рішень, полегшити процес оцінювання інноваційних проєктів та дослідити вплив параметрів зазначеного методу на результат.

В результаті виконання роботи модифіковано метод Fuzzy TOPSIS та проаналізовано вплив його параметрів на отримані результати. Розроблено програмне забезпечення для оцінювання інноваційних проєктів.

Дана робота складається з шести розділів. Кожен розділ відповідно присвячений: аналізу предметної сфери та дослідженню схожих публікацій, дослідженню методів багатокритерійного прийняття рішень для розв’язання поставленої задачі, моделюванню та аналізу отриманих результатів з використанням модифікованого методу Fuzzy TOPSIS, програмній реалізації системи та її тестуванню, методичній частині, спеціальній частині з охорони праці. Магістерська кваліфікаційна робота містить один додаток, 88 рисунків, 5 таблиць і посилання на 44 літературних джерел.

Ключові слова: *fuzzy, TOPSIS, інноваційні проєкти, СППР, MCDM.*

## **ABSTRACT**

to the master's qualification work by the student of the group 601 of Petro Mohyla  
Black Sea National University

**Dmytro Hapishko**

### **“EVALUATION SYSTEM FOR INNOVATIVE PROJECTS BASED ON THE MODIFIED FUZZY TOPSIS”**

The relevance of this study lies in the need for qualitative evaluation of innovative projects, which are characterized by different feasibility studies and, as a rule, their implementation requires significant investment. The use of multi-criteria methods, in particular the modified Fuzzy TOPSIS, will increase the accuracy of decision-making when choosing the optimal innovation project.

The object of research is the evaluation of innovative projects.

The subject of the research is multi-criteria decision-making methods, in particular the modified Fuzzy TOPSIS for the selection of the optimal innovation project.

The aim is to select the optimal innovation project using a software application based on the modified Fuzzy TOPSIS method, which is designed to help users make optimal decisions, facilitate the evaluation of innovative projects and investigate the impact of parameters of this method on the result.

As a result of the work, the Fuzzy TOPSIS method was modified and the influence of its parameters on the obtained results was analyzed. Software for evaluation of innovative projects has been developed.

This work consists of six sections. Each section is devoted to: analysis of the subject area and research of similar publications, research of multicriteria decision-making methods for solving the problem, modeling and analysis of results using the modified Fuzzy TOPSIS method, software implementation and testing, methodical part, special part with labor protection. The master's thesis contains one appendix, 88 figures, 5 tables and 44 sources in it.

Keywords: *Fuzzy, TOPSIS, innovation projects, DSS, MCDM.*

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	8
1.1 Огляд предметної сфери .....	8
1.2 Аналіз досліджень та публікацій .....	10
1.3 Постановка задачі .....	13
Висновки до розділу 1 .....	14
2 МЕТОДИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ .....	16
2.1 Методи багатокритерійного прийняття рішень .....	16
2.1.1 Fuzzy ARAS.....	20
2.1.2 Fuzzy AHP .....	24
2.1.3 Fuzzy COPRAS.....	26
2.1.4 Fuzzy VIKOR.....	29
2.1.5 Fuzzy TOPSIS .....	33
2.2 Використання методів розрахунку відстаней.....	35
Висновки до розділу 2 .....	36
3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ .....	38
3.1 Моделювання та реалізація методу Fuzzy TOPSIS .....	38
3.1.1 Відстань Евкліда.....	46
3.1.2 Відстань Хеммінга.....	50
3.1.3 Відстань Чебишева.....	53
3.2 Результати розрахунків за методом Fuzzy ARAS .....	57
3.3 Аналіз отриманих результатів.....	57
Висновки до розділу 3 .....	59
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ .....	61
4.1 База даних.....	62
4.2 Головний інтерфейс.....	63
4.3 Візуалізація лінгвістичних термів.....	65
4.4 Вікна попередження .....	69
4.5 Шаблон введення даних.....	70

Висновки до розділу 4 .....	70
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74
ДОДАТОК А Код застосунку .....	78



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- БД – база даних;
- ЛПР – людина, що приймає рішення;
- ЛТ – лінгвістичні терміни;
- СППР – система підтримки прийняття рішень;
- MCDM – multi-criteria decision making/багатокритерійні методи прийняття рішень;

# **Пояснювальна записка**

**до магістерської кваліфікаційної роботи**

на тему:

## **«СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО FUZZY TOPSIS»**

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

**122 – МКР – 601.21610304**

Студент \_\_\_\_\_ Д. О. Гапішко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Консультант \_\_\_\_\_ Є. В. Сіденко  
к.т.н., доцент

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Миколаїв – 2022**

## ВСТУП

На сьогоднішній день інноваційні проєкти стали досить популярними та широко розповсюдженими в будь-якій сфері діяльності, так як результатами інноваційних проєктів є поліпшення життя людей. На сьогоднішній день існує величезна кількість відповідних проєктів, тому було вирішено створити систему, що допоможе у виборі оптимального чи найкращого рішення на основі модифікованого Fuzzy TOPSIS, та дослідити вплив його параметрів на кінцевий результат.

**Актуальність** даного дослідження полягає в необхідності якісного оцінювання інноваційних проєктів, які характеризуються різними техніко-економічними обґрунтуваннями і, як правило, для їх впровадження необхідні значні капіталовкладення. Використання багатокритерійних методів, зокрема модифікованого Fuzzy TOPSIS, дозволить підвищити точність прийняття рішень при виборі оптимального інноваційного проєкту.

**Об'єктом** дослідження є оцінювання інноваційних проєктів.

**Предметом** дослідження є багатокритерійні методи прийняття рішень, зокрема модифікований Fuzzy TOPSIS для вибору оптимального інноваційного проєкту.

**Метою роботи** є вибір оптимального інноваційного проєкту за рахунок використання розробленого програмного застосунку на основі модифікованого методу Fuzzy TOPSIS, який призначений допомогти користувачам в прийнятті оптимальних рішень, полегшити процес оцінювання інноваційних проєктів та дослідити вплив параметрів зазначеного методу на результат.

Для вирішення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- огляд сучасного стану задачі оцінювання та вибору інноваційних проєктів;
- аналіз останніх досліджень та публікацій;
- огляд методів багатокритерійного прийняття рішень;
- модифікація методу Fuzzy TOPSIS, моделювання та аналіз експертних оцінок інноваційних проєктів за визначеними критеріями;

– програмна реалізація системи оцінювання та вибору оптимального інноваційного проєкту.

Крім того необхідно здійснити аналіз та порівняння отриманих результатів роботи методу Fuzzy TOPSIS при застосуванні різних підходів до визначення коефіцієнтів близькості до ідеального рішення.

Для модифікації методу при визначенні коефіцієнтів близькості застосувати: Евклідову відстань, Хеммінгову відстань та відстань за Чебишевим.

Ще одним елементом модифікації методу Fuzzy TOPSIS повинно бути надання можливості розраховувати результати з використанням різних нечітких чисел, таких як: трикутна, трапеційна, гаусівська.

Для вирішення поставленої задачі необхідно порівняти отримані результати за модифікованим методом Fuzzy TOPSIS з будь-яким іншим обраним багатокритерійним методом прийняття рішень. Також необхідно надати шаблон заповнення даних для експертів і представити користувачеві отримані результати в зрозумілому та зручному для зчитування форматі.

Програмно реалізувати метод Fuzzy TOPSIS та модифікацію даного методу, створити зручний та зрозумілий інтерфейс для роботи з системою.

**Практична значимість** результатів полягає в отриманні подальшого розвитку методів та підходів до вирішення багатокритерійних задач, зокрема у модифікації методу Fuzzy TOPSIS для підвищення ефективності прийняття рішень.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### 1.1 Огляд предметної сфери

Інноваційні проєкти являють собою набір дій, що спрямовані на створення та просування нових високотехнологічних продуктів на ринок, що мають обмеження в ресурсах. Зазвичай, як і зазначено в назві такі проєкти характеризуються інноваційними підходами в сфері де вони застосовуються з цілю вирішити проблеми підприємств чи сфер, на які були спрямовані дані проєкти.

В зв'язку з позитивними результатами, які досить часто надають такі інноваційні проєкти, тому їх популярність на необхідність все продовжує зростати. Наприклад є декілька українських сайтів [1, 2], що працюють з інноваційними проєктами. Але для того, щоб інвестори в інноваційні проєкти та учасники не втратили свої залучені кошти необхідно оцінити ефективність інноваційного проєкту при його фінансуванні.

Головними етапами оцінки інноваційних проєктів є:

- експертна оцінка значимості проєктів для глобальних та народногосподарських проєктів;
- визначення показників ефективності з цілю знаходження інвесторів;
- визначення ефективності після розгляду схеми фінансування.

Ще одним важливим фактором при роботі з інноваційними проєктами є ризик. При роботі з проєктами важливо враховувати багато деталей, наприклад такі як неточна чи неповна інформація щодо умов та заходів реалізації проєктів, що і створюють ризик відхилення очікуваних результатів від результатів, що очікувались.

Характеристики за якими оцінюють ризики інвестування в проєкти:

- різниця очікуваних даних та дані отримані в ході реалізації проєкту;
- середній дохід проєкту;
- середньоквадратичне значення відхилення очікуваних даних від значення реалізації проєкту прибутків від середнього значення.

Тому, щоб врахувати всі обговорені критерії доцільним та зручним буде використати такий метод як Fuzzy TOPSIS.

Метод TOPSIS належить до багатокритеріальних методів прийняття рішень [3, 4], ціль якого знаходження оптимальної альтернативи за схожістю до ідеального рішення.

Даний метод був розроблений в 1981 році Чінг-Лай-Хванем та Юном.

Ідея методу Fuzzy TOPSIS полягає в тому ж, що і метод TOPSIS, а саме знаходить для обраної альтернативи не лише найменшу відстань до нечіткого ідеального рішення (FPIS, англ. Fuzzy Positive Ideal Solution), а й також найбільшу відстань до нечіткого негативного ідеального значення (FNIS, англ. Fuzzy Negative Ideal Solution). Проте даний метод розглядає проблему коли експерт, що оцінює критерії та альтернативи не може вказати чітку оцінку (чітке число) і в такому випадку метод Fuzzy TOPSIS надає змогу використати лінгвістичні терміни, що замінюють чіткі числа.

Лінгвістичні терміни – множини, елементи яких зазвичай позначаються як фрази природньої мови або штучної [5]. Лінгвістичні терміни можуть бути перетворені в ряд нечітких чисел таких як трикутні нечіткі числа (рис. 1), трапеційні нечіткі числа (рис. 2) та інші [6].

Лінгвістичні терми	Нечіткі трикутні числа
Very low(VL)	(0.0,0.0,0.1)
Low(L)	(0.0,0.1,0.3)
Medium low(ML)	(0.1,0.3,0.5)
Medium(M)	(0.3,0.5,0.7)
Medium high(MH)	(0.5,0.7,0.9)
High(H)	(0.7,0.9,1.0)
Very high(VH)	(0.9,1.0,1.0)

Рис. 1.1. Трикутні лінгвістичні терміни

Лінгвістичні терми	Нечіткі трикутні числа
Very low(VL)	(0.0,0.0,0.1)
Low(L)	(0.0,0.1,0.3)
Medium low(ML)	(0.1,0.3,0.5)
Medium(M)	(0.3,0.5,0.7)
Medium high(MH)	(0.5,0.7,0.9)
High(H)	(0.7,0.9,1.0)
Very high(VH)	(0.9,1.0,1.0)

Рис. 1.2. Трапеційні нечіткі числа

Метод Fuzzy TOPSIS працює за наступним алгоритмом:

- 1) Оцінювання критеріїв та альтернатив експертами;
- 2) Перетворення ЛТ в нечіткі числа;
- 3) Усереднення оцінок;
- 4) Нормалізація усереднених оцінок;
- 5) Створення зваженої нормованої матриці рішень;
- 6) Розрахунок відстані кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення (FPIS) та нечіткого негативного ідеального рішення (FNIS) за кожним критерієм;
- 7) Розрахування коефіцієнту близькості альтернатив;
- 8) Ранжування альтернатив.

Як видно з алгоритму даний метод не порівнює попарно критерії, що притаманно великій кількості методів в даній сфері, а розраховує кожен критерій окремо.

## 1.2 Аналіз досліджень та публікацій

На сьогоднішній день вже є публікації на схожу тему. Так однією з останніх публікацій за схожою тематикою є публікація 2021 року на тему «Ранжування різних інвестиційних ризиків у високотехнологічних проєктах з використанням методу TOPSIS у нечіткому середовищі на основі лінгвістичних змінних» [7].

Дана публікація розглядає проблему пов'язану з результатами аналізу тенденцій розвитку світової економіки, який показує, що торгівля прямує в бік

високотехнологічної продукції. І зважаючи на це, країни, що виробляють та експортують даний товар матимуть значне зростання в сфері промисловості. Тому інвестування в дані технології є досить вигідним вибором. Але так як, інвестування в таку сферу потребує звертати увагу на ряд важливих факторів, наприклад ризику (виробничий, екологічний, ринковий, технологічний, фінансовий та управління). Тому дане дослідження застосувавши метод нечіткої логіки Fuzzy TOPSIS намагається оцінити інвестиційні ризики. Взавши до уваги оцінки експертів в сфері ризиків, та застосувавши до них СППР за результатами даного дослідження було зроблено заключення, що найбільш впливовим є фінансовий ризик, наступним йде ринковий ризик, потім технологічний ризик, ризик управління, далі виробничий ризик, і останнім є екологічний ризик.

Однією з них є публікація про багатокритеріальне групове прийняття рішень за допомогою модифікованого нечіткої процедури TOPSIS [8]. Так як на сьогодні для знаходження розв'язку поставленої задачі досить часто знаходження лише найкращої альтернативи, тобто значення з найменшою відстанню до позитивного ідеального значення не достатньо, а часто також бажають додатково отримати значення, що додатково є найбільш віддаленим від негативного ідеального значення у даній роботі було розглянуто багатокритеріальну задачу прийняття рішень, в випадку якщо є група осіб, що приймають рішення з застосуванням модифікованого методу Fuzzy TOPSIS.

При розв'язанні поставленої задачі в даному дослідженні були замінені процедури в методі Fuzzy TOPSIS. Зміни торкнулися лінгвістичних змінних, які використовувались ЛПР. В даній модифікації було запропоновано нову міру відстані, що розраховує відстань кожного нечіткого числа від нечіткого позитивного ідеального рішення та нечіткого негативного ідеального рішення.

Ще однією публікацією, де було розглянуто модифікований Fuzzy TOPSIS є публікація «Багатокритеріальне прийняття рішень вибору стипендії з використанням модифікованого нечіткого TOPSIS» [9]. В цій роботі розглядається проблема не оптимізованого вибору студентів для надання стипендії в університеті



Удаяни в Індонезії. Тому було здійснено вибір студентів, що отримуватимуть стипендії з використанням методики нечіткого багатокритерійного прийняття рішень для визначення порядку переваг за схожістю до ідеального значення Fuzzy TOPSIS.

Для досягнення даної цілі в даній публікації було поєднано методи Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM [10]) та Fuzzy TOPSIS. Так як TOPSIS, це метод СППР [11], який обирає найкращу альтернативу не лише за рахунок найкоротшої відстані до позитивного ідеального значення, а й додатково звертає увагу на найбільшу відстань до негативного ідеального значення, це стало головною причиною обрання саме методу Fuzzy TOPSIS для досягнення поставленої мети. В результаті система надаватиме рекомендації щодо типу стипендії студента на основі вказаних характеристик студента, що виступають критеріями системи.

Також публікацією, що розглядає метод Fuzzy TOPSIS є дослідження «Інтегрована і всеосяжна нечітка багатокритеріальна модель для вибору постачальника в цифрових ланцюгах постачання» [12]. Дана публікація розглядає таке питання як створення інтегрованої нечіткої багатокритеріальної моделі для вибору постачальників в цифрових ланцюгах постачання. При реалізації даної моделі було поєднано декілька нечітких методів, таких як Fuzzy BWM [13], Fuzzy MULTIMOORA [14], Fuzzy COPRAS та Fuzzy TOPSIS.

Наприкінці роботи в компанії було застосовано запропонований метод з цілю отримати реальні результати роботи методу. Отримані дані підтвердились, а також було виділено важливі аспекти впливу.

Ще однією публікацією, що розглядає модифікацію обраного метода є «Аналіз режимів нечітких відмов і ефектів за допомогою нечіткого АНР на основі TOPSIS» [15]. Дана публікація спрямована на розгляд проблеми аналізу і наслідків відмов (FMEA [16]), що являє собою часто застосовуваний інженерний метод, що застосовується в проектуванні, виявленні та знищенні можливих збоїв, помилок

роботи системи, певного процесу, дизайну чи служби до моменту коли вони досягнуть клієнта.

При побудові моделі для вирішення поставленої проблеми було поєднано метод схожості з ідеальним рішенням Fuzzy TOPSIS та метод аналітичної ієрархії Fuzzy АНР. Результатами роботи СППР є класифікація пріоритетності режимів відмови системи. Тому проаналізувавши отримані результати визначаються найбільш важливі чи ризиковані можливі системи відмови, які необхідно усунути в першу чергу. Також можна звернути увагу, що дана система враховує важливість різних факторів ризику.

Останньою розглянутою публікацією є стаття «дослідження вибору найкращої системи когенерації з використанням Fuzzy TOPSIS» [17]. В даному дослідженні розглянуто питання когенерації. Так як когенерація представляє собою процес, що надає можливість перетворити енергію з одного типу джерела в два енергетичних продукти, а саме електроенергію та тепло, що в результаті надає можливість зменшити кількість споживаного палива на 10-30%. В результаті чого даний процес почав використовуватись в таких сферах як харчова промисловість, папір, нафтохімія, текстиль в секторі промисловості.

Так як Туреччина є досить популярною країною для відпочинку дана публікація націлена на створення СППР для вибору найкращої когенерації для промислової сфери, а саме готелів Туреччини. В результаті аналізу виявлено декілька найбільш пріоритетних постачальників.

Розглянувши всі вище розглянуті публікації видно, що метод Fuzzy TOPSIS є досить широко використовуваним в багатьох різних сферах. Це показує його реальну корисність в використанні.

### **1.3 Постановка задачі**

**Актуальність** даного дослідження полягає в необхідності якісного оцінювання інноваційних проєктів, які характеризуються різними техніко-економічними обґрунтуваннями і, як правило, для їх впровадження необхідні

значні капіталовкладення. Використання багатокритерійних методів, зокрема модифікованого Fuzzy TOPSIS, дозволить підвищити точність прийняття рішень при виборі оптимального інноваційного проєкту.

**Об'єктом** дослідження є оцінювання інноваційних проєктів.

**Предметом** дослідження є багатокритерійні методи прийняття рішень, зокрема модифікований Fuzzy TOPSIS для вибору оптимального інноваційного проєкту.

**Метою роботи** є вибір оптимального інноваційного проєкту за рахунок використання розробленого програмного застосунку на основі модифікованого методу Fuzzy TOPSIS, який призначений допомогти користувачам в прийнятті оптимальних рішень, полегшити процес оцінювання інноваційних проєктів та дослідити вплив параметрів зазначеного методу на результат.

Для вирішення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- огляд сучасного стану задачі оцінювання та вибору інноваційних проєктів;
- аналіз останніх досліджень та публікацій;
- огляд методів багатокритерійного прийняття рішень;
- модифікація методу Fuzzy TOPSIS, моделювання та аналіз експертних оцінок інноваційних проєктів за визначеними критеріями;
- програмна реалізація системи оцінювання та вибору оптимального інноваційного проєкту.

**Практична значимість** результатів полягає в отриманні подальшого розвитку методів та підходів до вирішення багатокритерійних задач, зокрема у модифікації методу Fuzzy TOPSIS для підвищення ефективності прийняття рішень.

## **Висновки до розділу 1**

В ході виконання кваліфікаційної роботи першим кроком було визначено головну мету дослідження, об'єкт та предмет дослідження роботи.

Здійснено огляд предметної сфери, розглянуто необхідність та актуальність даної роботи. Розглянуто обраний метод, його характеристику та деталі.

Окрім цього було розглянуто та проаналізовано проблему даної роботи, виділено задачі, які необхідно вирішити. А саме проаналізувати метод Fuzzy TOPSIS, створити модифікацію даного методу шляхом отримання результатів з використанням різних методів визначення коефіцієнтів близькості, таких як Евклідова, Хеммінга та Чебишева. Також додатково задіяти різні типи нечітких чисел. Наприклад нечітке трикутне число, нечітке трапеційне число та нечітке гаусівське число.

Додатково було знайдено та проаналізовано дослідження та публікації за схожою тематикою. Ще одним кроком стало огляд предметної сфери.

## 2 МЕТОДИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

### 2.1 Методи багатокритерійного прийняття рішень

Маючи проблему, що включає множину альтернатив та множину критеріїв гарним вибором для вирішення задачі даного типу є багатокритерійні методи прийняття рішень. Так як, кожне рішення оцінюється за багатьма критеріями, то з'являється необхідність поєднання отриманих оцінок декількох критеріїв.

Головна ціль багатокритеріальних методів прийняття рішень – ранжування чи вибір пріоритету серед альтернатив одночасним врахуванням всіх критеріїв.

Також багатокритерійні методи прийняття рішень розглядають можливість зменшення рівня впливу упереджень зі сторони осіб, що приймають рішення, які можуть занадто покладатись на своє відчуття. Окрім зменшення рівня впливу осіб, дані методи додатково зменшують рівень впливу групових помилок при прийнятті рішень. В результаті створивши зв'язок між критеріями та встановивши ваги структурованим чином, результат роботи методів багатокритерійного прийняття рішень є більш «прозорим».

Методи багатокритерійного прийняття рішень (multi-criteria decision making - MCDM) мають декілька основних елементів:

- критерії, за якими здійснюється порівняння та оцінення альтернатив;
- альтернативи, які оцінюються, а також які повинні бути ранжовані, або ж обраний оптимальний варіант серед них;
- експерти, що приймають рішення/дають оцінки чи інші особи, чії оцінки мають бути застосовані;
- ваги, що відображають відносну важливість критеріїв.

Критерії можуть бути представленими кількісними або якісними.

Модель роботи простої MCDM можна описати декількома кроками:

- 1) Маючи набір альтернатив, необхідно обрати набір критеріїв, за якими будуть оцінюватись альтернативи;

2) Визначити ваги критеріїв, що відображатимуть їх важливість при прийнятті рішень;

3) Оцінити альтернативи за обраними критеріями.

Вперше підхід MCDM був згаданий в роботі Бенджаміна Франкліна в 1772 році [18]. Даний підхід відрізнявся від звичного на сьогодні. Перший підхід MCDM взаємодіяв лише з 2 альтернативами, які могли бути оцінені «За» або «Проти» відносно іншої альтернативи. Після чого йшло послідовне зважування для визначення оптимальної альтернативи. Як видно з вище описаних даних поточний метод є простим, а також ефективним у випадку з двома задіяними альтернативами, але він не підходить для задач, що мають більш ніж дві альтернативи.

Далі в 1993 році Ральф Кіні та Говард Райфф видали книгу «Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs» [19]. В даній роботі автори описали нові методи, з використанням яких можна здійснити вибір більше ніж між 2 альтернативами, а також з участю декількох експертів/ЛПР.

Досить часто трапляються ситуації, в яких ЛПР не може дати чітку оцінку певному аспекту, або ж для підвищення рівня керування складними системами прийняття рішень, що так чи інакше пов'язані з певною невизначеністю доцільно використати нечіткий оцінку. Нечіткий аналіз - метод для вирішення задач, що пов'язаний з невизначеністю. На сьогодні нечіткий аналіз застосовується в багатьох сферах, наприклад машинобудівництві, супутниках та літаках, .

В 1979 році Стенлі Зіонтс ввів абревіатуру MCDM в використання.

Пізніше в 2011 році автори Коксалан, Валленіус та Зіонтс випустили книгу, що детально описує історію розвитку багатокритерійних методів прийняття рішень [20].

Процес MCDM складається з етапів:

1) Структурування та визначення проблеми прийняття рішень (визначення альтернатив та ЛПР);

2) Визначення критеріїв (визначення критеріїв, за якими експерти/ЛПР приймають рішення);

- 3) Визначення якості ефективності альтернатив (визначення ефективності альтернатив по всім критеріям);
- 4) Оцінювання альтернатив по критеріям (перетворення попередньо визначених показників ефективності в бали);
- 5) Зважування критеріїв (визначення ваги критеріїв, що відображатимуть їх важливість при прийнятті рішень);
- 6) Визначення результируючих оцінок альтернатив (оцінки альтернатив по критеріям множаться на вагу критеріїв, після чого підсумовуються в результируючі оцінки);
- 7) Ранжування альтернатив (ранжування альтернатив за результируючими даними);
- 8) Підтримка прийняття рішень (надання вихідних даних в вигляді таблиць, графіків чи іншим чином для перегляду ЛПР).

На першому етапі формується проблема прийняття рішень та структурується, шляхом визначення альтернатив та осіб, що приймають рішення. Також необхідно визначити ціль даного розрахунку, а також звернути увагу на очікувані результати.

Під очікуваними результатами мається на увазі вихідні дані. Так наприклад вихідні дані можуть бути ранжовані або обрано найкращий варіант.

Другий етап призначений для визначення критеріїв. Здійснюється набір критеріїв, які ЛПР вважають важливими чи актуальними для вирішення поставленої задачі. Варто зазначити, що при створенні набору критеріїв необхідно уникнути дублювання/додавання критеріїв, що є схожими чи близькими за значенням. Також необхідно уникати додавання критеріїв, що навпаки є далекими від теми дослідження, так як дані дії зменшуватимуть точність розрахунків методів.

Також важливим елементом при роботі з критеріями є їх структурна незалежність, тобто оцінка за критерієм не повинна залежати від оцінок по іншим критеріям.

На третьому етапі здійснюється оцінювання ефективності альтернатив відносно кожного критерію експертами. Зазвичай дані ефективності альтернатив

відображаються в вигляді таблиці (матриці ефективності). В даній таблиці кожен рядок відображає альтернативу, а стовпчик – критерій.

При такому відображенні даних, у випадку якщо одна з альтернатив по всім критеріям переважає інші, ЛПР може швидко прийняти рішення без необхідності застосовувати розрахунки. Проте все ж частіше така можливість відсутня і саме тому застосовуються дані методи.

Також методи багатокритеріального пошуку рішень можуть включати як кількісні дані так якісні дані.

Етапи чотири, п'ять та шість можна поєднати, так як вони мають одну задачу, а саме розрахувати дані. Зазвичай дані етапи виконуються послідовно.

При оцінці альтернатив зазвичай ефективність альтернатив конвертується в числову оцінку. Після чого оцінки нормуються. Зазвичай нормування відбувається в шкалу від нуля до одиниці.

Після чого відбувається зважування критеріїв, тобто визначення їх ваг, що відображає їх важливість. Ваги нормуються зазвичай також в шкалу від нуля до одиниці. Дані дії призначені для збільшення рівня довіри та надійності даних.

Далі отримав оцінки альтернатив та зважені ваги розраховуються результуючі оцінки шляхом множення оцінок альтернатив по критеріям на ваги критеріїв, після чого отримані дані підсумовуються.

На цьому етапі відбувається ранжування альтернатив за отриманими результатами розрахунків. Також в залежності від цілей замість ранжування може бути здійснений вибір оптимальної альтернативи.

На останньому етапі результати отримані з застосуванням методів багатокритеріального пошуку рішень представляються в вигляді таблиць, графіків чи інших можливих наданих варіантів візуалізації.

Також працюючи з нечіткими вихідними даними важливо здійснити аналіз чутливості для впевненості в стійкості результатів.

Проте варто не забувати, що MCDM є системою підтримки прийняття рішень, тому необхідно розуміти, що особи, що приймають рішення повинні



розуміти та вміти аналізувати надані результати включаючи можливі виключання чи обмеження. Тому MCDM слугують для інформування та пояснення про можливі оптимальні рішення для підтримки ЛПП в виборі найкращого рішення для них.

Щодо лінгвістичних змінних, то сама концепція лінгвістичної змінної була презентована Заде в 1970 році [21]. Лінгвістичні змінні надають можливість використовувати слова замість чисел для обчислення. Таким чином, лінгвістичні терміни(ЛТ), часто використовуються в задачах теорії прийняття рішень для моделювання невизначеної інформації.

Прикладом методів багатокритеріального прийняття рішень можна назвати Fuzzy ARAS, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy COPRAS, Fuzzy VIKOR, Fuzzy AHP, Fuzzy PROMETHEE [22], Fuzzy ELECTRE [23], Fuzzy SAW [24]. Далі описано декілька з вище визначених методів.

### **2.1.1 Fuzzy ARAS**

Fuzzy ARAS (англ. Additive Ratio Assessment) - Оцінка адитивного коефіцієнту - нова методологія, що була презентована Завадскасом та Турскісом в 2010р [25]. Даний метод спрямований допомагати ЛПП оцінювати ефективність альтернатив, а також додатково співвідношення кожної альтернативи до ідеальної альтернативи.

Метод ARAS націлений на вибір оптимальної альтернативи на основі декількох критеріїв. Ранжування альтернатив визначено шляхом розрахунку ступеня корисності кожної з альтернативи.

Ступенем оптимальності альтернативи вважається відношення суми нормованих та зважених балів критеріїв альтернативи, що розглядається до суми нормованих та зважених балів критеріїв оптимальної альтернативи.

Метод Fuzzy ARAS порівнює значення функції корисності кожної альтернативи зі значенням оптимальної функції корисності.

Метод Fuzzy ARAS складається з наступних етапів:

Перший етап – визначення лінгвістичних термів для ваг критеріїв та значення важливості.

Другий етап - перетворення лінгвістичних термів в трикутні нечіткі числа.

Для цього застосовуються наступні формули:

$$\tilde{x} = [(l, l'), m, (u', u)], \quad (2.1)$$

$$l = \min_k(l^k), \quad (2.2)$$

$$l' = (\prod_{k=1}^K l^k)^{1/K}, \quad (2.3)$$

$$m = (\prod_{k=1}^K m^k)^{1/K}, \quad (2.4)$$

$$u' = (\prod_{k=1}^K u^k)^{1/K}, \quad (2.5)$$

$$u = \max_k(u^k). \quad (2.6)$$

де  $\tilde{x}$  – нечітке трикутне число;

$l$  – перше число нечіткого трикутного числа;

$m$  – друге число трикутного нечіткого числа;

$u$  – третє число трикутного нечіткого числа;

$K$  – кількість експертів.

Таким же чином створюється матриця з нечіткими трикутними числами оцінок експертів по альтернативам.

Третій етап - формування нечіткої матриці прийняття рішень. У задачах багатокритерійності будь-яка проблема, яку потрібно вирішити, представлена наступною матрицею переваг, для  $m$  альтернатив (рядків), оцінених за  $n$  критеріями (стовпці):

$$X = \begin{bmatrix} X_{01} & X_{02} & \cdots & X_{0n} \\ X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{0n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix}, i = 0, 1, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.7)$$

де  $m$  - кількість альтернатив;

$n$  - кількість критеріїв, що описують кожну альтернативу;

$x_{ij}$  - нечітке значення, що представляє значення корисності критеріїв і оцінки альтернатив.

Ваги критеріїв визначаються експертами.

Для уникнення можливих труднощів, що можуть бути спричинені різними розмірами критеріїв, зазвичай використовують відношення до оптимального значення. Зазвичай для цього дані відображають на інтервалі [0; 1].

Четвертий етап – визначається оптимальне значення важливості для кожного критерію. Для цього застосовується формула 7.

$$x_{0j} = \begin{cases} \max_i x_{ij}; & j \in \Omega_{max} \\ \min_i x_{ij}; & j \in \Omega_{min} \end{cases}, \quad (2.8)$$

де  $x_{0j}$  – оптимальне значення важливості по  $j$  критеріях;

$\Omega_{max}$  – критерії вигоди;

$\Omega_{min}$  – критерії витрат.

П'ятий етап - Нормалізація матриці рішень.

Критерії, переважними значеннями яких є максимуми, нормуються наступною формулою:

$$x_{ij}^- = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}, \quad (2.9)$$

В свою чергу критерії, бажаними значеннями яких є мінімуми, нормуються шляхом застосування двоступеневої процедури:

$$x_{ij}^- = \frac{1}{x_{ij}^*}; \quad x_{ij}^- = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}, \quad (2.10)$$

$$\bar{r}_{ij} = \left[ \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{a'_{ij}}{c_j^+} \right), \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \left( \frac{b'_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \right], \quad (2.11)$$

де  $\tilde{r}_{ij}$  - являє собою нормовану нечіткий оцінку альтернативи  $i$  щодо критерію  $j$ ;

$$c_j^+ = \sum_{i=0}^m c_{ij}.$$

Шостий етап - визначення нормованої зваженої матриці. Так як гирі завжди є суб'єктивними та великою мірою впливають на рішення варто використовувати лише обґрунтовані ваги. Значення ваги  $w_j$  визначають методом експертної оцінки. Сума ваг  $w_j$  буде обмежується наступним чином:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad (2.12)$$

Нормовані зважені значення всіх критеріїв розраховуються наступним чином:

$$\hat{x}_{ij} = x_{ij}^- w_j, \quad (2.13)$$

де  $w_j$  - вага (важливість) критерію  $j$ ;

$x_{ij}$  - нормований значення критерію  $j$ .

Сьомий етап – визначення загальної оцінки оптимальності за формулою:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}, \quad (2.14)$$

де  $S_i$  - значення функції оптимальності  $i$ -ї альтернативи. Чим більше значення функції оптимальності, тим ефективнішою є альтернатива.

Восьмий етап – перетворення нечітких чисел в чіткі/дефазифікація:

$$S_i^{def} = \frac{l+l'+m+u'+u}{5}, \quad (2.15)$$

$$Q_i = \frac{S_i^{def}}{S_0}, \quad (2.16)$$

де  $S_i$  і  $S_0$  - оптимальні значення критерію, отримані з рівняння (2.15). Обчислені значення знаходяться в інтервалі  $[0; 1]$  і можна бути впорядковані у зростаючій послідовності.

Підсумовуючи, можна сказати, цілю методу ARAS є визначення показника корисності альтернативи, який визначається шляхом порівняння з ідеальною альтернативою. Даний метод є простим в реалізації проте досить точним. Мінусом даного методу є відсутність урахування взаємозалежності критеріїв.

### 2.1.2 Fuzzy АНР

Fuzzy АНР (англ. Analytic Hierarchy Process) - нечіткий аналітичний ієрархічний процес. Даний метод відноситься до методів АНР був створений Сааті в 1980р [26]. А в 1985 році Баклі застосував нечітку теорію до методу АНР в результаті чого виник нечіткий Fuzzy АНР [27, 28].

Даний метод знаходження нечітких ваг базується на прямій фазифікації методу Сааті. Даний метод застосовує порівняння критеріїв попарно з визначеною шкалою вимірювання для знаходження критеріїв пріоритету. Головними вхідними даними в методі Fuzzy АНР є оцінки експертів. Даний факт створює елемент суб'єктивності при прийнятті рішень. Додатково великим плюсом даного методу є врахування достовірності даних з межами невідповідності [29]. Але все ж значна невизначеність в оцінці можуть значною мірою вплинути на точність результатів. З врахуванням всіх вище зазначених елементів було створено метод нечіткого аналітичного процесу.

Метод Fuzzy АНР складається з наступних етапів:

Перший етап – Експерти порівнюють критерії або альтернативи використовуючи лінгвістичні терми. При цьому, наприклад якщо експерт високо оцінює перший критерій відносно другого, то оцінка в матриці порівняння для другого критерія відносно першого критерію буде низька. При порівнянні створюється матриця порівнянь.

Другий етап – у випадку, коли кількість осіб, що приймають рішення більше одного, тоді здійснюється усереднення оцінок.

$$\widetilde{d}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K d_{ij}}{K}, \quad (2.17)$$

Третій етап – розрахунок середнього геометричного значення нечіткого порівняння кожного критерію.

$$\widetilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \widetilde{d}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (2.18)$$

Четвертий етап – знаходження нечітких ваг кожного критерію використовуючи наступні 3 підкроки.

Частина 4.а: розрахунок вектору суми кожного середнього геометричного  $\widetilde{r}_i$  за допомогою формули:

$$s\widetilde{r} = (\widetilde{r}_1 + \widetilde{r}_2 + \dots + \widetilde{r}_n), \quad (2.19)$$

Частина 4.б: Знаходження матриці інверсії  $(s\widetilde{r})^{-1}$ . Для цього застосовується формула:

$$is\widetilde{r} = s\widetilde{r}^{-1} = (\widetilde{r}_1 + \widetilde{r}_2 + \dots + \widetilde{r}_n)^{-1}, \quad (2.20)$$

Частина 4.в: розрахунок відносної нечіткої ваги кожного критерію. Для даного розрахунку використовується формула:

$$\widetilde{w}_i = \widetilde{r}_i \otimes is\widetilde{r} = (l\widetilde{w}_i, m\widetilde{w}_i, r\widetilde{w}_i), \quad (2.21)$$

П'ятий етап – дефазифікація. Для дефазифікації в даному методі застосовується метод центру площі, що був запропонований в 2008 році Чангом та Чоу [30].

$$M_i = \frac{l\tilde{w}_i \oplus m\tilde{w}_i \oplus r\tilde{w}_i}{3}, \quad (2.22)$$

Шостий етап – останнім етапом є нормалізація ваг критеріїв, що були дефазифіковані на попередньому кроці. Для нормалізації застосовується формула:

$$f_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (2.23)$$

Основною метою методу Fuzzy АНР є визначення оптимальної альтернативи шляхом попарного порівняння важливості критеріїв. Також важливим плюсом даного методу є виявлення суперечливих суджень, що значною мірою залежать від ваг критеріїв.

Недоліком даного методу можна виокремити, що метод Fuzzy АНР працює тільки з позитивною взаємною матрицею (2 – 1/2; 8 – 1/8).

### 2.1.3 Fuzzy COPRAS

Fuzzy COPRAS (Complex Proportional Assessment) – багатокритеріальний метод прийняття рішень. Є досить популярним та часто використовуваним методом. Метод COPRAS був представлений Завадскасом та Каклаускасом в 1996р [31].

Даний метод шукає рішення, що є найближчим до найкращого рішення. Даний метод розглядає пряму та пропорційну залежність рівня корисності та важливості від критеріїв, що описують альтернативи, а також від ваг критеріїв [32].

Метод Fuzzy COPRAS функціонує за наступною схемою:

Перший етап – визначення оцінок критеріїв та альтернатив. При оцінці ваги критеріїв та оцінці альтернатив використовуються лінгвістичні терми.

Другий етап – побудова нечіткості матриці рішень. Дана матриця є аналогічною прикладу матриці, що відображена в формулі (23). А критерії конвертуються як це показано в формулі (24).

$$\bar{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} & A_1 \\ & A_2 \\ & \vdots \\ & A_m \end{matrix}, \quad (2.24)$$

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n), \quad (2.25)$$

Третій етап – дефазифікація нечіткої матриці рішень та нечітких ваг критеріїв. Для дефазифікації застосовується метод центру площі. Даний метод дефазифікації є простим тому є часто використовуваним. Для цього застосовують формулу:

$$BNP_i = \frac{[(\tilde{UR}_i - \tilde{LR}_i) + (\tilde{MR}_i - \tilde{LR}_i)]}{3} + \tilde{LR}_i, \quad (2.26)$$

де  $\tilde{R}_i = (\tilde{LR}_i, \tilde{MR}_i, \tilde{UR}_i)$  – нечітке трикутне число.

Четвертий етап – нормалізація дефазифікованої матриці рішень. Для нормалізації застосовано формулу:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.27)$$

В результаті роботи четвертого етапу отримана нормована матриця рішень. Приклад отриманої матриці формула:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1m} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{n1} & \bar{x}_{n1} & \dots & \bar{x}_{nm} \end{bmatrix}, \quad (2.28)$$



П'ятий етап – розрахунок зваженої нормованої матриці рішень. Матриця розраховується за допомогою формули:

$$\hat{X}_{ij} = \bar{X}_{ij} \cdot \bar{W}_j, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.2)$$

Шостий етап – розрахунок суми критеріїв. Індокси базується на перевагах, тобто спрямований на максимізацію. Тобто більші значення мають пріоритет для кожної з альтернатив. Застосовується формула:

$$P_i = \sum_{j=1}^K \hat{X}_{ij}, \quad (2.30)$$

де  $K$  – кількість критеріїв, які повинні були максимізовані.

Сьомий етап – розрахунок суми критеріїв. Індокси базується на витратах, тобто спрямований на мінімізацію. Тобто менші значення мають пріоритет для кожної з альтернатив. Застосовується формула:

$$R_i = \sum_{j=k+1}^n \hat{X}_{ij}, \quad (2.31)$$

де  $(n-k)$  – номер критерію, що повинен бути мінімізований.

Восьмий етап – знаходження мінімального значення  $R_i$ . Для знаходження мінімального значення застосовується формула:

$$R_{min} = \min_i R_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2.32)$$

Дев'ятий етап – розрахунок відносної ваги альтернатив. Для знаходження застосовано формулу:

$$Q_i = P_i + \frac{R_{min} \cdot \sum_{i=1}^m R_i}{R_i \cdot \sum_{i=1}^m \frac{R_{min}}{R_i}}, \quad (2.33)$$

Десятий етап – знаходження критерію оптимальності. Формула:

$$Q_{max} = \max_i Q_i, i = 1, 2, \dots, m, \quad (2.34)$$

Одинадцятий етап – знаходження ступеня корисності альтернатив та їх пріоритет. При пошуку ступеня корисності отримана вага порівнюється з  $Q_i$ . Для пошуку ступеня корисності застосовано формулу:

$$N_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} 100\%, i = 1, 2, \dots, m, \quad (2.35)$$

Перевагою методу Fuzzy COPRAS є можливість розрахунку ступеня корисності при застосуванні максимізації та мінімізації значень. В той же час недоліком є менша стабільність методу при зміні даних в порівнянні з методом TOPSIS. Також є чутливим навіть до незначних змін у даних.

#### 2.1.4 Fuzzy VIKOR

Fuzzy VIKOR – багатокритерійна оптимізація та методи компромісного рішення. Метод VIKOR відноситься до багатокритерійних методів прийняття рішень. Даний метод був представлений Опрічовичем в 1998р. [33] та в 2005р. [34].

Даний метод полягає у визначення компромісного рішення та найкращого рішення серед всіх альтернатив. Компромісне рішення представляє собою порівняння коефіцієнта близькості до ідеальної альтернативи. Також кожна альтернатива оцінюється за всіма функціями критеріїв.

За дослідженнями Ценга, Лина та Опрічовича цілю методу VIKOR є вирішення задач багатокритеріального прийняття рішень, що мають різні одиниці виміру оцінок або критерії, що конфлікують між собою шляхом пошуку

компромiсного рiшення. Компромiсне рiшення являє собою iндекс ранжування, що вiдображає близькiсть до iдеального рiшення та вигоди, що визначається шляхом взаємних поступок.

Етапи роботи методу VIKOR:

Перший етап – визначення лiнгвiстичних змiнних для оцiнки альтернатив та критерiїв.

Другий етап – визначення ваг критерiїв. Визначення ваг вiдбувається за допомогою формули:

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n), j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.36)$$

де  $\tilde{w}_j$  – вага  $j$  критерiю;

$n$  – кiлькiсть критерiїв.

Третiй етап – агрегацiя ваг критерiїв. Застосовується формули:

$$\tilde{w}_j^k = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}), \quad (2.37)$$

$$w_{j1} = \min\{w_{jk1}\}, \quad (2.38)$$

$$w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}, \quad (2.39)$$

$$w_{j3} = \max\{w_{jk3}\}, \quad (2.40)$$

де  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Четвертий етап – побудова матрицi нечiтких рiшень.

$$\bar{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} & A_1 \\ & A_2 \\ & \vdots \\ & A_m \end{matrix}, \quad (2.41)$$

Агрегація оцінок альтернатив  $\tilde{f}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  розраховується аналогічно формулам (37) - (39).

П'ятий етап – визначення ідеального рішення  $f_i^* = (a_i^*, b_i^*, c_i^*)$  та найгіршого рішення  $f_i^\circ = (a_i^\circ, b_i^\circ, c_i^\circ)$ . Застосовуються формули:

$$\tilde{f}_i^* = \max_j \tilde{f}_{ij}, \tilde{f}_i^\circ = \min_j \tilde{f}_{ij}, \text{ for } i \in B, \quad (2.42)$$

$$\tilde{f}_i^* = \min_j \tilde{f}_{ij}, \tilde{f}_i^\circ = \max_j \tilde{f}_{ij}, \text{ for } i \in C, \quad (2.43)$$

де B – критерія вигоди;

C – критерія витрат.

Шостий етап – нормалізація нечіткої різниці. Застосовується:

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{(\tilde{f}_i^* - \tilde{f}_{ij})}{(c_i^* - a_i)}, \text{ for } i \in B, \quad (2.44)$$

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{(\tilde{f}_{ij} - \tilde{f}_i^\circ)}{(c_i^\circ - a_i^*)}, \text{ for } i \in C, \quad (2.45)$$

де B – критерія вигоди;

C – критерія витрат.

Сьомий етап – обчислюються значення відстані від нечіткого найкращого значення  $\tilde{S}_j$  та нечіткого найгіршого значення  $\tilde{R}_j$ . Для розрахунку застосовуються формули:

$$\tilde{S}_j = \sum_{i=1}^n (\tilde{w}_j \otimes \tilde{d}_{ij}), \quad (2.46)$$

$$\tilde{R}_j = \max_i (\tilde{w}_j \otimes \tilde{d}_{ij}), \quad (2.47)$$

Восьмий етап – знаходження значення  $\tilde{Q}_j$ . Формула:

$$\tilde{Q}_j = v \frac{\tilde{S}_j - \tilde{S}^*}{S^{oc} - S^{*a}} + (1 - v) \frac{\tilde{R}_j - \tilde{R}^*}{R^{oc} - R^{*a}}, \quad (2.48)$$

де  $\tilde{S}^* = \min_j \tilde{S}_j$ ;

$S^{oc} = \max_j S_j^c$ ;

$\tilde{R}^* = \min_j \tilde{R}_j$ ;

$R^{oc} = \max_j R_j^c$ ;

$v$  відображає вагу для ( $\tilde{S}_j$ ) – стратегії більшості критеріїв;

$(1-v)$  – вага ( $\tilde{R}_j$ ) індивідуальної шкоди.

Дев'ятий етап – дефазифікація значень  $\tilde{S}_j$ ,  $\tilde{R}_j$ ,  $\tilde{Q}_j$ . Для дефазифікації застосовано метод центру площі, формула (23).

Десятий етап – ранжування отриманих результатів. Створюється три списки ранжованих даних для кожної зі змінних ( $\tilde{S}_j$ ,  $\tilde{R}_j$ ,  $\tilde{Q}_j$ ). Змінна  $\tilde{Q}_j$  відображає відстань до найкращої альтернативи, відповідно чим менше значення тим більш пріоритетною є альтернатива.

Одинадцятий етап – надання компромісного рішення оптимальної альтернативи. Для цього необхідно перевірити дві умови:

Перша умова: прийнятний рівень переваги. Перевірка рівня прийнятності переваги:

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ.$$

$DQ = 1/(n-1)$ , де  $n$  – кількість можливих альтернатив.

Друга умова: прийнятний рівень стабільності при прийнятті рішень. Найкраща альтернатива ( $A^{(1)}$ ) повинна також мати найвищий рейтинг  $S$  та  $R$ .

У випадку якщо одна з вище вказаних умов не виконується, додатково надається набір з компромісними рішеннями.

Умови компромісного рішення:

1) Якщо не виконується умова 2 – найкращі альтернативи  $A^{(1)}$  та  $A^{(2)}$ ;

2) Якщо не виконується умова 1 – найкращі альтернативи  $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(M)}$ .  $A^{(M)}$  розраховується як  $Q(A^{(M)}) - Q(A^{(1)}) < DQ$ , при максимальному  $M$  (позиції альтернатив знаходяться максимально близько).

Мета методу Fuzzy VIKOR полягає в пошуку компромісного рішення. Тобто в випадку якщо ЛПР має можливість обрати декілька альтернатив. Також даний метод є простим в використанні.

Недоліком же даного методу є сам компроміс між песимістичним рішенням та очікуваним рішенням.

### 2.1.5 Fuzzy TOPSIS

Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) – техніка переваги корисності за схожістю до ідеального рішення. Даний метод належить до багатокритеріальних методів прийняття рішень. Призначення даного методу полягає в пошуку найкращого рішення/альтернативи, що є найбільш близькою до ідеального рішення.

Метод TOPSIS був розроблений Чінг-Лай-Хванем та Юном [35] в 1981 році. Також був розглянутий Юном в 1987р [36].

Головною ідеєю методу Fuzzy TOPSIS є пошук найкращої альтернативи, що має не лише найменшу відстань до нечіткого ідеального рішення (FPIS), а й також найбільшу відстань до нечіткого негативного ідеального значення (FNIS). Ідеальне рішення FPIS – складається з найкращих значень всіх альтернатив, в негативне ідеальне рішення FNIS – відповідно з найгірших значень серед усіх альтернатив.

Даний метод розраховується за наступним алгоритмом:

Перший крок – Оцінка критеріїв та альтернатив. На даному етапі експерти оцінюють критерії та альтернативи. Після чого відбувається перетворення оцінок в нечіткі числа [37]. В результаті перетворення в нечіткі числа, ваги критеріїв набувають трикутної форми типу  $W_i^k = (w_{i1}^k, w_{i2}^k, w_{i3}^k)$ , а оцінки альтернатив -  $A_{ij}^k = (a_{1ij}^k, a_{2ij}^k, a_{3ij}^k)$ , де  $i$  – критерія,  $j$  – альтернатива та  $k$  – експерт.

Другий крок – розрахунок усереднених значень альтернатив та ваг критеріїв. Для розрахунку усереднених значень альтернатив та ваг критеріїв застосовуються відповідно формули:

$$W_i = \frac{1}{k} \otimes (w_i^1 \oplus w_i^2 \oplus \dots \oplus w_i^k), \quad (2.49)$$

$$A_{ij} = \frac{1}{k} \otimes (a_{ij}^1 \oplus a_{ij}^2 \oplus \dots \oplus a_{ij}^k), \quad (2.50)$$

Третій крок – нормування усереднених значень альтернатив. Для нормування застосовується формула:

$$R_{ij} = \frac{A_{ij}}{\max_i A_{ij}}, \quad (2.51)$$

Четвертий крок – побудова зваженої нормованої матриці. Для розрахунку зважених нормованих значень застосовується формула:

$$S_{ij} = W_i \otimes R_{ij}, \quad (2.52)$$

П'ятий крок – знаходження нечіткого ідеального рішення FPIS та нечіткого негативного ідеального рішення FNIS. FPIS та FNIS розраховуються за формулами:

$$DS^+ = \{ds_1^+, ds_2^+, \dots, ds_n^+\}, \quad (2.53)$$

$$DS^- = \{ds_1^-, ds_2^-, \dots, ds_n^-\}, \quad (2.54)$$

$$\text{де } ds_j^+ = \max_i \{S_{ij}\};$$

$$ds_j^- = \min_i \{S_{ij}\}.$$

Шостий крок – визначення відстані кожної з альтернатив до FPIS та FNIS за кожним критерієм.

$$d_i^+ = d(S_{ij}, DS^+) = \sqrt{\frac{1}{3} [(S_{ij1} - DS_1^+) + (S_{ij2} - DS_2^+) + (S_{ij} - DS_3^+)]}, \quad (2.55)$$

$$d_i^- = d(S_{ij}, DS^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(S_{ij1} - DS_1^-) + (S_{ij2} - DS_2^-) + (S_{ij} - DS_3^-)]}, \quad (2.56)$$

Сьомий крок – визначення коефіцієнтів близькості для кожної альтернативи за формулою:

$$CC_i = \frac{\sum_{i=1}^j d_i^-}{(\sum_{i=1}^j d_i^+ + \sum_{i=1}^j d_i^-)}, \quad (2.57)$$

Метод Fuzzy TOPSIS перш за все є простим в реалізації, також метод TOPSIS досить часто використовується при вирішенні реальних проблем. Додатково даний метод надає можливість працювати з великою кількістю критеріїв та альтернатив. Крім цього Fuzzy TOPSIS застосовує концепцію «близькості до ідеального рішення» і більше того ще й враховує відстань до ідеального негативного рішення. Недоліком методу є відсутність перевірки вірності судження.

## 2.2 Використання методів розрахунку відстаней

Після огляду та порівняння методів багатокритерійного прийняття рішень для подальшої роботи обрано метод Fuzzy TOPSIS. Після чого розглянуто можливість модифікації даного методу. Вирішено здійснити модифікацію з застосуванням інших методів розрахунку відстаней.

Тому було обрано декілька відстаней, а саме:

- відстань Евкліда;
- відстань Хеммінга;
- відстань Чебишева.

Евклідова відстань розраховується за формулою:



$$d(a, b) = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}, \quad (2.58)$$

Відстань Хеммінга розраховується за формулою:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|, \quad (2.59)$$

Відстань Чебишева розраховується за формулою:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|, \quad (2.60)$$

## Висновки до розділу 2

В даному розділі було розглянуто багатокритерійні методи прийняття рішень та ситуації де вони можуть бути застосовані.

Розглянуто головну мету багатокритеріальних методів прийняття рішень, що являє собою ранжування чи вибір пріоритету серед альтернатив одночасним врахуванням всіх критеріїв.

Також багатокритерійні методи прийняття рішень розглядають можливість зменшення рівня впливу упереджень зі сторони осіб, що приймають рішення, які можуть занадто покладатись на своє відчуття. Окрім зменшення рівня впливу осіб, дані методи додатково зменшують рівень впливу групових помилок при прийнятті рішень.

MCDM мають 4 декілька основних елементів: критерії, за якими здійснюється порівняння та оцінення альтернатив; альтернативи, які оцінюються, а також які повинні бути ранжовані, або ж обраний оптимальний варіант серед них; експерти, що приймають рішення/дають оцінки чи інші особи, чий оцінки мають бути застосовані; ваги, що відображають відносну важливість критеріїв.

Також було розглянуто декілька прикладів методів багатокритеріального прийняття рішень. Серед них було розглянуто такі методи як Fuzzy ARAS, що здійснює пошук оптимальної альтернативи за ступенем корисності; метод Fuzzy АНР здійснює пошук критеріїв пріоритету здійснивши попарне порівняння критеріїв зі шкалою ваг критеріїв; метод Fuzzy COPRAS обирає найкращу альтернативу, що є найбільш близькою до оптимальною альтернативи розглянувши залежність рівня важливості від критеріїв, що їх описують; метод Fuzzy VIKOR визначає компромісне рішення та найкраще рішення серед всіх альтернатив; метод Fuzzy TOPSIS здійснює пошук найкращої альтернативи, що має не лише найменшу відстань до нечіткого ідеального рішення(FPIS), а й також найбільшу відстань до нечіткого негативного ідеального значення.

Розглянувши цілі, що вирішують дані методи, а також їх переваги та недоліки для подальшої роботи було обрано метод Fuzzy TOPSIS так як він не лише здійснює пошук найкращого рішення, що є максимально близьким до ідеального, а й також максимально далеким від найгіршим.

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1 Моделювання та реалізація методу Fuzzy TOPSIS

При реалізації обраного методу Fuzzy TOPSIS на кожному кроці методу збирались дані розрахунків. Так першим кроком було визначено лінгвістичні терми для критеріїв (табл. 3.1) та альтернатив (табл. 3.2).

Таблиця 3.1

#### Шкала перетворення лінгвістичних термінів, що оцінюють критерії

Лінгвістичні терми для критеріїв			
Лінгвістичні терми	Нечіткі трикутні числа	Нечіткі трапеційні числа	Нечіткі гаусівські числа
Very low (VL)	(0.0,0.0,0.1)	(0.0, 0.0, 0.01667, 0.15)	([0, 0.3], 0, 0.07, 0.01)
Low (L)	(0.0,0.1,0.3)	(0.01667, 0.15, 0.1833, 0.3167)	([0, 0.4667], 0.1667, 0.07, 0.01)
Medium low (ML)	(0.1,0.3,0.5)	(0.1833, 0.3167, 0.35, 0.4833)	([0.0333, 0.6333], 0.3333, 0.07, 0.01)
Medium (M)	(0.3,0.5,0.7)	(0.35, 0.4833, 0.5167, 0.65)	([0.2, 0.8], 0.5, 0.07, )
Medium high (MH)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5167, 0.65, 0.6833, 0.8167)	([0.3667, 0.9667], 0.6667, 0.07, 0.01)
High (H)	(0.7,0.9,1.0)	(0.6833, 0.8167, 0.85, 0.9833)	([0.5333, 1], 0.8333, 0.07, 0.01)
Very high (VH)	(0.9,1.0,1.0)	(0.85, 0.9833, 1, 1)	([0.7, 1], 1, 0.07, 0.01)

Таблиця 3.2

#### Шкала перетворення лінгвістичних термінів, що оцінюють альтернативи

Лінгвістичні терми для критеріїв			
Лінгвістичні терми	Нечіткі трикутні числа	Нечіткі трапеційні числа	Нечіткі гаусівські числа
Very low (VL)	(0.0,0.0,0.1)	(0.0, 0.0, 0.01667, 0.15)	([0, 0.3], 0, 0.07, 0.01)

Закінч. табл. 3.2

Лінгвістичні терми для критеріїв			
Лінгвістичні терми	Нечіткі трикутні числа	Нечіткі трапеційні числа	Нечіткі гаусівські числа
Low (L)	(0.0,0.1,0.3)	(0.01667, 0.15, 0.1833, 0.3167)	([0, 0.4667], 0.1667, 0.07, 0.01)
Medium low (ML)	(0.1,0.3,0.5)	(0.1833, 0.3167, 0.35, 0.4833)	([0.0333, 0.6333], 0.3333, 0.07, 0.01)
Medium (M)	(0.3,0.5,0.7)	(0.35, 0.4833, 0.5167, 0.65)	([0.2, 0.8], 0.5, 0.07, )
Medium high (MH)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5167, 0.65, 0.6833, 0.8167)	([0.3667, 0.9667], 0.6667, 0.07, 0.01)
High (H)	(0.7,0.9,1.0)	(0.6833, 0.8167, 0.85, 0.9833)	([0.5333, 1], 0.8333, 0.07, 0.01)
Very high (VH)	(0.9,1.0,1.0)	(0.85, 0.9833, 1, 1)	([0.7, 1], 1, 0.07, 0.01)

Після чого здійснено оцінення критеріїв (рис. 3.1) та альтернатив (рис. 3.2) експертами в лінгвістичній формі.

Criteria evaluation						
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	VH	H	VH	VH	VH	H
Проблема	H	MH	M	MH	M	H
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	M	MH	MH	MH	H	H
Економічна ефективність та бізнес модель	M	M	ML	MH	H	MH
Інвестиційна привабливість проєкту	MH	ML	M	MH	M	H
Поточна ситуація	MH	L	M	MH	M	H
Рішення	MH	MH	MH	M	MH	H
Переваги	M	M	MH	ML	M	MH
Клієнти	MH	L	MH	H	MH	H
Ринок	VH	M	M	H	MH	H

Рис. 3.1. Оцінення критеріїв експертами в лінгвістичній формі

	MPBoard					Pixium					GUPY Services						
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	G	F	G	G	G	G	F	G	MG	MG	G	G	G	G	G	G	G
Проблема	G	F	MG	G	MG	MG	MG	MG	MG	F	F	G	G	MG	G	MG	G
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	MG	MP	MP	F	MG	G	MG	MP	MG	MG	MG	MG	F	MP	F	MG	G
Економічна ефективність та бізнес модель	MG	F	MP	F	F	MG	F	F	F	MG	F	MG	MP	F	MP	F	F
Інвестиційна привабливість проєкту	MG	MG	G	F	F	MG	F	MG	G	F	F	MG	G	F	F	F	MG
Поточна ситуація	MG	MG	G	F	F	F	F	F	F	F	F	MG	MG	MG	F	F	MG
Рішення	MG	F	MG	F	MG	MG	F	MG	F	F	MG	F	G	G	MG	F	MG
Переваги	MG	P	MG	MP	F	F	F	MP	F	F	F	MG	MG	MG	F	F	MG
Клієнти	F	P	F	F	F	F	MP	F	MP	F	F	G	F	F	G	F	MG
Ринок	F	P	MP	MP	F	F	MP	MP	F	MG	F	MG	G	F	G	F	G

Рис. 3.2. Оцінення альтернатив експертами в лінгвістичній формі

Далі здійснено перетворення оцінок в нечіткі числа. Дана СППР надає можливість використовувати три типи нечітких чисел: трикутні, трапеційні та гаусівські. Далі буде проілюстровано розрахунки з використанням нечітких трикутних чисел для критеріїв (рис. 3.3) та (рис. 3.4). Також додатково здійснено всі розрахунки з використанням трапеційних (рис. 3.5 - 3.6) та гаусівські (рис. 3.7 – 3.8) нечітких чисел. Так як обрана база даних є досить великою, ілюстрація всієї бази даних буде незручна для читання. Тому відобразатимуться лише частина БД та частина розрахунків. Розглянути всі дані можна в файлі з результатами розрахунків, що створюється автоматично при роботі СППР та додається до звіту.

Transform the linguistic terms into fuzzy numbers						
	Criterion					
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	(0,9; 1; 1)	(0,7; 0,9; 1)	(0,9; 1; 1)	(0,9; 1; 1)	(0,9; 1; 1)	(0,7; 0,9; 1)
Проблема	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,9; 1)
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,7; 0,9; 1)
Економічна ефективність та бізнес модель	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)
Інвестиційна привабливість проєкту	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,9; 1)
Поточна ситуація	(0,5; 0,7; 0,9)	(0; 0,1; 0,3)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,9; 1)
Рішення	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)
Переваги	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)
Клієнти	(0,5; 0,7; 0,9)	(0; 0,1; 0,3)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)
Ринок	(0,9; 1; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)

Рис. 3.3. Оцінення критеріїв експертами в вигляді нечітких трикутних чисел

Transform the linguistic terms into fuzzy numbers												
	MPBoard						Pixium					
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	(0,7; 0,9; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,9; 1)	(0,7; 0,9; 1)	(0,7; 0,9; 1)	(0,7; 0,9; 1)	(0,7; 0,9; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)
Проблема	(0,7; 0,9; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)
Економічна ефективність та бізнес модель	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)
Інвестиційна привабливість проєкту	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)
Поточна ситуація	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,7; 0,9; 1)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)
Рішення	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)
Переваги	(0,5; 0,7; 0,9)	(0; 0,1; 0,3)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)
Клієнти	(0,3; 0,5; 0,7)	(0; 0,1; 0,3)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)
Ринок	(0,3; 0,5; 0,7)	(0; 0,1; 0,3)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,1; 0,3; 0,5)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,7; 0,9)

Рис. 3.4. Оцінення альтернатив експертами в вигляді нечітких трикутних чисел

Transform the linguistic terms into fuzzy numbers						
	Criterion					
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	(0,85; 0,9833; 1; 1)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,85; 0,9833; 1; 1)	(0,85; 0,9833; 1; 1)	(0,85; 0,9833; 1; 1)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Проблема	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Економічна ефективність та бізнес модель	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)
Інвестиційна привабливість проєкту	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Поточна ситуація	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,0167; 0,15; 0,1833; 0,3167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Рішення	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Переваги	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)
Клієнти	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,0167; 0,15; 0,1833; 0,3167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Ринок	(0,85; 0,9833; 1; 1)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)

Рис. 3.5. Оцінення критеріїв експертами в вигляді нечітких трапеційних чисел

Transform the linguistic terms into fuzzy numbers							
	MPBoard						
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Проблема	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)
Економічна ефективність та бізнес модель	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)
Інвестиційна привабливість проєкту	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)
Поточна ситуація	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,6833; 0,8167; 0,85; 0,9833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)
Рішення	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)
Переваги	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,0167; 0,15; 0,1833; 0,3167)	(0,5167; 0,65; 0,6833; 0,8167)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)
Клієнти	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,0167; 0,15; 0,1833; 0,3167)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)
Ринок	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,0167; 0,15; 0,1833; 0,3167)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,1833; 0,3167; 0,35; 0,4833)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)	(0,35; 0,4833; 0,5167; 0,65)

Рис. 3.6. Оцінення альтернатив експертами в вигляді нечітких трапеційних чисел

Transform the linguistic terms into fuzzy numbers						
	Criterion					
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	(0,0001; 1; 0,0524)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 1; 0,0524)	(0,0001; 1; 0,0524)	(0,0001; 1; 0,0524)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Проблема	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Економічна ефективність та бізнес модель	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)
Інвестиційна привабливість проєкту	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Поточна ситуація	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0587; 0,1667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Рішення	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Переваги	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)
Клієнти	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0587; 0,1667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Ринок	(0,0001; 1; 0,0524)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)

Рис. 3.7. Оцінення критеріїв експертами в вигляді нечітких гаусівських чисел

Transform the linguistic terms into fuzzy numbers						
	MPBoard					
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Проблема	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)
Економічна ефективність та бізнес модель	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)
Інвестиційна привабливість проєкту	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)
Поточна ситуація	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,8333; 0,0524)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)
Рішення	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)
Переваги	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0587; 0,1667; 0,0002)	(0,0001; 0,6667; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)
Клієнти	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0587; 0,1667; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)
Ринок	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0587; 0,1667; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,3333; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)	(0,0001; 0,5; 0,0002)

Рис. 3.8. Оцінення альтернатив експертами в вигляді нечітких гаусівських чисел

Наступним кроком здійснено усереднення оцінок критеріїв (рис. 3.9) та альтернатив (рис. 3.10).

Averaged evaluations of criteria			
	Criterion		
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,8333	0,9667	1,0000
Проблема	0,5000	0,7000	0,8667
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,5333	0,7333	0,9000
Економічна ефективність та бізнес модель	0,4000	0,6000	0,7833
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4000	0,6000	0,7833
Поточна ситуація	0,3833	0,5667	0,7500
Рішення	0,5000	0,7000	0,8833
Переваги	0,3333	0,5333	0,7333
Клієнти	0,4833	0,6667	0,8333
Ринок	0,5667	0,7500	0,8833

Рис. 3.9. Усереднення оцінок критеріїв

Averaged evaluations of alternatives									
	MPBoard			Pixium			GUPY Services		
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,6333	0,8333	0,9500	0,5667	0,7667	0,9167	0,7000	0,9000	1,0000
Проблема	0,5333	0,7333	0,9000	0,4333	0,6333	0,8333	0,6333	0,8333	0,9667
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,3667	0,5667	0,7500	0,4333	0,6333	0,8333	0,4000	0,6000	0,7833
Економічна ефективність та бізнес модель	0,3333	0,5333	0,7333	0,3667	0,5667	0,7667	0,2333	0,4333	0,6333
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4667	0,6667	0,8500	0,4333	0,6333	0,8167	0,4000	0,6000	0,7833
Поточна ситуація	0,4333	0,6333	0,8167	0,3333	0,5333	0,7333	0,4000	0,6000	0,8000
Рішення	0,4333	0,6333	0,8333	0,3667	0,5667	0,7667	0,5333	0,7333	0,9000
Переваги	0,2833	0,4667	0,6667	0,2667	0,4667	0,6667	0,4333	0,6333	0,8333
Клієнти	0,2500	0,4333	0,6333	0,2333	0,4333	0,6333	0,4667	0,6667	0,8333
Ринок	0,1833	0,3667	0,5667	0,3000	0,5000	0,7000	0,5667	0,7667	0,9000

Рис. 3.10. Усереднення оцінок альтернатив

Далі здійснено нормування усереднених оцінок альтернатив (рис. 3.11).

Normalized evaluations of alternatives									
	MPBoard			Pixium			GUPY Services		
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,6333	0,8333	0,9500	0,5667	0,7667	0,9167	0,7000	0,9000	1,0000
Проблема	0,5517	0,7586	0,9310	0,4483	0,6552	0,8621	0,6552	0,8621	1,0000
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,4151	0,6415	0,8491	0,4906	0,7170	0,9434	0,4528	0,6792	0,8868
Економічна ефективність та бізнес модель	0,3704	0,5926	0,8148	0,4074	0,6296	0,8519	0,2593	0,4815	0,7037
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4912	0,7018	0,8947	0,4561	0,6667	0,8596	0,4211	0,6316	0,8246
Поточна ситуація	0,4483	0,6552	0,8448	0,3448	0,5517	0,7586	0,4138	0,6207	0,8276
Рішення	0,4561	0,6667	0,8772	0,3860	0,5965	0,8070	0,5614	0,7719	0,9474
Переваги	0,2931	0,4828	0,6897	0,2759	0,4828	0,6897	0,4483	0,6552	0,8621
Клієнти	0,2727	0,4727	0,6909	0,2545	0,4727	0,6909	0,5091	0,7273	0,9091
Ринок	0,1897	0,3793	0,5862	0,3103	0,5172	0,7241	0,5862	0,7931	0,9310

Рис. 3.11. Усереднення оцінок альтернатив

Наступним кроком побудовано зважену нормовану матрицю усереднених оцінок альтернатив (рис. 3.12).

Weighted normalized fuzzy decision matrix									
	MPBoard			Pixium			GUPY Services		
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,5278	0,8056	0,9500	0,4722	0,7411	0,9167	0,5833	0,8700	1,0000
Проблема	0,2759	0,5310	0,8069	0,2241	0,4586	0,7471	0,3276	0,6034	0,8667
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,2214	0,4704	0,7642	0,2616	0,5258	0,8491	0,2415	0,4981	0,7981
Економічна ефективність та бізнес модель	0,1481	0,3556	0,6383	0,1630	0,3778	0,6673	0,1037	0,2889	0,5512
Інвестиційна привабливість проєкту	0,1965	0,4211	0,7009	0,1825	0,4000	0,6734	0,1684	0,3789	0,6459
Поточна ситуація	0,1718	0,3713	0,6336	0,1322	0,3126	0,5690	0,1586	0,3517	0,6207
Рішення	0,2281	0,4667	0,7749	0,1930	0,4175	0,7129	0,2807	0,5404	0,8368
Переваги	0,0977	0,2575	0,5057	0,0920	0,2575	0,5057	0,1494	0,3494	0,6322
Клієнти	0,1318	0,3152	0,5758	0,1230	0,3152	0,5758	0,2461	0,4848	0,7576
Ринок	0,1075	0,2845	0,5178	0,1759	0,3879	0,6397	0,3322	0,5948	0,8224

Рис. 3.12. Матриця зважених нормованих усереднених оцінок



Далі знайдено нечітке ідеальне рішення (FPIS) та нечітке негативне ідеальне рішення (FNIS). Після чого розраховану відстань кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення (рис. 3.13) та до нечіткого негативного рішення (рис. 3.14).

Distances from each alternative to FPIS by each criterion using triangular numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,2963	0,3428	0,2520	0,3667	0,3183	0,3183	0,4173	0,3416	0,4443	0,5252	0,3416	0,2733	0,2733	0,3416
Проблема	0,3938	0,4448	0,3464	0,4845	0,3464	0,3777	0,3932	0,3932	0,4652	0,5425	0,4268	0,3938	0,3464	0,3932
Конкретність, значимість досягнень результатів проєкту	0,4703	0,4282	0,4493	0,5074	0,4920	0,4481	0,4282	0,4097	0,4097	0,4901	0,4687	0,5121	0,3737	0,4102
Економічна ефективність та бізнес модель	0,4500	0,4331	0,5034	0,4674	0,4500	0,3583	0,4331	0,4331	0,4674	0,5409	0,4818	0,5376	0,4019	0,4818
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4010	0,4164	0,4323	0,4979	0,4636	0,4010	0,4636	0,4805	0,4470	0,5671	0,4323	0,5124	0,3459	0,4826
Поточна ситуація	0,4047	0,4494	0,4184	0,4494	0,4494	0,4198	0,4035	0,3891	0,4035	0,5153	0,4035	0,4984	0,3252	0,4198
Рішення	0,4527	0,4908	0,4012	0,4527	0,4715	0,4171	0,4527	0,4355	0,4527	0,5309	0,4908	0,4908	0,3690	0,4540
Переваги	0,4769	0,4794	0,4077	0,4352	0,4088	0,4352	0,4794	0,4077	0,4352	0,5263	0,4644	0,4212	0,3367	0,4226
Клієнти	0,5250	0,5290	0,3967	0,5460	0,4493	0,4306	0,4306	0,4125	0,4493	0,4509	0,3794	0,4135	0,3473	0,4509
Ринок	0,6039	0,5181	0,3609	0,3981	0,3428	0,3778	0,4750	0,3778	0,4542	0,4771	0,3778	0,3601	0,3257	0,3787
Total	4,4746	4,5320	3,9681	4,6052	4,1918	3,9839	4,3766	4,0807	4,4283	5,1662	4,2670	4,4134	3,4450	4,2353

Рис. 3.13. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення

Distances from each alternative to FNIS by each criterion using triangular numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,5141	0,4693	0,5674	0,4475	0,4989	0,4989	0,3976	0,4769	0,3693	0,2967	0,4769	0,5442	0,5442	0,4769
Проблема	0,4550	0,4006	0,5111	0,3476	0,5111	0,4711	0,4623	0,4623	0,3702	0,2895	0,4235	0,4550	0,5111	0,4623
Конкретність, значимість досягнень результатів проєкту	0,3765	0,4364	0,4020	0,3356	0,3513	0,4107	0,4364	0,4538	0,4538	0,3602	0,3853	0,3356	0,4897	0,4453
Економічна ефективність та бізнес модель	0,3665	0,3882	0,3026	0,3450	0,3665	0,4836	0,3882	0,3882	0,3450	0,2612	0,3241	0,2613	0,4245	0,3241
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4292	0,4083	0,3875	0,3124	0,3531	0,4292	0,3531	0,3327	0,3737	0,2335	0,3875	0,2926	0,5000	0,3256
Поточна ситуація	0,3656	0,3146	0,3529	0,3146	0,3146	0,3463	0,3722	0,3916	0,3722	0,2403	0,3722	0,2585	0,4643	0,3463
Рішення	0,4004	0,3543	0,4555	0,4004	0,3772	0,4473	0,4004	0,4159	0,4004	0,3095	0,3543	0,3543	0,4958	0,3924
Переваги	0,2844	0,2841	0,3759	0,3389	0,3695	0,3389	0,2841	0,3759	0,3389	0,2307	0,3023	0,3574	0,4635	0,3509
Клієнти	0,2908	0,2907	0,4354	0,2690	0,3806	0,4037	0,4037	0,4270	0,3806	0,3729	0,4590	0,4194	0,4992	0,3729
Ринок	0,2580	0,3495	0,5161	0,4733	0,5412	0,5054	0,3974	0,5054	0,4216	0,3898	0,5054	0,5232	0,5663	0,4982
Total	3,7405	3,6960	4,3063	3,5845	4,0642	4,3351	3,8954	4,2296	3,8257	2,9843	3,9903	3,8015	4,9588	3,9950

Рис. 3.14. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення

Після чого розраховано коефіцієнт близькості та здійснено ранжування альтернатив (рис. 3.15).

Closeness coefficient	Rank
CC1 MPBoard	0,4553 11
CC2 Pixium	0,4492 12
CC3 GUPY Services	0,5204 3
CC4 Snager	0,4377 13
CC5 SIFmeter	0,4923 5
CC6 Holo Media System	0,5211 2
CC7 Interview.top	0,4709 8
CC8 InstaAdver	0,5090 4
CC9 Pillars of Light	0,4635 9
CC10 E-Cup	0,3661 14
CC11 Elxy	0,4832 7
CC12 Electro teacher	0,4628 10
CC13 Cyberstick	0,5901 1
CC14 Econd	0,4854 6

Рис. 3.15. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив



Також було розраховано відстань кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення та до нечіткого негативного рішення з застосуванням нечітких трапеційних (рис. 3.16 – 3.17).

Distances from each alternative to FPIS by each criterion using trapezoidal numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,2052	0,2372	0,1874	0,2571	0,2197	0,2197	0,3018	0,2372	0,3261	0,4035	0,2372	0,1942	0,1942	0,2372
Проблема	0,2026	0,2325	0,1952	0,2613	0,1952	0,1974	0,2026	0,2026	0,2462	0,3130	0,2205	0,2026	0,1952	0,2026
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,2423	0,2198	0,2297	0,2741	0,2572	0,2297	0,2198	0,2130	0,2130	0,2572	0,2423	0,2741	0,2097	0,2130
Економічна ефективність та бізнес модель	0,2255	0,2143	0,2686	0,2385	0,2255	0,1929	0,2143	0,2143	0,2385	0,3029	0,2530	0,3029	0,1980	0,2530
Інвестиційна привабливість проєкту	0,1974	0,2057	0,2158	0,2698	0,2405	0,1974	0,2405	0,2547	0,2274	0,3374	0,2158	0,2858	0,1867	0,2547
Поточна ситуація	0,2044	0,2388	0,2147	0,2388	0,2388	0,2147	0,2044	0,1957	0,2044	0,2971	0,2044	0,2816	0,1802	0,2147
Рішення	0,2250	0,2520	0,2007	0,2250	0,2376	0,2062	0,2250	0,2144	0,2250	0,2849	0,2520	0,2520	0,1984	0,2250
Переваги	0,2551	0,2551	0,1975	0,2175	0,1975	0,2175	0,2551	0,1975	0,2175	0,2987	0,2417	0,2069	0,1764	0,2069
Клієнти	0,3003	0,3003	0,2049	0,3190	0,2356	0,2232	0,2232	0,2128	0,2356	0,2356	0,1996	0,2128	0,1978	0,2356
Ринок	0,3995	0,3148	0,1983	0,2159	0,1938	0,2057	0,2766	0,2057	0,2591	0,2766	0,2057	0,1983	0,1926	0,2057
Total	2,4573	2,4704	2,1128	2,5171	2,2416	2,1045	2,3633	2,1479	2,3928	3,0070	2,2722	2,4112	1,9293	2,2484

Рис. 3.16. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion using trapezoidal numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,5256	0,4679	0,5838	0,4393	0,4967	0,4967	0,3827	0,4679	0,3549	0,2742	0,4679	0,5547	0,5547	0,4679
Проблема	0,4287	0,3613	0,4971	0,3172	0,4971	0,4514	0,4287	0,4287	0,3391	0,2530	0,3836	0,4287	0,4971	0,4287
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,3462	0,3969	0,3714	0,2970	0,3214	0,3714	0,3969	0,4227	0,4227	0,3214	0,3462	0,2970	0,4747	0,4227
Економічна ефективність та бізнес модель	0,3466	0,3686	0,2816	0,3247	0,3466	0,4803	0,3686	0,3686	0,3247	0,2396	0,3030	0,2396	0,4130	0,3030
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4181	0,3973	0,3765	0,2945	0,3353	0,4181	0,3353	0,3148	0,3559	0,2156	0,3765	0,2744	0,5020	0,3148
Поточна ситуація	0,3437	0,2873	0,3248	0,2873	0,2873	0,3248	0,3437	0,3627	0,3437	0,2145	0,3437	0,2323	0,4588	0,3248
Рішення	0,3580	0,3128	0,4274	0,3580	0,3353	0,4041	0,3580	0,3810	0,3580	0,2689	0,3128	0,3128	0,4743	0,3580
Переваги	0,2535	0,2534	0,3431	0,3069	0,3431	0,3069	0,2534	0,3431	0,3069	0,2017	0,2711	0,3249	0,4530	0,3249
Клієнти	0,2731	0,2731	0,4330	0,2513	0,3633	0,3864	0,3864	0,4096	0,3633	0,3633	0,4565	0,4096	0,5037	0,3633
Ринок	0,2391	0,3310	0,5248	0,4757	0,5495	0,5002	0,3786	0,5002	0,4027	0,3786	0,5002	0,5248	0,5742	0,5002
Total	3,5326	3,4496	4,1635	3,3520	3,8754	4,1405	3,6325	3,9994	3,5719	2,7308	3,7617	3,5990	4,9054	3,8084

Рис. 3.17. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення (трапеційні числа)

Після чого також розраховано коефіцієнт близькості для даних, отриманих з застосуванням трапеційних чисел (рис. 3.18).

Closeness coefficient	Rank
CC1 MPBoard	0,5898 11
CC2 Pixium	0,5827 12
CC3 GUPY Services	0,6634 2
CC4 Snager	0,5711 13
CC5 SIFmeter	0,6336 5
CC6 Holo Media System	0,6630 3
CC7 Interview.top	0,6058 8
CC8 InstaAdver	0,6506 4
CC9 Pillars of Light	0,5988 9
CC10 E-Cup	0,4759 14
CC11 Elxy	0,6234 7
CC12 Electro teacher	0,5988 10
CC13 Cyberstick	0,7177 1
CC14 Econd	0,6288 6

Рис. 3.18. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив (трапеційні числа)

Останнім кроком розраховано кроки 6-8 з застосуванням нечітких гаусівських чисел (рис. 3.19 – 3.20).

Distances from each alternative to FPIS by each criterion using gaussian numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,7709	0,7739	0,7698	0,7760	0,7724	0,7724	0,7813	0,7741	0,7845	0,7966	0,7741	0,7702	0,7702	0,7741
Проблема	0,5457	0,5505	0,5440	0,5552	0,5440	0,5448	0,5458	0,5458	0,5527	0,5649	0,5486	0,5457	0,5440	0,5458
Конкретність, значимість досягнень результатів проєкту	0,5726	0,5691	0,5705	0,5780	0,5750	0,5706	0,5691	0,5678	0,5678	0,5751	0,5727	0,5780	0,5667	0,5677
Економічна ефективність та бізнес модель	0,4831	0,4810	0,4915	0,4855	0,4831	0,4762	0,4810	0,4810	0,4855	0,4988	0,4883	0,4988	0,4780	0,4883
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4789	0,4803	0,4821	0,4924	0,4866	0,4789	0,4866	0,4893	0,4842	0,5073	0,4821	0,4957	0,4762	0,4893
Поточна ситуація	0,4588	0,4652	0,4606	0,4652	0,4606	0,4588	0,4572	0,4588	0,4774	0,4588	0,4740	0,4535	0,4606	
Рішення	0,5490	0,5534	0,5450	0,5490	0,5510	0,5460	0,5490	0,5473	0,5490	0,5593	0,5534	0,5534	0,5442	0,5489
Переваги	0,4472	0,4473	0,4359	0,4396	0,4359	0,4396	0,4473	0,4359	0,4396	0,4571	0,4445	0,4376	0,4376	
Клієнти	0,5406	0,5406	0,5232	0,5444	0,5286	0,5265	0,5265	0,5247	0,5286	0,5285	0,5223	0,5246	0,5214	0,5285
Ринок	0,6255	0,6082	0,5900	0,5923	0,5894	0,5911	0,6016	0,5911	0,5988	0,6015	0,5911	0,5901	0,5892	0,5910
Total	5,4721	5,4695	5,4126	5,4778	5,4312	5,4067	5,4469	5,4143	5,4496	5,5665	5,4359	5,4682	5,3743	5,4319

Рис. 3.19. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення (гаусівські числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion using gaussian numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,5089	0,4726	0,5453	0,4544	0,4908	0,4908	0,4181	0,4726	0,3999	0,3454	0,4726	0,5271	0,5271	0,4726
Проблема	0,3437	0,3024	0,3849	0,2749	0,3849	0,3574	0,3437	0,3437	0,2887	0,2337	0,3162	0,3437	0,3849	0,3437
Конкретність, значимість досягнень результатів проєкту	0,3208	0,3528	0,3368	0,2887	0,3047	0,3368	0,3528	0,3689	0,3689	0,3047	0,3208	0,2887	0,4009	0,3689
Економічна ефективність та бізнес модель	0,2560	0,2694	0,2155	0,2425	0,2560	0,3368	0,2694	0,2694	0,2425	0,1886	0,2290	0,1886	0,2964	0,2290
Інвестиційна привабливість проєкту	0,2869	0,2744	0,2619	0,2120	0,2370	0,2869	0,2370	0,2245	0,2495	0,1622	0,2619	0,1996	0,3368	0,2245
Поточна ситуація	0,2520	0,2177	0,2406	0,2177	0,2177	0,2406	0,2520	0,2635	0,2520	0,1718	0,2520	0,1833	0,3208	0,2406
Рішення	0,3136	0,2851	0,3564	0,3136	0,2994	0,3422	0,3136	0,3279	0,3136	0,2566	0,2851	0,2851	0,3849	0,3136
Переваги	0,1850	0,1850	0,2394	0,2177	0,2394	0,2177	0,1850	0,2394	0,2177	0,1524	0,1959	0,2285	0,3047	0,2285
Клієнти	0,2270	0,2270	0,3263	0,2128	0,2838	0,2979	0,2979	0,3121	0,2838	0,2837	0,3405	0,3121	0,3689	0,2837
Ринок	0,2085	0,2681	0,3872	0,3574	0,4021	0,3723	0,2978	0,3723	0,3127	0,2978	0,3723	0,3872	0,4170	0,3723
Total	2,9024	2,8546	3,2943	2,7917	3,1156	3,2793	2,9675	3,1944	2,9292	2,3969	3,0464	2,9439	3,7423	3,0775

Рис. 3.20. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення (гаусівські числа)

Після чого також розраховано коефіцієнт близькості (рис. 3.21).

Closeness coefficient		Rank
CC1 MPBoard	0,3466	11
CC2 Pixium	0,3429	12
CC3 GUPY Services	0,3784	2
CC4 Snager	0,3376	13
CC5 SIFmeter	0,3645	5
CC6 Holo Media System	0,3775	3
CC7 Interview.top	0,3527	8
CC8 InstaAdver	0,3711	4
CC9 Pillars of Light	0,3496	10
CC10 E-Cup	0,3010	14
CC11 Elxy	0,3591	7
CC12 Electro teacher	0,3500	9
CC13 Cyberstick	0,4105	1
CC14 Econd	0,3617	6

Рис. 3.21. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив (гаусівські числа)

Відповідно до отриманих результатів команда Cyberstick з наданим інноваційним проєктом є найбільш пріоритетною при виборі для інвесторів зі всіма типами нечітких чисел.

Далі були повторені кроки 6-8 зі зміною методу розрахунку відстані до найкращого ідеального рішення.

### 3.1.1 Відстань Евкліда

Розрахунок відстані кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення (рис. 3.22) та до нечіткого негативного рішення (рис. 3.23) за методом Евкліда [38] для нечітких трикутних чисел.

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Euclidean method using triangular numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,5131	0,5937	0,4365	0,6351	0,5513	0,5513	0,7228	0,5916	0,7695	0,9096	0,5916	0,4734	0,4734	0,5916
Проблема	0,6821	0,7705	0,5999	0,8392	0,5999	0,6542	0,6810	0,6810	0,8057	0,9397	0,7392	0,6821	0,5999	0,6810
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,8146	0,7417	0,7781	0,8789	0,8521	0,7761	0,7417	0,7096	0,7096	0,8489	0,8119	0,8870	0,6472	0,7106
Економічна ефективність та бізнес модель	0,7794	0,7502	0,8719	0,8095	0,7794	0,6206	0,7502	0,7502	0,8095	0,9368	0,8345	0,9312	0,6962	0,8345
Інвестиційна привабливість проєкту	0,6946	0,7212	0,7487	0,8623	0,8029	0,6946	0,8029	0,8323	0,7742	0,9822	0,7487	0,8875	0,5991	0,8358
Поточна ситуація	0,7009	0,7783	0,7246	0,7783	0,7783	0,7270	0,6989	0,6739	0,6989	0,8925	0,6989	0,8632	0,5632	0,7270
Рішення	0,7841	0,8501	0,6950	0,7841	0,8166	0,7224	0,7841	0,7544	0,7841	0,9195	0,8501	0,8501	0,6391	0,7864
Переваги	0,8260	0,8304	0,7061	0,7539	0,7080	0,7539	0,8304	0,7061	0,7539	0,9115	0,8043	0,7296	0,5831	0,7319
Клієнти	0,9094	0,9162	0,6871	0,9456	0,7782	0,7458	0,7458	0,7145	0,7782	0,7810	0,6571	0,7163	0,6015	0,7810
Ринок	1,0460	0,8974	0,6251	0,6896	0,5937	0,6544	0,8228	0,6544	0,7866	0,8263	0,6544	0,6238	0,5642	0,6560
Total	7,7502	7,8497	6,8729	7,9765	7,2605	6,9003	7,5805	7,0680	7,6701	8,9480	7,3906	7,6442	5,9669	7,3358

Рис. 3.22. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Евкліда (трикутні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Euclidean method using triangular numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,8905	0,8128	0,9827	0,7751	0,8642	0,8642	0,6886	0,8260	0,6397	0,5139	0,8260	0,9426	0,9426	0,8260
Проблема	0,7881	0,6938	0,8853	0,6021	0,8853	0,8160	0,8008	0,8008	0,6413	0,5014	0,7335	0,7881	0,8853	0,8008
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,6521	0,7559	0,6963	0,5813	0,6085	0,7114	0,7559	0,7860	0,7860	0,6239	0,6673	0,5812	0,8482	0,7713
Економічна ефективність та бізнес модель	0,6349	0,6723	0,5241	0,5976	0,6349	0,8377	0,6723	0,6723	0,5976	0,4524	0,5613	0,4525	0,7353	0,5613
Інвестиційна привабливість проєкту	0,7433	0,7072	0,6711	0,5411	0,6116	0,7433	0,6116	0,5762	0,6473	0,4044	0,6711	0,5068	0,8660	0,5640
Поточна ситуація	0,6333	0,5450	0,6112	0,5450	0,5450	0,5998	0,6446	0,6782	0,6446	0,4162	0,6446	0,4478	0,8042	0,5998
Рішення	0,6935	0,6137	0,7889	0,6935	0,6534	0,7747	0,6935	0,7203	0,6935	0,5361	0,6137	0,6137	0,8588	0,6797
Переваги	0,4925	0,4921	0,6511	0,5870	0,6400	0,5870	0,4921	0,6511	0,5870	0,3996	0,5235	0,6190	0,8028	0,6078
Клієнти	0,5037	0,5034	0,7541	0,4660	0,6592	0,6992	0,7395	0,6592	0,6459	0,7950	0,7264	0,8647	0,6459	
Ринок	0,4469	0,6054	0,8940	0,8198	0,9374	0,8753	0,6882	0,8753	0,7302	0,6752	0,8753	0,9062	0,9809	0,8629
Total	6,4787	6,4017	7,4587	6,2086	7,0395	7,5086	6,7470	7,3259	6,6264	5,1689	6,9114	6,5843	8,5889	6,9195

Рис. 3.23. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Евкліда (трикутні числа)

Результати розрахунку коефіцієнтів близькості з використанням відстані Евкліда та ранжування даних при використанні трикутних чисел (рис. 3.24).

Closeness coefficient (Euclidean)	Rank	
CC1 MPBoard	0,4553	11
CC2 Pixium	0,4492	12
CC3 GUPY Services	0,5204	3
CC4 Snager	0,4377	13
CC5 SIFmeter	0,4923	5
CC6 Holo Media System	0,5211	2
CC7 Interview.top	0,4709	8
CC8 InstaAdver	0,5090	4
CC9 Pillars of Light	0,4635	9
CC10 E-Cup	0,3661	14
CC11 Elxy	0,4832	7
CC12 Electro teacher	0,4628	10
CC13 Cyberstick	0,5901	1
CC14 Econd	0,4854	6

Рис. 3.24. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Евкліда (трикутні числа)

Після чого повторено розрахунки для нечітких трапеційних чисел (рис. 3.25 - 3.27) та нечітких гаусівських чисел (рис. 3.28 - 3.30).

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Euclidean method using trapezoidal numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,4103	0,4745	0,3749	0,5141	0,4395	0,4395	0,6037	0,4745	0,6522	0,8071	0,4745	0,3884	0,3884	0,4745
Проблема	0,4053	0,4650	0,3904	0,5226	0,3904	0,3948	0,4053	0,4053	0,4924	0,6260	0,4409	0,4053	0,3904	0,4053
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,4846	0,4395	0,4593	0,5482	0,5145	0,4593	0,4395	0,4259	0,4259	0,5145	0,4846	0,5482	0,4194	0,4259
Економічна ефективність та бізнес модель	0,4511	0,4285	0,5373	0,4770	0,4511	0,3859	0,4285	0,4285	0,4770	0,6058	0,5059	0,6058	0,3960	0,5059
Інвестиційна привабливість проєкту	0,3948	0,4113	0,4315	0,5396	0,4810	0,3948	0,4810	0,5093	0,4549	0,6748	0,4315	0,5716	0,3735	0,5093
Поточна ситуація	0,4089	0,4776	0,4294	0,4776	0,4776	0,4294	0,4089	0,3913	0,4089	0,5942	0,4089	0,5632	0,3604	0,4294
Рішення	0,4500	0,5040	0,4014	0,4500	0,4753	0,4125	0,4500	0,4289	0,4500	0,5699	0,5040	0,5040	0,3968	0,4500
Переваги	0,5102	0,5102	0,3950	0,4350	0,3950	0,4350	0,5102	0,3950	0,4350	0,5974	0,4835	0,4138	0,3529	0,4138
Клієнти	0,6005	0,6005	0,4098	0,6381	0,4712	0,4464	0,4464	0,4257	0,4712	0,4712	0,3992	0,4257	0,3956	0,4712
Ринок	0,7991	0,6297	0,3965	0,4318	0,3876	0,4115	0,5533	0,4115	0,5182	0,5533	0,4115	0,3965	0,3852	0,4115
Total	4,9147	4,9408	4,2255	5,0341	4,4831	4,2089	4,7267	4,2959	4,7857	6,0141	4,5445	4,8225	3,8586	4,4968

Рис. 3.25. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Евкліда (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Euclidean method using trapezoidal numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	1,0512	0,9358	1,1676	0,8786	0,9934	0,9934	0,7655	0,9358	0,7098	0,5483	0,9358	1,1093	1,1093	0,9358
Проблема	0,8575	0,7226	0,9942	0,6343	0,9942	0,9029	0,8575	0,6782	0,5061	0,7673	0,8575	0,9942	0,9942	0,8575
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,6925	0,7939	0,7429	0,5941	0,6428	0,7429	0,7939	0,8453	0,8453	0,6428	0,6925	0,5941	0,9494	0,8453
Економічна ефективність та бізнес модель	0,6931	0,7372	0,5631	0,6494	0,6931	0,9607	0,7372	0,7372	0,6494	0,4793	0,6060	0,4793	0,8260	0,6060
Інвестиційна привабливість проєкту	0,8362	0,7946	0,7530	0,5891	0,6706	0,8362	0,6706	0,6297	0,7117	0,4313	0,7530	0,5488	1,0040	0,6296
Поточна ситуація	0,6874	0,5746	0,6496	0,5746	0,5746	0,6496	0,6874	0,7254	0,6874	0,4290	0,6874	0,4646	0,9175	0,6496
Рішення	0,7161	0,6256	0,8548	0,7161	0,6706	0,8083	0,7161	0,7620	0,7161	0,5377	0,6256	0,6256	0,9487	0,7161
Переваги	0,5069	0,5069	0,6861	0,6138	0,6861	0,6138	0,5069	0,6861	0,6138	0,4033	0,5423	0,6499	0,9060	0,6499
Клієнти	0,5461	0,5461	0,8660	0,5027	0,7266	0,7728	0,8193	0,7266	0,7265	0,9129	0,8192	1,0073	0,7266	
Ринок	0,4783	0,6620	1,0496	0,9514	1,0989	1,0005	0,7573	1,0005	0,8055	0,7573	1,0005	1,0496	1,1483	1,0005
Total	7,0653	6,8991	8,3270	6,7040	7,7508	8,2809	7,2650	7,9988	7,1437	5,4616	7,5233	7,1980	9,8109	7,6168

Рис. 3.26. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Евкліда (трапеційні числа)

Closeness coefficient(Euclidean)	Rank
CC1 MPBoard	0,5898 11
CC2 Pixium	0,5827 12
CC3 GUPY Services	0,6634 2
CC4 Snager	0,5711 13
CC5 SIFmeter	0,6336 5
CC6 Holo Media System	0,6630 3
CC7 Interview.top	0,6058 8
CC8 InstaAdver	0,6506 4
CC9 Pillars of Light	0,5988 9
CC10 E-Cup	0,4759 14
CC11 Elxy	0,6234 7
CC12 Electro teacher	0,5988 10
CC13 Cyberstick	0,7177 1
CC14 Econd	0,6288 6

Рис. 3.27. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Евкліда (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Euclidean method using gaussian numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	1,3352	1,3404	1,3333	1,3441	1,3378	1,3378	1,3533	1,3408	1,3588	1,3798	1,3408	1,3341	1,3341	1,3408
Проблема	0,9452	0,9536	0,9422	0,9617	0,9422	0,9436	0,9454	0,9454	0,9573	0,9785	0,9503	0,9452	0,9422	0,9454
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,9917	0,9856	0,9882	1,0012	0,9960	0,9884	0,9856	0,9835	0,9835	0,9961	0,9919	1,0012	0,9816	0,9834
Економічна ефективність та бізнес модель	0,8368	0,8332	0,8513	0,8410	0,8368	0,8248	0,8332	0,8332	0,8410	0,8640	0,8458	0,8640	0,8278	0,8458
Інвестиційна привабливість проєкту	0,8294	0,8319	0,8350	0,8528	0,8429	0,8294	0,8429	0,8476	0,8387	0,8787	0,8350	0,8585	0,8247	0,8475
Поточна ситуація	0,7946	0,8057	0,7979	0,8057	0,8057	0,7978	0,7947	0,7919	0,7947	0,8269	0,7947	0,8210	0,7854	0,7978
Рішення	0,9509	0,9585	0,9440	0,9509	0,9544	0,9457	0,9509	0,9479	0,9509	0,9687	0,9585	0,9585	0,9426	0,9508
Переваги	0,7747	0,7747	0,7549	0,7615	0,7549	0,7615	0,7747	0,7549	0,7615	0,7917	0,7698	0,7580	0,7464	0,7580
Клієнти	0,9363	0,9364	0,9062	0,9430	0,9155	0,9118	0,9118	0,9089	0,9155	0,9153	0,9046	0,9087	0,9031	0,9153
Ринок	1,0833	1,0534	1,0218	1,0259	1,0209	1,0239	1,0420	1,0239	1,0372	1,0418	1,0239	1,0220	1,0205	1,0237
Total	9,4780	9,4734	9,3749	9,4877	9,4070	9,3647	9,4344	9,3779	9,4389	9,6415	9,4152	9,4712	9,3086	9,4084

Рис. 3.28. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Евкліда (гаусівські числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Euclidean method using gaussian numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,8815	0,8185	0,9444	0,7871	0,8500	0,8500	0,7241	0,8186	0,6926	0,5982	0,8186	0,9130	0,9130	0,8186
Проблема	0,5953	0,5238	0,6667	0,4762	0,6667	0,6191	0,5953	0,5953	0,5000	0,4048	0,5477	0,5953	0,6667	0,5953
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,5556	0,6111	0,5833	0,5000	0,5278	0,5834	0,6111	0,6389	0,6389	0,5278	0,5556	0,5000	0,6945	0,6389
Економічна ефективність та бізнес модель	0,4433	0,4667	0,3733	0,4200	0,4433	0,5833	0,4667	0,4667	0,4200	0,3266	0,3967	0,3267	0,5133	0,3967
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4969	0,4753	0,4537	0,3673	0,4105	0,4969	0,4105	0,3889	0,4321	0,2809	0,4537	0,3457	0,5833	0,3889
Поточна ситуація	0,4365	0,3770	0,4167	0,3770	0,3770	0,4167	0,4365	0,4564	0,4365	0,2976	0,4365	0,3175	0,5556	0,4167
Рішення	0,5432	0,4938	0,6173	0,5432	0,5185	0,5926	0,5432	0,5679	0,5432	0,4445	0,4938	0,4938	0,6667	0,5432
Переваги	0,3205	0,3204	0,4147	0,3770	0,4147	0,3770	0,3204	0,4147	0,3770	0,2639	0,3393	0,3959	0,5278	0,3958
Клієнти	0,3932	0,3932	0,5652	0,3686	0,4915	0,5161	0,5161	0,5406	0,4915	0,4915	0,5898	0,5406	0,6389	0,4915
Ринок	0,3611	0,4643	0,6706	0,6190	0,6964	0,6449	0,5159	0,6449	0,5417	0,5159	0,6449	0,6706	0,7222	0,6448
Total	5,0271	4,9442	5,7060	4,8354	5,3964	5,6799	5,1399	5,5328	5,0736	4,1515	5,2765	5,0990	6,4819	5,3303

Рис. 3.29. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Евкліда (гаусівські числа)

Closeness coefficient (Euclidean)	Rank	
CC1 MPBoard	0,3466	11
CC2 Pixium	0,3429	12
CC3 GUPY Services	0,3784	2
CC4 Snager	0,3376	13
CC5 SIFmeter	0,3645	5
CC6 Holo Media System	0,3775	3
CC7 Interview.top	0,3527	8
CC8 InstaAdver	0,3711	4
CC9 Pillars of Light	0,3496	10
CC10 E-Cup	0,3010	14
CC11 Elxy	0,3591	7
CC12 Electro teacher	0,3500	9
CC13 Cyberstick	0,4105	1
CC14 Econd	0,3617	6

Рис. 3.30. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Евкліда (гаусівські числа)



За результатами отриманими за розрахунками відстані Евкліда результуюче ранжування має дуже близькі значення, що відрізняються поодинокими альтернативами.

### 3.1.2 Відстань Хеммінга

Далі було здійснено всі розрахунки, що були описані вище, але з застосуванням відстані Хеммінга [39].

Так, далі відображено розрахунок відстані кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення (рис. 3.31) та до нечіткого негативного рішення (рис. 3.32) за методом Хеммінга при використанні нечітких трикутних чисел.

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Hamming method using triangular numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,7167	0,8700	0,5467	0,9467	0,7767	0,7767	1,1167	0,8533	1,2100	1,4733	0,8533	0,6233	0,6233	0,8533
Проблема	0,9862	1,1701	0,8023	1,3276	0,8023	0,9299	0,9713	0,9713	1,2563	1,5264	1,0989	0,9862	0,8023	0,9713
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	1,2440	1,0635	1,1623	1,3805	1,3258	1,1453	1,0635	0,9987	0,9987	1,3088	1,2270	1,3906	0,8692	1,0157
Економічна ефективність та бізнес модель	1,2080	1,1420	1,4062	1,2741	1,2080	0,8407	1,1420	1,1420	1,2741	1,5383	1,3327	1,5309	1,0244	1,3327
Інвестиційна привабливість проєкту	1,0316	1,0942	1,1567	1,3933	1,2681	1,0316	1,2681	1,3307	1,2056	1,6365	1,1567	1,4488	0,8088	1,3444
Поточна ситуація	1,0733	1,2362	1,1190	1,2362	1,2362	1,1319	1,0603	1,0017	1,0603	1,4707	1,0603	1,4121	0,7603	1,1319
Рішення	1,1804	1,3266	0,9921	1,1804	1,2535	1,0342	1,1804	1,1228	1,1804	1,4728	1,3266	1,3266	0,8614	1,1959
Переваги	1,3391	1,3448	1,0690	1,1793	1,0816	1,1793	1,3448	1,0690	1,1793	1,5103	1,2897	1,1241	0,7885	1,1368
Клієнти	1,4773	1,4861	1,0115	1,5494	1,1976	1,1255	1,1255	1,0533	1,1976	1,2127	0,9394	1,0685	0,8103	1,2127
Ринок	1,7402	1,4466	0,9006	1,0371	0,8247	0,9460	1,2948	0,9460	1,2190	1,3101	0,9460	0,8853	0,7489	0,9612
Total	11,9968	12,1800	10,1663	12,5045	10,9745	10,1410	11,5674	10,4888	11,7813	14,4600	11,2306	11,7964	8,0974	11,1560

Рис. 3.31. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Хеммінга (трикутні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Hamming method using triangular numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	1,4500	1,2967	1,6200	1,2200	1,3900	1,3900	1,0500	1,3133	0,9567	0,6933	1,3133	1,5433	1,5433	1,3133
Проблема	1,2000	1,0161	1,3839	0,8586	1,3839	1,2563	1,2149	1,2149	0,9299	0,6598	1,0874	1,2000	1,3839	1,2149
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,9126	1,0931	0,9943	0,7761	0,8308	1,0113	1,0931	1,1579	1,1579	0,8478	0,9296	0,7660	1,2874	1,1409
Економічна ефективність та бізнес модель	0,9198	0,9858	0,7216	0,8537	0,9198	1,2870	0,9858	0,9858	0,8537	0,5895	0,7951	0,5969	1,1034	0,7951
Інвестиційна привабливість проєкту	1,1289	1,0664	1,0038	0,7673	0,8924	1,1289	0,8924	0,8298	0,9550	0,5240	1,0038	0,7117	1,3518	0,8161
Поточна ситуація	0,9388	0,7759	0,8931	0,7759	0,7759	0,8802	0,9517	1,0103	0,9517	0,5414	0,9517	0,6000	1,2517	0,8802
Рішення	0,9959	0,8497	1,1842	0,9959	0,9228	1,1421	0,9959	1,0535	0,9959	0,7035	0,8497	0,8497	1,3149	0,9804
Переваги	0,6885	0,6828	0,9586	0,8483	0,9460	0,8483	0,6828	0,9586	0,8483	0,5172	0,7379	0,9034	1,2391	0,8908
Клієнти	0,6800	0,6712	1,1458	0,6079	0,9597	1,0318	1,0318	1,1039	0,9597	0,9445	1,2179	1,0888	1,3470	0,9445
Ринок	0,5874	0,8810	1,4270	1,2905	1,5029	1,3816	1,0328	1,3816	1,1086	1,0175	1,3816	1,4422	1,5787	1,3664
Total	9,5018	9,3186	11,3324	8,9941	10,5241	11,3576	9,9312	11,0098	9,7173	7,0386	10,2680	9,7022	13,4012	10,3426

Рис. 3.32. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Хеммінга (трикутні числа)

Результати розрахунку коефіцієнтів близькості з використанням відстані Хеммінга та ранжування даних при використанні нечітких трикутних чисел (рис. 3.33).

Closeness coefficient (Hamming)	Rank
CC1 MPBoard	0,4420 11
CC2 Pixium	0,4335 12
CC3 GUPY Services	0,5271 3
CC4 Snager	0,4184 13
CC5 SIFmeter	0,4895 5
CC6 Holo Media System	0,5283 2
CC7 Interview.top	0,4619 8
CC8 InstaAdver	0,5121 4
CC9 Pillars of Light	0,4520 9
CC10 E-Cup	0,3274 14
CC11 Elxy	0,4776 7
CC12 Electro teacher	0,4513 10
CC13 Cyberstick	0,6234 1
CC14 Econd	0,4811 6

Рис. 3.33. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Хеммінга

Далі здійснено розрахунки для нечітких трапеційних чисел (рис. 3.34 - 3.36) та нечітких гаусівських чисел (рис. 3.37 - 3.39).

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Hamming method using trapezoidal numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,6800	0,7897	0,5703	0,8445	0,7349	0,7349	1,0083	0,7897	1,1281	1,4876	0,7897	0,6252	0,6252	0,7897
Проблема	0,7145	0,8229	0,6060	0,8951	0,6060	0,6783	0,7145	0,7145	0,8590	1,0909	0,7867	0,7145	0,6060	0,7145
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,8637	0,7787	0,8212	0,9488	0,9062	0,8212	0,7787	0,7361	0,7361	0,9062	0,8637	0,9488	0,6510	0,7361
Економічна ефективність та бізнес модель	0,8021	0,7682	0,9036	0,8359	0,8021	0,5990	0,7682	0,7682	0,8359	1,0599	0,8698	1,0599	0,7005	0,8698
Інвестиційна привабливість проєкту	0,7053	0,7367	0,7681	0,9034	0,8309	0,7053	0,8309	0,8623	0,7995	1,2415	0,7681	0,9879	0,5797	0,8623
Поточна ситуація	0,7296	0,8147	0,7580	0,8147	0,8147	0,7580	0,7296	0,7013	0,7296	1,0660	0,7296	0,9883	0,5594	0,7580
Рішення	0,8031	0,8780	0,6908	0,8031	0,8406	0,7283	0,8031	0,7657	0,8031	0,9529	0,8780	0,8780	0,6159	0,8031
Переваги	0,8656	0,8656	0,7063	0,7592	0,7063	0,7592	0,8656	0,7063	0,7592	1,0870	0,8120	0,7327	0,5478	0,7327
Клієнти	1,0233	1,0233	0,7243	1,1194	0,8346	0,7978	0,7978	0,7611	0,8346	0,8345	0,6875	0,7610	0,6140	0,8345
Ринок	1,4914	1,0912	0,6790	0,7605	0,6382	0,7198	0,9238	0,7198	0,8830	0,9237	0,7198	0,6790	0,5974	0,7198
Total	8,6785	8,5689	7,2276	8,6846	7,7144	7,3016	8,2205	7,5250	8,3681	10,6504	7,9050	8,3752	6,0969	7,8205

Рис. 3.34. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Хеммінга (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Hamming method using trapezoidal numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	1,9784	1,7388	2,2181	1,6190	1,8586	1,8586	1,3794	1,7388	1,2595	0,9001	1,7388	2,0983	2,0983	1,7388
Проблема	1,5502	1,2704	1,8299	1,0839	1,8299	1,6434	1,5502	1,5502	1,1772	0,8042	1,3637	1,5502	1,8299	1,5502
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	1,1623	1,3794	1,2708	0,9453	1,0538	1,2709	1,3794	1,4879	1,4879	1,0538	1,1623	0,9453	1,7049	1,4879
Економічна ефективність та бізнес модель	1,2136	1,3048	0,9402	1,1225	1,2136	1,7605	1,3048	1,3048	1,1225	0,7579	1,0313	0,7579	1,4871	1,0313
Інвестиційна привабливість проєкту	1,5266	1,4421	1,3576	1,0194	1,1885	1,5266	1,1885	1,1039	1,2730	0,6812	1,3576	0,9348	1,8648	1,1039
Поточна ситуація	1,2223	0,9892	1,1446	0,9892	0,9892	1,1446	1,2223	1,3000	1,2223	0,6783	1,2223	0,7561	1,6885	1,1446
Рішення	1,2416	1,0483	1,5314	1,2416	1,1449	1,4348	1,2416	1,3382	1,2416	0,8551	1,0483	1,0483	1,7247	1,2416
Переваги	0,8579	0,8579	1,2270	1,0793	1,2269	1,0793	0,8579	1,2270	1,0793	0,6364	0,9317	1,1531	1,6698	1,1531
Клієнти	0,8931	0,8931	1,5656	0,7970	1,2774	1,3735	1,3735	1,4695	1,2774	1,2774	1,6617	1,4695	1,8538	1,2774
Ринок	0,7649	1,1650	1,9653	1,7653	2,0654	1,8653	1,3651	1,8653	1,4652	1,3651	1,8653	1,9654	2,1654	1,8653
Total	12,4109	12,0890	15,0504	11,6625	13,8483	14,9576	12,8625	14,3856	12,6058	9,0095	13,3830	12,6789	18,0871	13,5940

Рис. 3.35. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Хеммінга (трапеційні числа)



Closeness coefficient (Hamming)	Rank	
CC1 MPBoard	0,5885	11
CC2 Pixium	0,5852	12
CC3 GUPY Services	0,6756	2
CC4 Snager	0,5732	13
CC5 SIFmeter	0,6422	5
CC6 Holo Media System	0,6720	3
CC7 Interview.top	0,6101	8
CC8 InstaAdver	0,6566	4
CC9 Pillars of Light	0,6010	10
CC10 E-Cup	0,4583	14
CC11 Elxy	0,6287	7
CC12 Electro teacher	0,6022	9
CC13 Cyberstick	0,7479	1
CC14 Econd	0,6348	6

Рис. 3.36. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Хеммінга (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Hamming method using gaussian numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	1,9491	2,0131	1,8856	2,0451	1,9816	1,9816	2,1086	2,0136	2,1401	2,2351	2,0136	1,9176	1,9176	2,0136
Проблема	1,4044	1,4762	1,3325	1,5236	1,3325	1,3804	1,4045	1,4045	1,4998	1,5952	1,4523	1,4044	1,3325	1,4045
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	1,5276	1,4722	1,4998	1,5833	1,5553	1,5000	1,4722	1,4442	1,4442	1,5555	1,5278	1,5833	1,3882	1,4440
Економічна ефективність та бізнес модель	1,3067	1,2833	1,3767	1,3300	1,3067	1,1664	1,2833	1,2833	1,3300	1,4234	1,3533	1,4233	1,2366	1,3533
Інвестиційна привабливість проєкту	1,2530	1,2746	1,2962	1,3827	1,3395	1,2530	1,3395	1,3611	1,3179	1,4691	1,2962	1,4043	1,1664	1,3610
Поточна ситуація	1,2301	1,2897	1,2500	1,2897	1,2897	1,2499	1,2302	1,2103	1,2302	1,3691	1,2302	1,3492	1,1107	1,2499
Рішення	1,4568	1,5062	1,3825	1,4568	1,4815	1,4074	1,4568	1,4320	1,4568	1,5556	1,5062	1,5062	1,3331	1,4567
Переваги	1,2629	1,2629	1,1686	1,2063	1,1687	1,2063	1,2629	1,1686	1,2063	1,3195	1,2441	1,1875	1,0556	1,1875
Клієнти	1,5234	1,5235	1,3511	1,5480	1,4252	1,4006	1,4006	1,3761	1,4252	1,4250	1,3265	1,3759	1,2772	1,4250
Ринок	1,8055	1,7024	1,4948	1,5467	1,4690	1,5212	1,6508	1,5212	1,6250	1,6505	1,5212	1,4951	1,4433	1,5209
Total	14,7193	14,8041	14,0379	14,9123	14,3498	14,0669	14,6095	14,2151	14,6755	15,5980	14,4714	14,6468	13,2610	14,4166

Рис. 3.37. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Хеммінга (гаусівські числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Hamming method using gaussian numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,8842	0,8202	0,9477	0,7882	0,8517	0,8517	0,7247	0,8197	0,6932	0,5982	0,8197	0,9157	0,9157	0,8197
Проблема	0,5956	0,5238	0,6675	0,4764	0,6675	0,6196	0,5955	0,5955	0,5002	0,4048	0,5477	0,5956	0,6675	0,5955
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,5558	0,6112	0,5836	0,5000	0,5280	0,5834	0,6112	0,6391	0,6391	0,5278	0,5556	0,5000	0,6951	0,6393
Економічна ефективність та бізнес модель	0,4433	0,4667	0,3733	0,4200	0,4433	0,5836	0,4667	0,4667	0,4200	0,3266	0,3967	0,3267	0,5134	0,3967
Інвестиційна привабливість проєкту	0,4970	0,4754	0,4538	0,3673	0,4105	0,4970	0,4105	0,3889	0,4321	0,2809	0,4538	0,3457	0,5836	0,3890
Поточна ситуація	0,4366	0,3770	0,4167	0,3770	0,3770	0,4168	0,4365	0,4564	0,4365	0,2976	0,4365	0,3175	0,5560	0,4168
Рішення	0,5432	0,4939	0,6175	0,5432	0,5185	0,5926	0,5432	0,5680	0,5432	0,4445	0,4939	0,4939	0,6670	0,5433
Переваги	0,3205	0,3204	0,4147	0,3770	0,4147	0,3770	0,3204	0,4147	0,3770	0,2639	0,3393	0,3959	0,5278	0,3958
Клієнти	0,3933	0,3932	0,5656	0,3687	0,4915	0,5161	0,5161	0,5406	0,4915	0,4917	0,5902	0,5408	0,6395	0,4917
Ринок	0,3611	0,4643	0,6718	0,6199	0,6976	0,6454	0,5159	0,6454	0,5417	0,5162	0,6454	0,6715	0,7234	0,6457
Total	5,0308	4,9460	5,7122	4,8378	5,4003	5,6832	5,1406	5,5350	5,0746	4,1521	5,2787	5,1032	6,4891	5,3355

Рис. 3.38. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Хеммінга (гаусівські числа)

Closeness coefficient (Hamming)	Rank	
CC1 MPBoard	0,2547	11
CC2 Pixium	0,2504	12
CC3 GUPY Services	0,2892	2
CC4 Snager	0,2450	13
CC5 SIFmeter	0,2734	5
CC6 Holo Media System	0,2878	3
CC7 Interview.top	0,2603	8
CC8 InstaAdver	0,2803	4
CC9 Pillars of Light	0,2569	10
CC10 E-Cup	0,2102	14
CC11 Elxy	0,2673	7
CC12 Electro teacher	0,2584	9
CC13 Cyberstick	0,3286	1
CC14 Econd	0,2700	6

Рис. 3.39. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Хеммінга (гаусівські числа)

Результати, отримані при використанні відстані Хеммінга мають однаковий результат незалежно від типу нечіткого числа.

### 3.1.3 Відстань Чебишева

На останньому кроці здійснено повторні розрахунки, але з використанням відстані Чебишева [40]. Розрахунок відстані кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення та до нечіткого негативного рішення за методом Чебишева при використанні нечітких трикутних чисел відображено на рис. 3.40 – 3.42; при використанні нечітких трапеційних чисел: рис. 3.43 – 3.45; при використанні нечітких гаусівських чисел: рис. 3.46 – 3.48.

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Chebyshev method using triangular numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,4722	0,5278	0,5278	0,5556	0,5556	0,5556	0,6111	0,6111	0,6389	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222
Проблема	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Економічна ефективність та бізнес модель	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Інвестиційна привабливість проєкту	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Поточна ситуація	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Рішення	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Переваги	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Клієнти	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Ринок	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759	0,7759
Total	7,0715	7,1270	7,1270	7,1548	7,1548	7,1548	7,2103	7,2103	7,2381	7,3280	7,3280	7,3280	7,3280	7,3280

Рис. 3.40. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Чебишева (трикутні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Chebyshev method using triangular numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,6722	0,6722	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222
Проблема	0,7222	0,7222	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Економічна ефективність та бізнес модель	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Інвестиційна привабливість проєкту	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Поточна ситуація	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Рішення	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Переваги	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Клієнти	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287
Ринок	0,7287	0,7287	0,7287	0,7287	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454	0,7454
Total	7,2243	7,2243	7,2808	7,2808	7,2975	7,2975	7,2975	7,2975	7,2975	7,2975	7,2975	7,2975	7,3280	7,3280

Рис. 3.41. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Чебишева (трикутні числа)

Результати розрахунку коефіцієнтів близькості з використанням відстані Чебишева та ранжування даних (рис. 3.42).

Closeness coefficient Chebyshev)	Rank	
CC1 MPBoard	0,5053	1
CC2 Pixium	0,5034	6
CC3 GUPY Services	0,5053	2
CC4 Snager	0,5044	5
CC5 SIFmeter	0,5049	3-4
CC6 Holo Media System	0,5049	3-4
CC7 Interview.top	0,5030	7-8
CC8 InstaAdver	0,5030	7-8
CC9 Pillars of Light	0,5020	9
CC10 E-Cup	0,4990	12-14
CC11 Elxy	0,4990	12-14
CC12 Electro teacher	0,4990	12-14
CC13 Cyberstick	0,5000	10-11
CC14 Econd	0,5000	10-11

Рис. 3.42. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Чебишева (трикутні числа)

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Chebyshev method using trapezoidal numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,3633	0,4152	0,4152	0,4411	0,4411	0,4411	0,4931	0,4931	0,5190	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Проблема	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Економічна ефективність та бізнес модель	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Інвестиційна привабливість проєкту	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Поточна ситуація	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Рішення	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Переваги	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Клієнти	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Ринок	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969	0,5969
Total	5,7355	5,7874	5,7874	5,8134	5,8134	5,8134	5,8653	5,8653	5,8912	5,9691	5,9691	5,9691	5,9691	5,9691

Рис. 3.43. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Чебишева (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Chebyshev method using trapezoidal numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,7323	0,7323	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Проблема	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Економічна ефективність та бізнес модель	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Інвестиційна привабливість проєкту	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Поточна ситуація	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Рішення	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Переваги	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Клієнти	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973
Ринок	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,7973	0,8173	0,8173
Total	7,9080	7,9080	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9730	7,9930	7,9930

Рис. 3.44. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Чебишева (трапеційні числа)

Результати розрахунку коефіцієнтів близькості з використанням відстані Чебишева та ранжування даних (рис. 3.42).

Closeness coefficient (Chebyshev)	Rank
CC1 MPBoard	0,5796 1
CC2 Pixium	0,5774 6
CC3 GUPY Services	0,5794 2
CC4 Snager	0,5783 3-5
CC5 SIFmeter	0,5783 3-5
CC6 Holo Media System	0,5783 3-5
CC7 Interview.top	0,5762 7-8
CC8 InstaAdver	0,5762 7-8
CC9 Pillars of Light	0,5751 9
CC10 E-Cup	0,5719 12-14
CC11 Elxy	0,5719 12-14
CC12 Electro teacher	0,5719 12-14
CC13 Cyberstick	0,5725 10-11
CC14 Econd	0,5725 10-11

Рис. 3.45. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Чебишева (трапеційні числа)

Distances from each alternative to FPIS by each criterion by Chebyshev method using gaussian numbers														
	FPIS (A+)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Проблема	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Конкретність, значимість досяжності результатів проєкту	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Економічна ефективність та бізнес модель	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Інвестиційна привабливість проєкту	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Поточна ситуація	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Рішення	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Переваги	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Клієнти	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Ринок	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Total	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443

Рис. 3.46. Відстань альтернатив до нечіткого ідеального рішення за відстанню Чебишева (гаусівські числа)

Distances from each alternative to FNIS by each criterion by Chebyshev method using gaussian numbers														
	FNIS (A-)													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту	0,8815	0,8815	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Проблема	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Конкретність, значимість досяжність результатів проєкту	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Економічна ефективність та бізнес модель	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Інвестиційна привабливість проєкту	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Поточна ситуація	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Рішення	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Переваги	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Клієнти	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Ринок	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444	0,9444
Total	9,3814	9,3814	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443	9,4443

Рис. 3.47. Відстань альтернатив до нечіткого негативного ідеального рішення за відстанню Чебишева (гаусівські числа)

Результати розрахунку коефіцієнтів близькості з використанням відстані Чебишева та ранжування даних (рис. 3.48).

Closeness coefficient (Chebyshev)	Rank
CC1 MPBoard	0,4983 13-14
CC2 Pixium	0,4983 13-14
CC3 GUPY Services	0,5000 1-12
CC4 Snager	0,5000 1-12
CC5 SIFmeter	0,5000 1-12
CC6 Holo Media System	0,5000 1-12
CC7 Interview.top	0,5000 1-12
CC8 InstaAdver	0,5000 1-12
CC9 Pillars of Light	0,5000 1-12
CC10 E-Cup	0,5000 1-12
CC11 Elxy	0,5000 1-12
CC12 Electro teacher	0,5000 1-12
CC13 Cyberstick	0,5000 1-12
CC14 Econd	0,5000 1-12

Рис. 3.48. Розрахунок коефіцієнта близькості та ранжування альтернатив за відстанню Чебишева (гаусівські числа)

За результатами з використанням відстані Чебишева отримано результат, що відрізняється від попередніх результатів. Результати є значно гіршими ніж при використанні інших відстаней.

### 3.2 Результати розрахунків за методом Fuzzy ARAS

В ході роботи додатково було здійснено розрахунки обраних даних з застосуванням методу Fuzzy ARAS (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

#### Результати розрахунків методу Fuzzy ARAS

Ступінь корисності		Ранг
MPBoard	0,7950	10
Pixium	0,7922	11
GUPY Services	0,9004	2
Snager	0,7660	13
SIFmeter	0,8542	5
Holo Media System	0,8833	3
Interview.top	0,8180	9
InstaAdver	0,8741	4
Pillars of Light	0,7889	12
E-Cup	0,6939	14
Elxy	0,8269	7
Electro teacher	0,8263	8
Cyberstick	0,9755	1
Econd	0,8419	6

Результати отримані з використанням методу Fuzzy ARAS збігаються з результатами, отриманими за допомогою методу Fuzzy TOPSIS в виборі найкращого рішення, а також є близькою і за рештою альтернатив. Невелика відмінність в отриманих результатах може бути саме через взяття до уваги найбільшу відстань до нечіткого негативного ідеального значення методом Fuzzy TOPSIS.

### 3.3 Аналіз отриманих результатів

Розглядаючи отримані дані видно, що в цілому результати класичного методу розрахунку відстані, відстані Евкліда та відстані Хеммінга мають однакові

результати ранжування. Це свідчить про те, що використовуючи різні методи можна досягти одного й того ж результату.

Проте все ж мінімальні відмінності є, так наприклад метод Евкліда та метод Хеммінга мають різницю в ранжування другої та третьої оптимальних альтернатив, що може бути важливим в випадку, якщо планується обрати декілька інноваційних проєктів для інвестування.

Також можна помітити, що результати класичного розрахунку коефіцієнта близькості та результати з використанням відстані Евкліда мають однакові результати. Такий результат отримано через схожість формул розрахунку відстані, єдина різниця цих формул в коефіцієнті. І так як формула для розрахунку коефіцієнта близькості єдина, то розрахунок відбувається з числами, що в пропорціях є рівними.

Результати з використанням відстані Хеммінга відрізняються від даних отриманих першими двома методами, але результати ранжування все одно є практично ідентичними, що свідчить, що метод Fuzzy TOPSIS за класичною відстанню, відстанню Евкліда чи Хеммінга надає дуже близькі результати, тому не має принципової різниці який з них задіяти.

Варто звернути увагу, що результати отримані при застосуванні методу Чебишева для розрахунку відстані значно відрізняються від результатів, отриманих при застосуванні інших відстаней. Особливо погані результати отримано при використанні нечітких гаусівських чисел при розрахунку відстані з застосуванням методу Чебишева.

Тобто використання відстані Чебишева є недоцільним для застосуванні в методі Fuzzy TOPSIS.

Підсумувавши, весь вище наведений аналіз можна зробити заключення, що метод Fuzzy TOPSIS є добре оптимізований для використання багатьох типів нечітких чисел та методів розрахунку відстані. Тому вибір методу розрахунку відстані та типу нечітких чисел залишається цілком на експерті.

В результаті розрахунків в більшості випадків найкращою стала тринадцята альтернатива – Cyberstick. Тому найбільш вигідним вибором для інвесторів стане саме даний інноваційний проєкт.

### **Висновки до розділу 3**

В третьому розділі було здійснено моделювання отриманих результатів, а саме було промодельований обраний метод багатокритерійного прийняття рішень – Fuzzy TOPSIS. Було промодельовані такі етапи методу як:

- 1) Оцінення критеріїв та альтернатив експертами в лінгвістичній формі;
- 2) Перетворення оцінок в нечіткі числа;
- 3) Усереднення оцінок критеріїв та альтернатив;
- 4) Нормування усереднених оцінок альтернатив;
- 5) Побудова зваженої нормованої матриці усереднених оцінок альтернатив;
- 6) Знаходження нечітке ідеальне рішення (FPIS) та нечітке негативне ідеальне рішення (FNIS). Після чого розраховано відстань кожної альтернативи до нечіткого ідеального рішення та до нечіткого негативного рішення;
- 7) Розраховано коефіцієнт близькості;
- 8) Здійснено ранжування альтернатив.

При перетворенні оцінок в нечіткі числа застосовано такі типи нечітких чисел як:

- трикутні;
- трапеційні;
- гаусівські.

Також при розрахунку відстані альтернатив до нечіткого ідеального значення та нечіткого негативного ідеального значення застосовано модифікацію, що полягає в зміні методу розрахунку відстані. А саме було застосовано:

- відстань Евкліда;
- відстань Хеммінга;
- відстань Чебишева.



Після моделювання результатів розрахунків СППР здійснено дослідження отриманих результатів. Так головними висновками стали можливість використання багатьох типів нечітких чисел та методів розрахунку відстані, так як метод Fuzzy TOPSIS добре оптимізований для їх застосування. Це було продемонстровано практично ідентичними результатами при застосуванні класичного методу розрахунку відстані, методу Евкліда та методу Хеммінга.

Також видно, що застосування методу Чебишева не є доцільним в методі Fuzzy TOPSIS так як отримані результати є неточними.

Додатково порівняно результати розрахунків методу Fuzzy TOPSIS з результатами методу Fuzzy ARAS. В результаті порівняння даних методів, помітно, що вони мають схожі результати, що й очікувалось. Також невеликі відмінності в отриманих даних можуть залежати від розрахунку найбільшої відстані до нечіткого негативного ідеального значення методом Fuzzy TOPSIS.

## 4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ

Створена СППР працює за схемою відображеною на рис. 4.1.

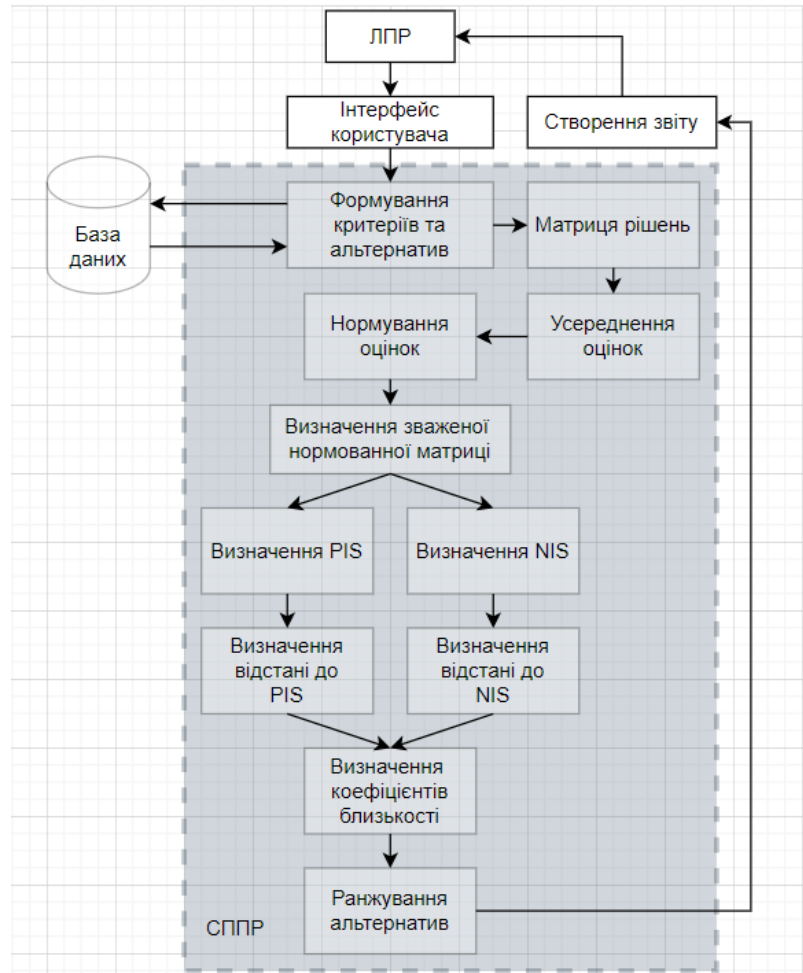


Рис. 4.1. Блок схема системи оцінювання

Як відображено на рис. 4.1 для роботи людині, що приймає рішення з СППР створено інтерфейс користувача, через який виконується вся робота з даними, окрім розрахунків, а після завершення розрахунків створюється документація/звіт зі всіма розрахунками та отриманими результатами для перегляду ЛПР в зручному вигляді.

Також СППР взаємодіє з базою даних при пошуку оптимального рішення.

## 4.1 База даних

Для дослідження обраного методу обрана база даних, що тісно пов'язана з об'єктом дослідження – інноваційними проєктами. Дана база даних була створена при реальній оцінці інноваційних проєктів експертами в даній сфері. В результаті отримано дану БД.

Всього оцінювання проводило шість експертів.

Інноваційні проєкти представили чотирнадцять груп студентів(альтернатив):

- MPBoard;
- Pixium;
- GUPY Services;
- Snager;
- SIFmeter;
- Holo Media System;
- Interview.top;
- InstaAdver;
- Pillars of Light;
- E-Cup;
- Elxy;
- Electro teacher;
- Cyberstick;
- Econd.

Також обрано 10 критеріїв за якими було оцінено дані альтернативи:

- актуальність і соціальна значимість, ідея проєкту;
- проблема;
- конкретність, значимість досяжність результатів проєкту;
- економічна ефективність та бізнес модель;
- інвестиційна привабливість проєкту;
- поточна ситуація;

- рішення;
- переваги;
- клієнти;
- ринок.

Схема зв'язку БД зображена на рис. 4.2. Дана БД має зв'язки один до багатьох, так як для кожного критерію, експерта та альтернативи відповідає декілька записів в іншій таблиці.

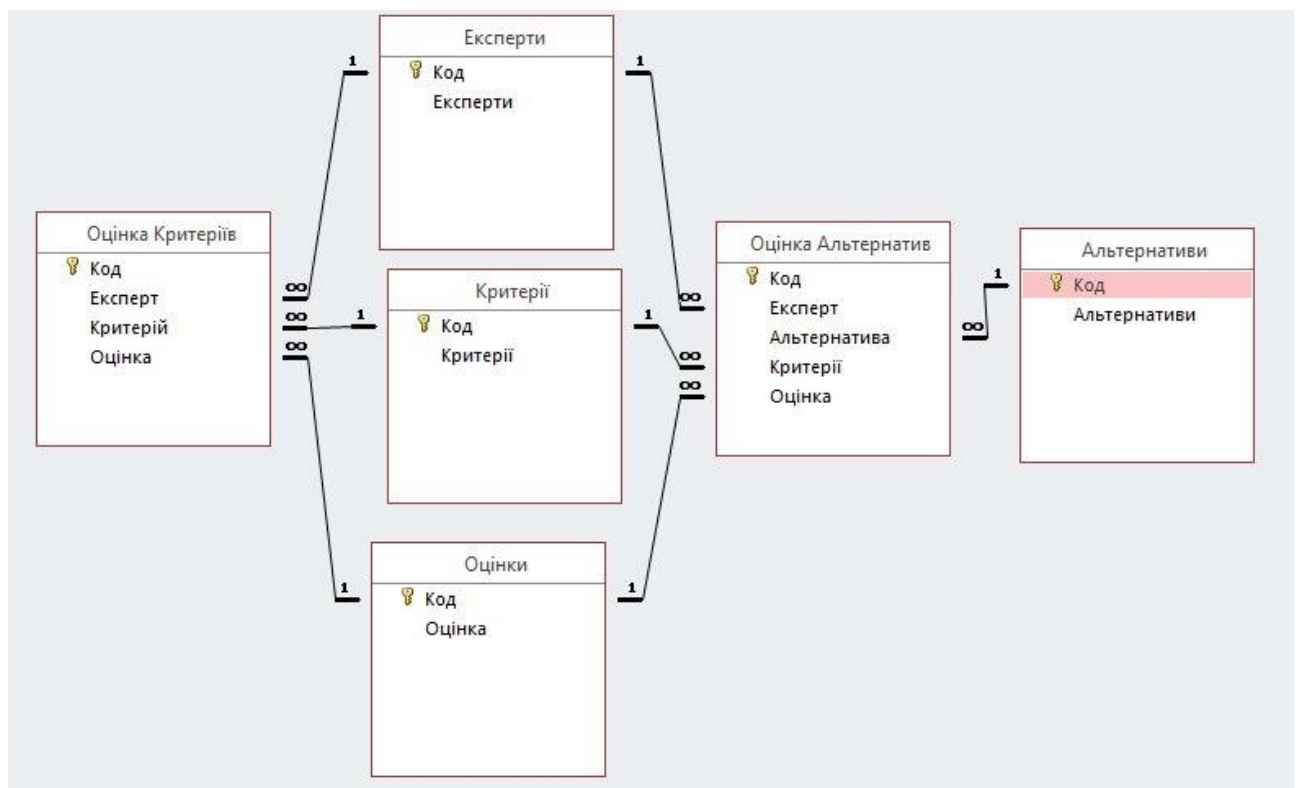


Рис. 4.2. Схема зв'язку БД

## 4.2 Головний інтерфейс

Після огляду БД було розглянуто роботу модифікованого методу Fuzzy TOPSIS. Для зручного користування створено інтерфейс для роботи з СППР (рис. 4.3).

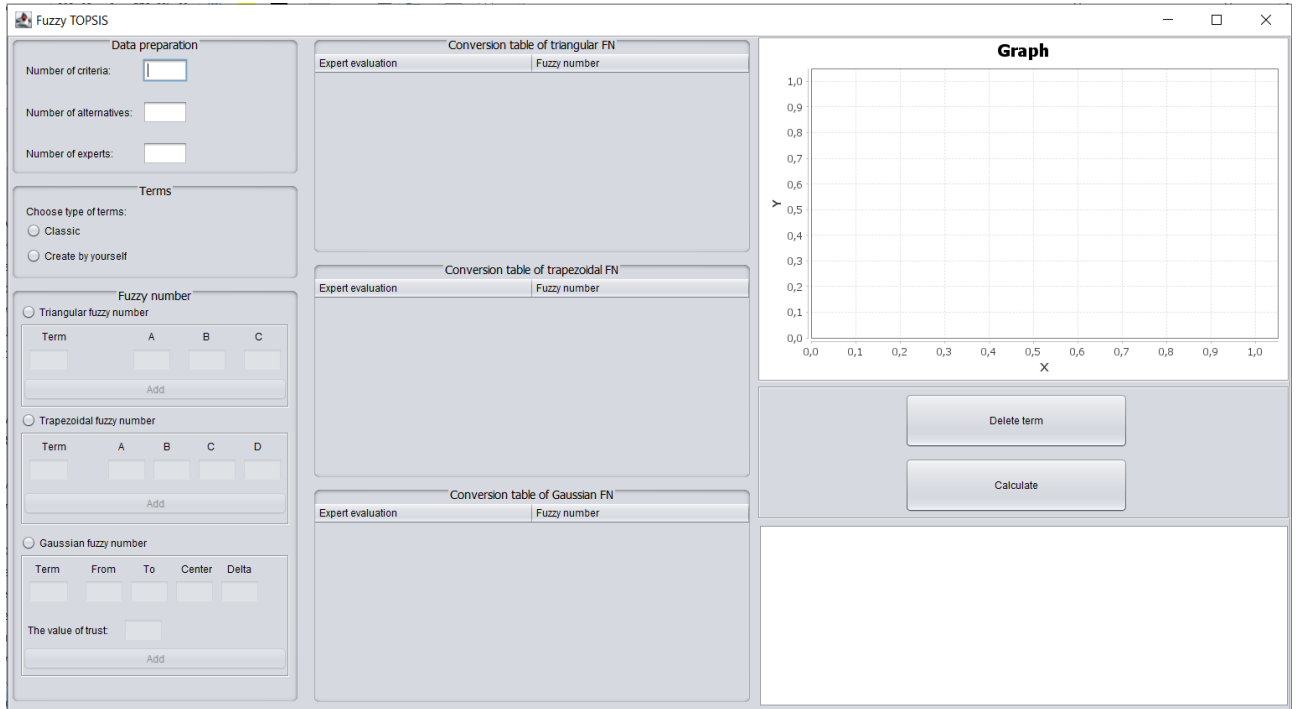


Рис. 4.3. Інтерфейс СППР

Даний інтерфейс надає можливість розглянути можливі лінгвістичні терми запропоновані СППР (рис. 4.4) або власноруч додати свої власні лінгвістичні терми (рис. 4.5).

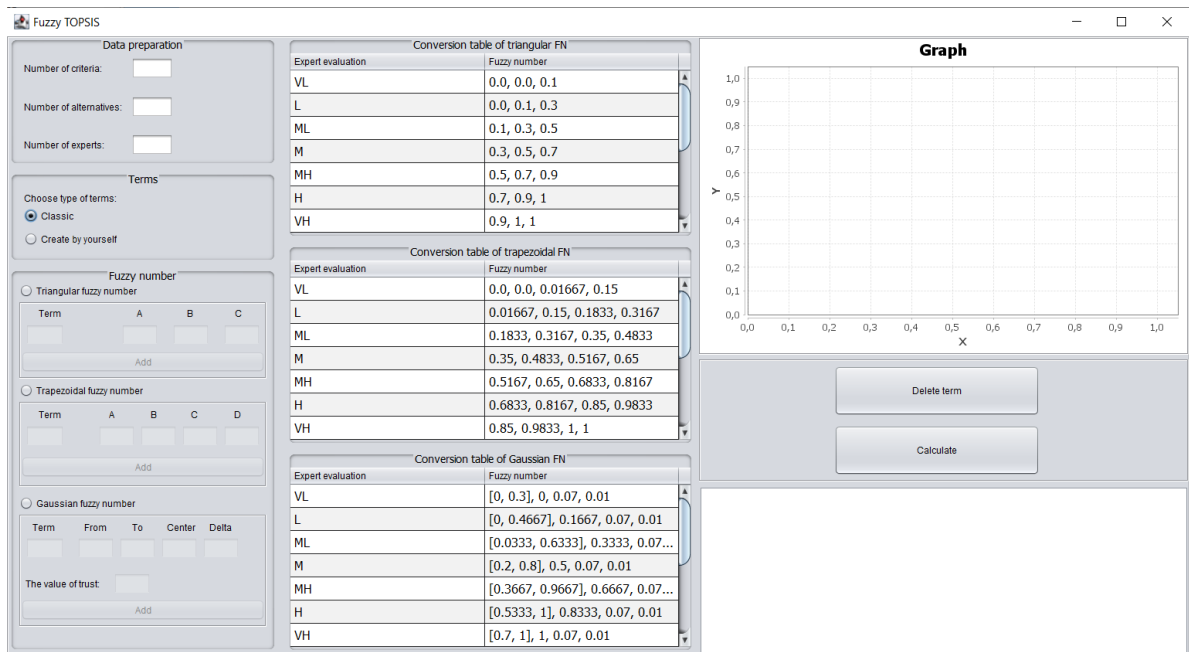


Рис. 4.4. ЛТ запропоновані СППР

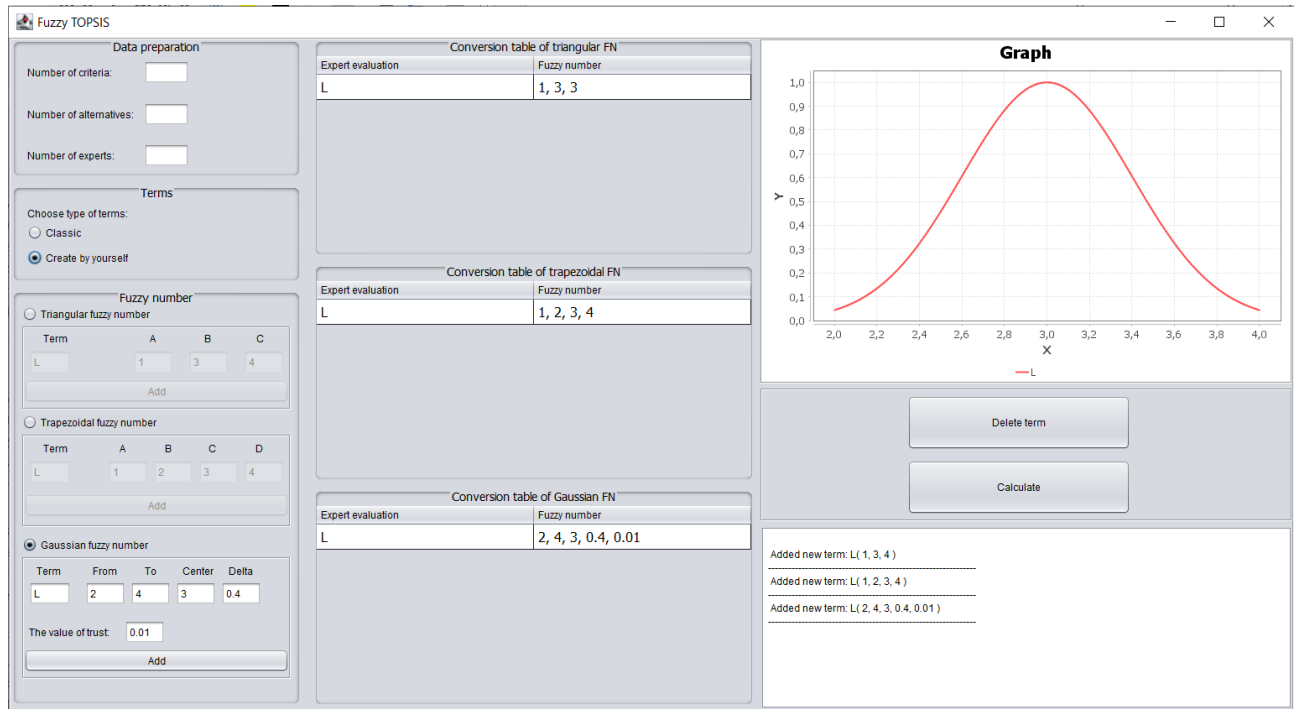


Рис. 4.5. ЛТ додано власноруч

Справа внизу додано невелике консольне вікно, що надає інформації про дії, що було здійснено, можна побачити на рис. 4.5.

Також створена валідація введених даних. Дана СППР надає можливість вводити лише коректні дані. Так в поля, що описують кількість критеріїв, альтернатив та експертів можна ввести лише числові дані. Така ж сама перевірка створена для полів введення нечітких чисел.

### 4.3 Візуалізація лінгвістичних термів

При створенні лінгвістичних термів надана можливість розглянути дані нечіткі числа на графіку (рис. 4.6 – 4.8).

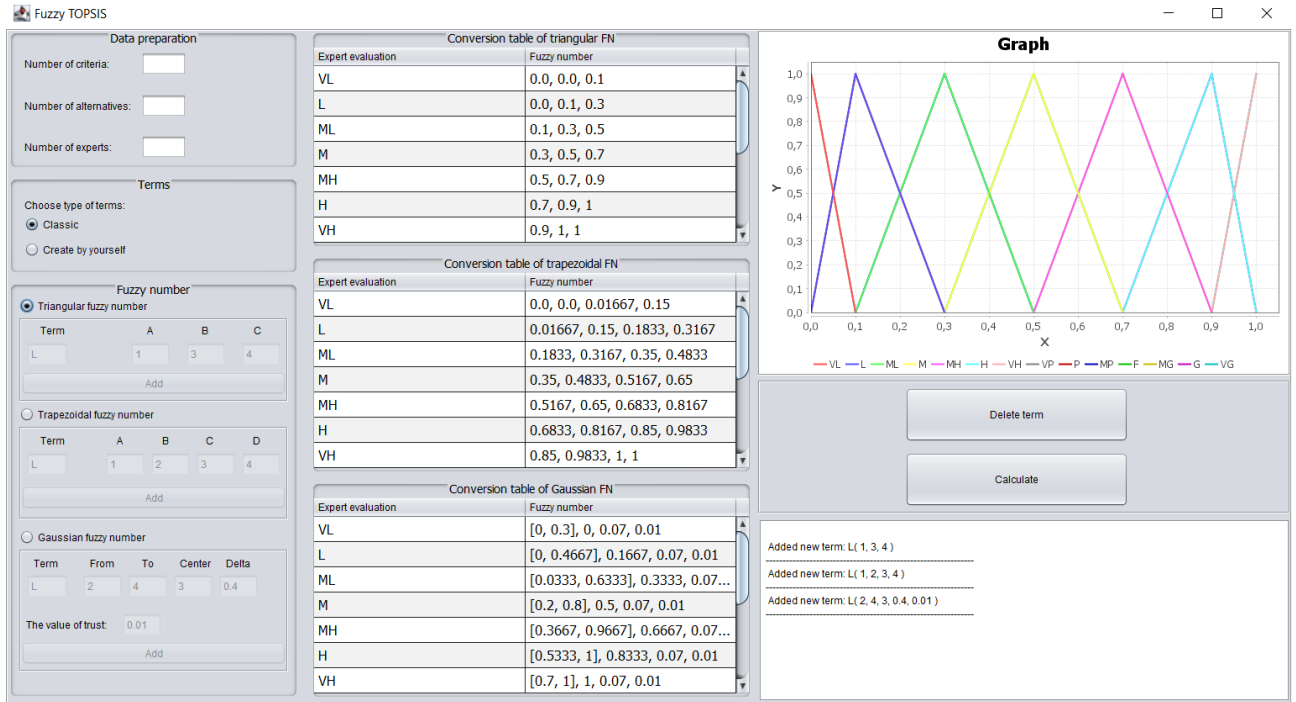


Рис. 4.6. Візуалізація нечітких трикутних чисел

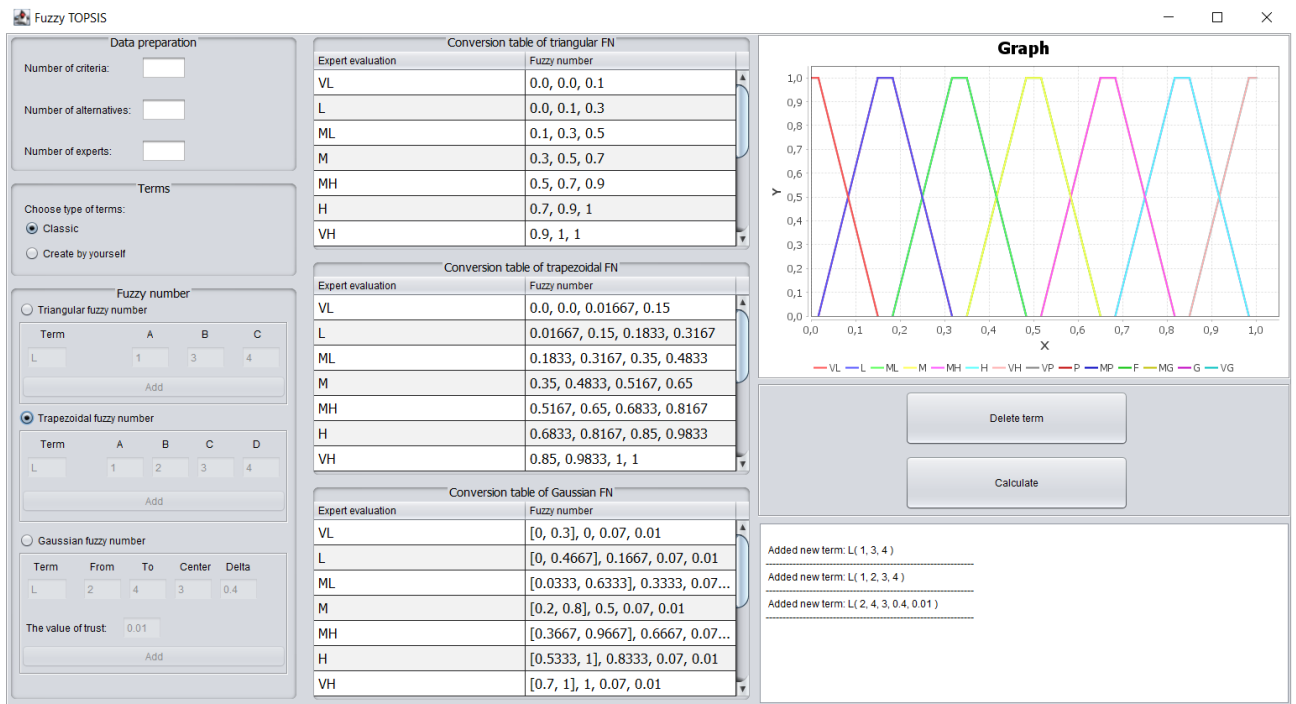


Рис.4.7. Візуалізація нечітких трапеційних чисел

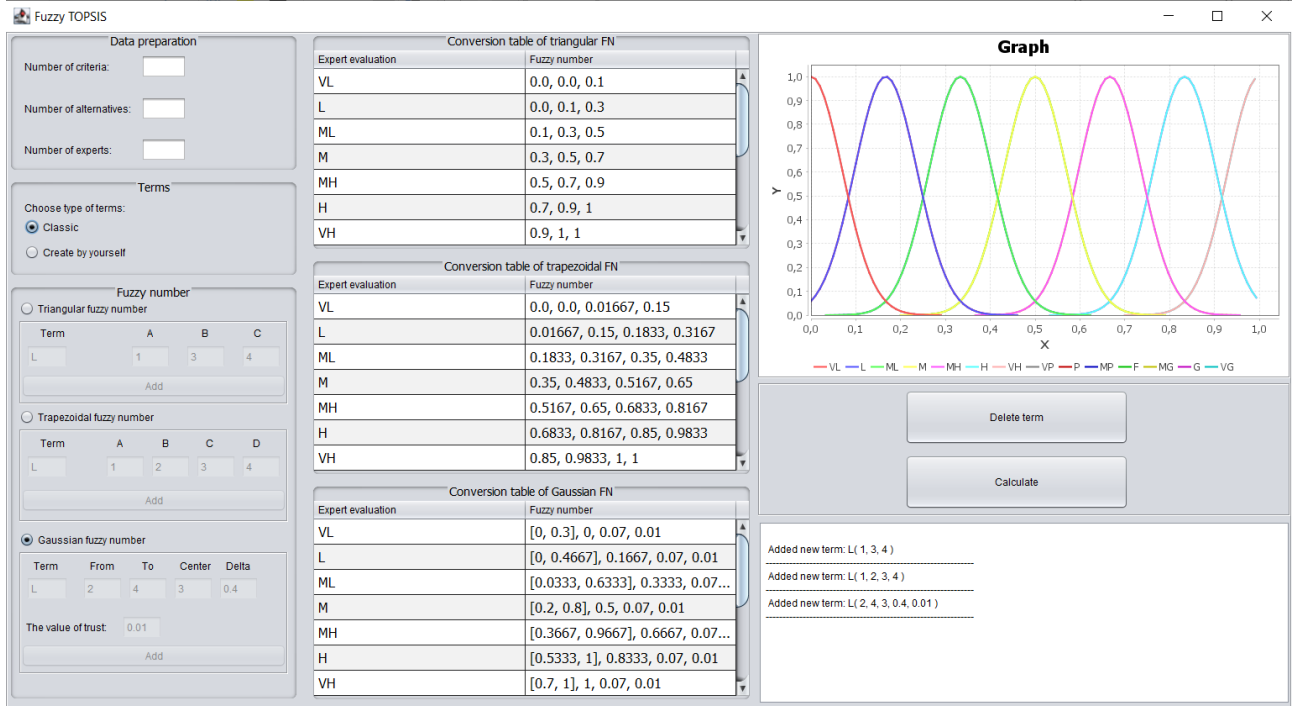


Рис. 4.8. Візуалізація нечітких трапеційних чисел

Також для зручного перегляду створених термів додано можливість виділити обраний терм в базі даних (рис. 4.9).

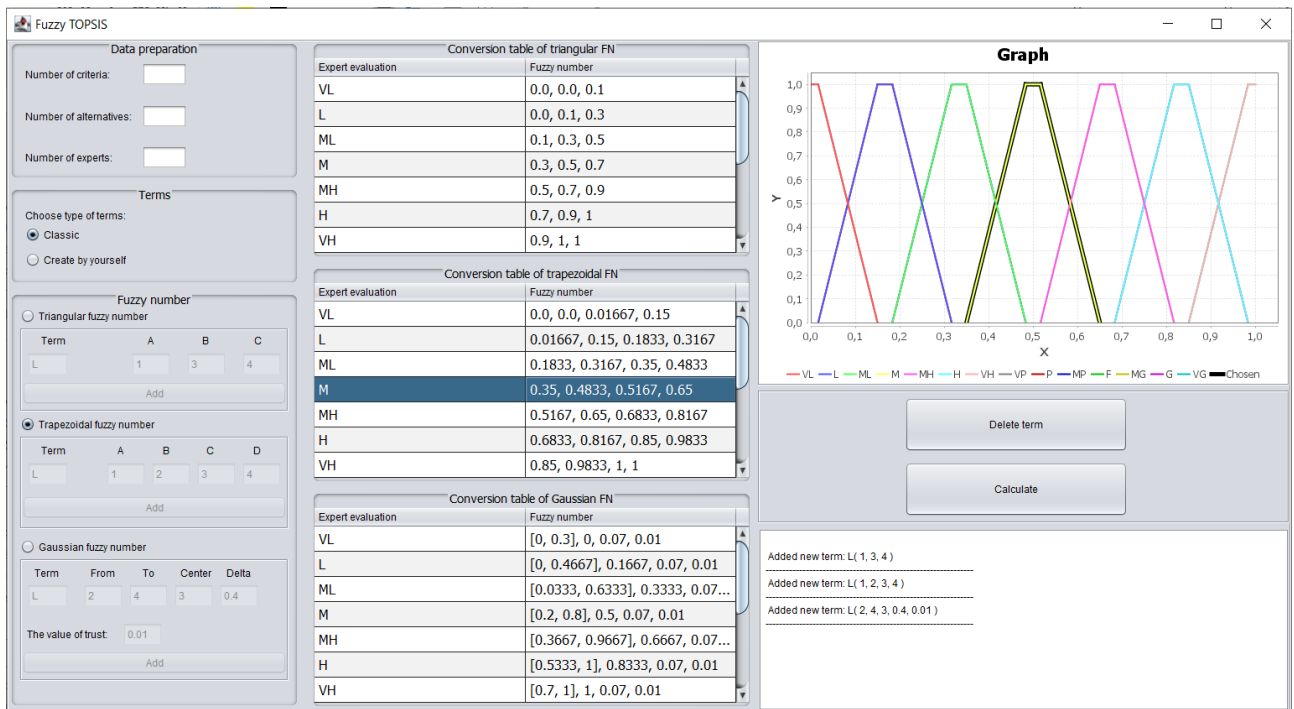


Рис. 4.9. Виділення обраного терму



Додатково надана можливість корегування даних (рис. 4.10 - 4.11).

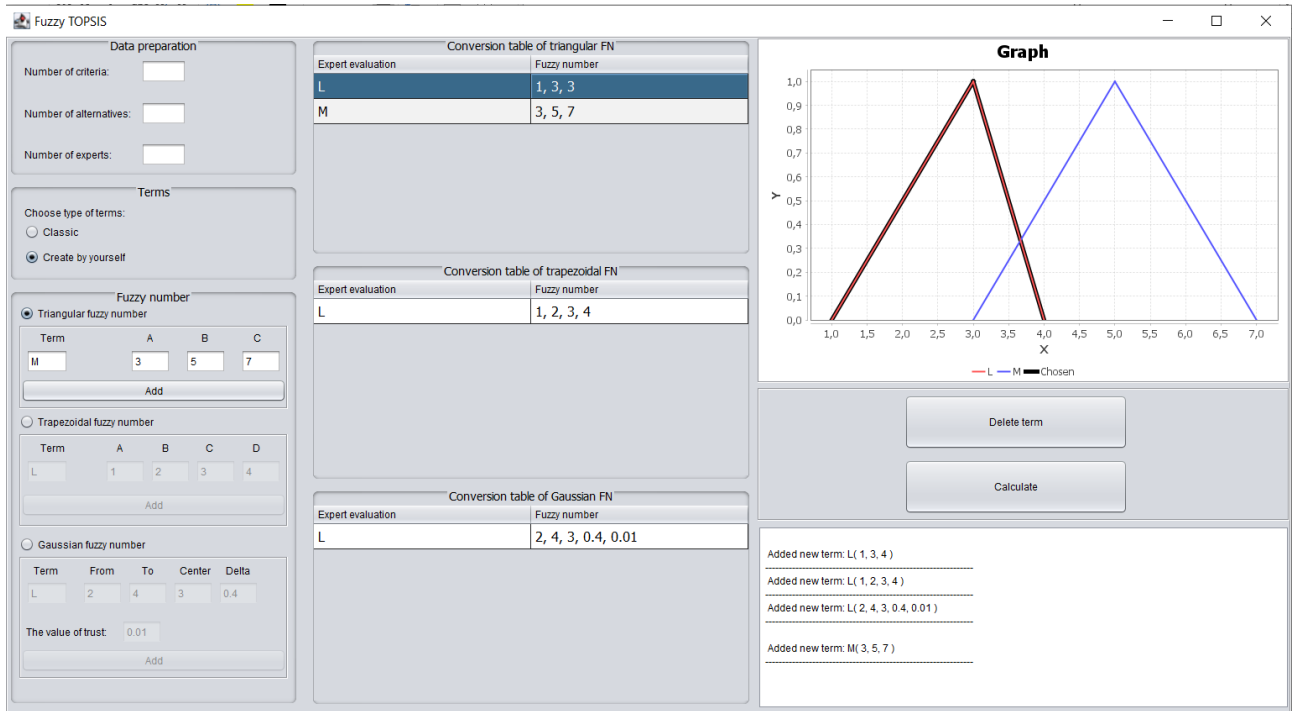


Рис. 4.10. Нечітке трикутне число до редагування

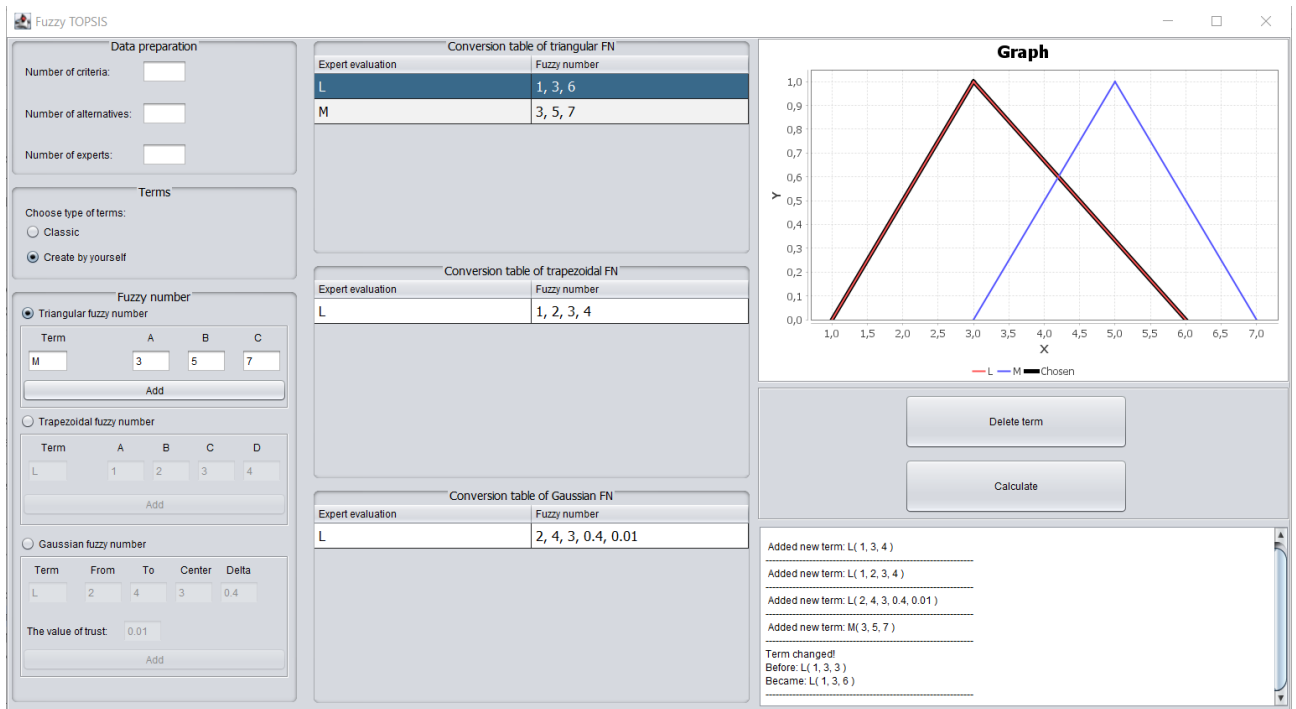


Рис. 4.11. Нечітке трикутне число після редагування

#### 4.4 Вікна попередження

Також додані попередження, при спробі здійснити розрахунки без введення всіх необхідних даних. Так наприклад при спробі здійснити розрахунки не визначивши к-сть критеріїв та альтернатив видається наступне повідомлення (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Попередження про пусте поле

Ще одне попередження додано при спробі додати вже існуючий лінгвістичний термін (рис. 4.13).

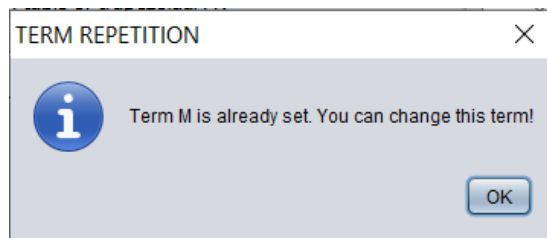


Рис. 4.13. Повідомлення, що такий ЛТ вже створений

Також в випадку якщо файл з вхідними даними відсутній або ж пошкоджений також видається відповідне попередження (рис. 4.14).

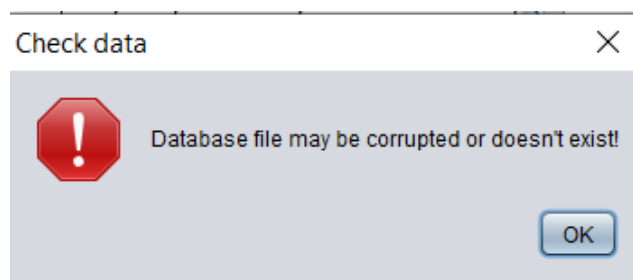


Рис. 4.14. Повідомлення про відсутній або пошкоджений файл з БД

## 4.5 Шаблон введення даних

Також створено шаблон, що відображає правильність введення даних до бази даних (рис. 4.15). Даний шаблон знаходиться в тій же директорії, що й база даних.

Criteria					
	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4	Criterion 5
Expert 1	VH	H	M	M	MH
Expert 2	H	MH	MH	M	ML
Expert 3	VH	M	MH	ML	M
Expert 1					
	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4	Criterion 5
Alternative 1	G	G	MG	MG	MG
Alternative 2	G	MG	MG	F	F
Alternative 3	G	G	MG	MP	G
Alternative 4	MG	MG	MG	F	F
Expert 2					
	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4	Criterion 5
Alternative 1	F	F	MP	F	MG
Alternative 2	F	MG	MP	F	MG
Alternative 3	G	G	F	F	F
Alternative 4	F	F	MG	F	F
Expert 3					
	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4	Criterion 5
Alternative 1	G	MG	MP	MP	G
Alternative 2	G	MG	MG	F	G
Alternative 3	G	MG	MP	MP	F
Alternative 4	MG	MP	P	MP	MP

Рис. 4.15. Шаблон введення даних

## Висновки до розділу 4

Для зручного використання СППР, що використовує розглянутий метод створено інтерфейс. Даний інтерфейс є зручним в використанні та надає багато можливостей.

Першим кроком надається можливість обирати лінгвістичні терми, що будуть використовуватись. СППР пропонує набір ЛТ за замовчуванням, що є

загально прийнятими та рівномірними. Також надається можливість використати свої власні ЛТ, які опише ЛПР.

Для розрахунку надається можливість використати три типи нечітких чисел: трикутні, трапеційні та гаусівські. Для кожного типу нечітких чисел додано візуалізацію, що відобразатиме ЛТ та її перетворення до нечіткого числа.

Також інтерфейс налічує невелике консольне вікно, що відображає всі останні дії.

Додатково додано вікна попередження, на випадки, якщо пропущені дані, здійснена спроба додати все існуючий лінгвістичний термін або файл з базою даних пошкоджений або відсутній.

Створено шаблон, що відображає правильність заповнення бази даних.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено дослідження багатокритерійних методів прийняття рішень, зокрема методу Fuzzy TOPSIS.

Здійснено вибір оптимального інноваційного проєкту за рахунок використання розробленого програмного застосунку на основі модифікованого методу Fuzzy TOPSIS, який допомагає користувачам в прийнятті оптимальних рішень та полегшує процес оцінювання інноваційних проєктів. Крім того досліджено вплив параметрів зазначеного методу на результат.

Для вирішення поставленої мети виконано наступні завдання:

- проведено огляд сучасного стану задачі оцінювання та вибору інноваційних проєктів;
- проаналізовано останні дослідження та публікації;
- проведено огляд методів багатокритерійного прийняття рішень;
- здійснено модифікацію методу Fuzzy TOPSIS, моделювання та аналіз експертних оцінок інноваційних проєктів за визначеними критеріями;
- розроблено програмну реалізацію системи оцінювання та вибору оптимального інноваційного проєкту.

Для модифікації методу при визначенні коефіцієнтів близькості застосовано: Евклідову відстань, Хеммінгову відстань та відстань за Чебишевим. Ще одним елементом модифікації методу Fuzzy TOPSIS є можливість розраховувати результати з використанням різних нечітких чисел, таких як: трикутна, трапеційна, гаусівська.

Після моделювання здійснено аналіз отриманих результатів. Виявлено, що метод Fuzzy TOPSIS є добре адаптований для застосування багатьох типів нечітких чисел та підходів до розрахунку відстані. Це було продемонстровано практично ідентичними результатами при застосуванні класичного розрахунку відстані, Евклідової та Хеммінгової відстаней. Також видно, що застосування відстані за

Чебишевим не є доцільним в методі Fuzzy TOPSIS, так як отримані результати є менш точними.

Додатково порівняно отримані результати з результатами за методом Fuzzy ARAS. В результаті порівняння даних методів видно, що вони мають схожі результати, що й очікувалось. Також невеликі відмінності в отриманих даних можуть залежати від розрахунку найбільшої відстані до нечіткого негативного ідеального значення методом Fuzzy TOPSIS.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інноваційні освітні проєкти всеукраїнського рівня : вебсайт. URL: <https://imzo.gov.ua/osvitni-proekti/> (дата звернення: 05.12.2021).
2. Державний реєстр інноваційних проєктів : вебсайт. URL: <https://mon.gov.ua/ua/nauka/innovacijna-diyalnist-ta-transfer-tehnologij/innovacijni-proekti/derzhavnij-reyestr-innovacijnih-proektiv> (дата звернення 05.12.2021).
3. Zeleny M., Cochrane J. L. Multi-Criteria Decision Making, University of South Carolina Press, 1973.
4. Triantaphyllou E. Multi-criteria decision making methods: A Comparative Study, Springer Science and Business Media, 2013.
5. L.A. Zadeh, Fuzzy sets, Inform. and Control, 1965, 8, pp. 338-353.
6. Chen, C.T., Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114, pp. 1-9.
7. Ranking of Different of Investment Risk in High-Tech Projects Using TOPSIS Method in Fuzzy Environment Based on Linguistic Variables/ Mohammad Ebrahim Sadeghi, Hamed Nozari, Hadi Khajezadeh Dezfoli, Mehdi Khajezadeh Dezfoli, Journal of Fuzzy Extension and Applications, Vol. 2, No. 3, 2021, pp. 246–258.
8. Soroush Saghafian, S.Reza Hejazi, Multi-criteria Group Decision Making Using A Modified Fuzzy TOPSIS Procedure, in International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06), 2015, doi: 10.1109/CIMCA.2005.1631471.
9. Gusti Ayu Made Shinta Wimatsari , I Ketut Gede Darma Putra and Putu Wira Buana, Multi-Attribute Decision Making Scholarship Selection Using A Modified Fuzzy TOPSIS, International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 1, No 2, 2013, pp. 309 – 317.

10. Classification of Toddler Nutritional Status Using Fuzzy Inference System (FIS), Permatasari D., Azizah I. N., Hadiat H. L., Abadi A. M., AIP Conference Proceedings 1868, 2017.
11. A survey of decision support system applications (1988-1994), Eom H.B., Lee S.M., Kim E.B., Somarajan C., p. 1998.
12. An Integrated and Comprehensive Fuzzy Multicriteria Model for Supplier Selection in Digital Supply Chains, Madjid Tavanaa, Akram Shaabani, Debora Di Caprio, Maghsoud Amiri, Sustainable Operations and Computers, Volume 2, 2021, pp. 149-169.
13. Rezaei Jafar Best-worst multi-criteria decision-making method, Omega 53, (2015), pp. 49-57.
14. Brauers W., Zavadskas E. K. Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. Technological and Economic Development of Economy 16(1), 2010, pp. 5-24.
15. Ahmet Can Kutlu, Mehmet Ekmekçioğlu, Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP, Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 1, January 2012, pp. 61-67.
16. Reifer D. J., Software Failure Modes and Effects Analysis, IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY, vol. 28, no. 3, 1979, pp. 247–249.
17. Pelin Alcan, Hüseyin Başlıgil, A study of selecting the best cogeneration system by Fuzzy TOPSIS, 13th International Research/Expert Conference , Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2009, 2009, pp. 4.
18. B Franklin, To Joseph Priestley, In: W Willcox & D Bridgwater (editors), The papers of Benjamin Franklin: January 1 through December 31, Yale University Press., 1772.
19. R Keeney, H Raiffa, Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Cambridge University Press, 1993.
20. M Köksalan, J Wallenius, S Zionts, Multiple Criteria Decision Making: From Early History to the 21st Century, World Scientific, 2011.



21. Zadeh L.A. , The concept of a linguistiv variable and its application to approximate reasoning – I, Information Sciences, 1970, pp. 199-249.
22. Brans J.P., Vincke P. A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM, Manag. Sci., 1985, pp. 647–656.
23. Roy B. The outranking approach and the foundations of electre methods, Theory Decis., 1991, pp. 49–73.
24. MacCrimmon K.R. Decision Making Among Multiple-Attribute Alternatives: A Survey and Consolidated Approach, RAND Memorandum, RM-4823-ARPA, Rand Corporation: Santa Monica, 1968.
25. Edmundas Kazimieras Zavadskas, Zenonas Turskis, A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, Technological and Economic Development of Economy, 2010, pp. 159-172, DOI: 10.3846/tede.2010.10.
26. Saaty T.L., The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, Mcgraw-Hill ,1980.
27. Saaty T.L., What is the analytic hierarchy process? Mathematical models for decision support, Springer Berlin Heidelberg, 1988.
28. Buckley J.J., Fuzzy hierarchical analysis, Fuzzy Sets and Systems, 1985, pp. 233-247.
29. Saaty T. L., Kearns K. P., Analytical Planning The Organization of Systems, Pergamon Press, 1985.
30. Chou S-W., Chang Y-C., The implementation factors that influence the ERP (Enterprise Resource Planning) Benefits, Decision Support Systems, Vol. 46(1), 2008, pp. 149-157.
31. Zavadskas E. K., Kaklauskas A., Determination of an efficient contractor by using the new method of multi-criteria assessment, International Symposium for The Organisation and Management of Construction. Shaping Theory and Practice, Vol. 2, London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 1996, pp. 94–104.
32. Chatterjee N., Bose G. A COPRAS-F base multi-criteria group decision making approach for site selection of wind farm, Decision Science Letters, 2013.

33. Opricovic S. Multicriteria optimization of civil engineering systems, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, vol. 2, no. 1, 1998, pp. 5-21.
34. Tzeng G H, Lin C. W. Opricovic S., Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation Energy Policy, 2005, pp. 1373-1383.
35. Hwang, C.L., Yoon K. Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications, Springer, Berlin Heidelberg, 1981.
36. Yoon K. A reconciliation among discrete compromise solutions, J. Oper. Res. Soc., 1987, pp. 277-286.
37. Chen S. J., Hwang C. L. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making, Springer-Verlag, 1992.
38. Відстань Евкліда : вебсайт. URL:<https://www.cuemath.com/euclidean-distance-formula/> (дата звернення: 07.01.2022).
39. Відстань Хеммінга : вебсайт. URL:<https://towardsdatascience.com/9-distance-measures-in-data-science-918109d069fa> (дата звернення: 07.01.2022).
40. Відстань Чебишева : вебсайт. URL: <https://towardsdatascience.com/9-distance-measures-in-data-science-918109d069fa> (дата звернення: 07.01.2022).
41. Державні санітарні правила і норми ДСанПіН 5.5.6.009-98 Влаштування і обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режим праці учнів на персональних комп'ютерах. Державні санітарні правила та норми ( згідно з наказом від 30.12.1998 N 9).
42. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98 (згідно з наказом від 10.12.98 № 7).
43. Наказ від 31.10.2016 № 287 Про затвердження ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
44. Методичні рекомендації до практичних (семінарських) занять з дисципліни «Цивільний захист та охорона праці в галузі», Щербак Ю. Г., Алексєєва А. О., Макарова О. В., Боженко А. Л., ЧНУ імені Петра Могили, 2019.

## ДОДАТОК А

### Код застосунку

```
public void readExcel() throws IOException{
    FileInputStream fis = new FileInputStream("database.xlsx");
    XSSFWorkbook wb = new XSSFWorkbook(fis);
    XSSFSheet sheet = wb.getSheetAt(0);
    Iterator<Row> rowIterator = sheet.iterator();
    XSSFRow row_criteria = sheet.getRow(1);

    int row_alternative = 5 + expert_count;

    criteria = new String[criteria_count];
    alternatives = new String[alternative_count];
    experts = new String[expert_count];

    arr_criteria_evaluation = new String[expert_count][criteria_count];
    arr_alternative_evaluation = new String[expert_count][alternative_count][criteria_count];

    System.out.println(criteria_count);
    System.out.println(alternative_count);
    System.out.println(expert_count);

    ArrayList<String> list = new ArrayList<String>();
    int count_tmp = 0;

    for(int i = 1; i < row_criteria.getLastCellNum(); i++){
        criteria[i-1] = row_criteria.getCell(i).toString();
    }
    for(int i = 0; i < criteria.length; i++){
        System.out.println(criteria[i]);
    }

    for(int i = 0; i < alternatives.length; i++){
        alternatives[i]= sheet.getRow(row_alternative + i).getCell(0).toString();
    }

    for(int i = 0; i < alternatives.length; i++){
        System.out.print(alternatives[i] + "\t");
    }

    for(int i = 0; i < expert_count; i++){
        for (int j = 0; j < criteria_count; j++) {
            arr_criteria_evaluation[i][j] = sheet.getRow(2 + i).getCell(j+1).toString();
        }
    }

    for(int i = 0; i < arr_criteria_evaluation.length; i++){
        for (int j = 0; j < arr_criteria_evaluation[0].length; j++) {
            System.out.print(arr_criteria_evaluation[i][j] + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    System.out.println("");

    int tmp_row_alternative = row_alternative;

    for (int i = 0; i < expert_count; i++) {
```

```

for (int j = 0; j < alternative_count; j++) {
    for (int k = 0; k < criteria_count; k++) {
        arr_alternative_evaluation[i][j][k] = sheet.getRow(tmp_row_alternative).getCell(k+1).toString();
    }
    tmp_row_alternative++;
}
tmp_row_alternative+= 3;
}

for (int i = 0; i < expert_count; i++) {
    for (int j = 0; j < alternative_count; j++) {
        for (int k = 0; k < criteria_count; k++) {
            System.out.print(arr_alternative_evaluation[i][j][k] + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    System.out.println("");
}

for(int i = 0; i < expert_count; i++){
    experts[i] = sheet.getRow(2+i).getCell(0).toString();
}

fis.close();

fn = new
Fuzzy_num[arr_alternative_evaluation.length][arr_alternative_evaluation[0].length][arr_alternative_evaluation[0][0].length];
fn_criteria = new Fuzzy_num[expert_count][criteria_count];

arr_agrigated_criteria = new Fuzzy_num[expert_count][criteria_count];
arr_agrigated = new
Fuzzy_num[arr_alternative_evaluation.length][arr_alternative_evaluation[0].length][arr_alternative_evaluation[0][0].length];

arr_agrigated_criteria_trapezoid = new Fuzzy_num[expert_count][criteria_count];
arr_agrigated_trapezoid = new
Fuzzy_num[arr_alternative_evaluation.length][arr_alternative_evaluation[0].length][arr_alternative_evaluation[0][0].length];

arr_agrigated_criteria_gauss = new Fuzzy_num[expert_count][criteria_count];
arr_agrigated_gauss = new
Fuzzy_num[arr_alternative_evaluation.length][arr_alternative_evaluation[0].length][arr_alternative_evaluation[0][0].length];

arr_normalized = new Fuzzy_num[criteria.length][alternatives.length];
arr_normalized_trapezoid = new Fuzzy_num[criteria.length][alternatives.length];
arr_normalized_gauss = new Fuzzy_num[criteria.length][alternatives.length];

arr_weight_normalized = new Fuzzy_num[criteria.length][alternatives.length];
arr_weight_normalized_trapezoid = new Fuzzy_num[criteria.length][alternatives.length];
arr_weight_normalized_gauss = new Fuzzy_num[criteria.length][alternatives.length];

arr_fpis = new Fuzzy_num[criteria.length];
arr_fnis = new Fuzzy_num[criteria.length];

arr_fpis_trapezoid = new Fuzzy_num[criteria.length];
arr_fnis_trapezoid = new Fuzzy_num[criteria.length];

arr_fpis_gauss = new Fuzzy_num[criteria.length];

```

```
arr_fnis_gauss = new Fuzzy_num[criteria.length];

arr_dfpis = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_hemming = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_hemming = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_hemming_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_hemming_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_hemming_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_hemming_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_euclidean = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_euclidean = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_euclidean_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_euclidean_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_euclidean_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_euclidean_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_chebyshev = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_chebyshev = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_chebyshev_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_chebyshev_trapezoid = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_dfpis_chebyshev_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];
arr_dfnis_chebyshev_gauss = new double[criteria.length][alternatives.length];

arr_sum_plus_euclidean = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_euclidean = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_euclidean_trapezoid = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_euclidean_trapezoid = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_euclidean_gauss = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_euclidean_gauss = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_hamming = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_hamming = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_hamming_trapezoid = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_hamming_trapezoid = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_hamming_gauss = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_hamming_gauss = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_chebyshev = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_chebyshev = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_chebyshev_trapezoid = new double[alternatives.length];
```

```

arr_sum_minus_chebyshev_trapezoid = new double[alternatives.length];

arr_sum_plus_chebyshev_gauss = new double[alternatives.length];
arr_sum_minus_chebyshev_gauss = new double[alternatives.length];

arr_res = new double[alternative_count];
arr_ress_hemming = new double[alternative_count];
arr_ress_euclidean = new double[alternative_count];
arr_res_chebyshev = new double[alternative_count];

arr_res_trapezoid = new double[alternative_count];
arr_ress_hemming_trapezoid = new double[alternative_count];
arr_ress_euclidean_trapezoid = new double[alternative_count];
arr_res_chebyshev_trapezoid = new double[alternative_count];

arr_res_gauss = new double[alternative_count];
arr_ress_hemming_gauss = new double[alternative_count];
arr_ress_euclidean_gauss = new double[alternative_count];
arr_res_chebyshev_gauss = new double[alternative_count];

fn_trapezoid = new
Fuzzy_num[arr_alternative_evaluation.length][arr_alternative_evaluation[0].length][arr_alternative_evaluation[0][0].length];
fn_criteria_trapezoid = new Fuzzy_num[expert_count][criteria_count];

fn_gauss = new
Fuzzy_num[arr_alternative_evaluation.length][arr_alternative_evaluation[0].length][arr_alternative_evaluation[0][0].length];
fn_criteria_gauss = new Fuzzy_num[expert_count][criteria_count];
}

DefaultTableCellRenderer centerRenderer = new DefaultTableCellRenderer();
static int table_x=5;
static int table_y=5;
static int table_height;
double temp_elem1 = 1;
double temp_elem2 = 1;
double temp_elem3 = 1;
double temp_elem4 = 1;
double tmp_max = 0;

public Fuzzy_num transformation(String arr_linguist){
    Fuzzy_num linguist= new Fuzzy_num();
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("VL") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("VP")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.0, 0.0, 0.1);
    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("L") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("P")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.0, 0.1, 0.3);
    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("ML") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("MP")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.1, 0.3, 0.5);
    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("M") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("F")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.3, 0.5, 0.7);
    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("MH") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("MG")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.5, 0.7, 0.9);
    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("H") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("G")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.7, 0.9, 1);
    }
}

```

```

    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("VH") || arr_linguist.equalsIgnoreCase("VG")){
        linguist=new Fuzzy_num(0.9, 1, 1);
    }
    if(arr_linguist.equalsIgnoreCase("EQ")){
        linguist=new Fuzzy_num(1, 1, 1);
    }
    return linguist;
}

public Fuzzy_num[][] agregation(String [][]arr){

    for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
        for (int j = 0; j < arr[0].length; j++) {
            arr_agrigated_criteria[i][j] = transformation(arr[i][j]);
        }
    }
    return arr_agrigated_criteria;
}

public Fuzzy_num[][][] agregation(String [][][]arr){

    for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
        for (int j = 0; j < arr[0].length; j++) {
            for(int k = 0; k < arr[0][0].length; k++){
                arr_agrigated[i][j][k] = transformation(arr[i][j][k]);
            }
        }
    }
    return arr_agrigated;
}

public Fuzzy_num[] fuzzy_average_criteria(Fuzzy_num arr_criteria[][[]], String [][]arr_grades_criteria){
    arr_dimension_criteria = new Fuzzy_num[arr_grades_criteria[0].length];
    int tmp_ind = 0;
    for (int i = 0; i < arr_criteria[0].length; i++) {
        temp_elem1 = 0;
        temp_elem2 = 0;
        temp_elem3 = 0;
        for (int j = 0; j < arr_criteria.length; j++) {

            arr_dimension_criteria[i] = new Fuzzy_num();

            temp_elem1 += arr_criteria[j][i].elem1;
            temp_elem2 += arr_criteria[j][i].elem2;
            temp_elem3 += arr_criteria[j][i].elem3;

        }
        arr_dimension_criteria[tmp_ind].elem1 = temp_elem1/arr_criteria.length;
        arr_dimension_criteria[tmp_ind].elem2 = temp_elem2/arr_criteria.length;
        arr_dimension_criteria[tmp_ind].elem3 = temp_elem3/arr_criteria.length;
        tmp_ind++;
    }
    System.out.println("\n-----average criteria-----\n");

    for (int i = 0; i < arr_dimension_criteria.length; i++) {
        System.out.println(arr_dimension_criteria[i]);
    }
    return arr_dimension_criteria;
}

```

```

public Fuzzy_num[][] fuzzy_average(Fuzzy_num arr[][]){
    System.out.println("\n-----average alternatives-----\n");

    Fuzzy_num [][] arr_dimension = new Fuzzy_num[criteria_count][alternative_count];
    int tmp_crit = 0;
    int tmp_i = 0;
    for (int i = 0; i < arr[0].length; i++) {
        tmp_i = 0;
        for (int j = 0; j < arr[0][0].length; j++) {
            temp_elem1 = 0;
            temp_elem2 = 0;
            temp_elem3 = 0;
            tmp_crit = 0;
            arr_dimension[j][i] = new Fuzzy_num();
            for (int k = 0; k < arr.length; k++) {

                temp_elem1 += arr[k][i][j].elem1;
                temp_elem2 += arr[k][i][j].elem2;
                temp_elem3 += arr[k][i][j].elem3;
                tmp_crit++;
            }
            arr_dimension[j][i].elem1 = temp_elem1/arr.length;
            arr_dimension[j][i].elem2 = temp_elem2/arr.length;;
            arr_dimension[j][i].elem3 = temp_elem3/arr.length;;
            tmp_i++;
        }
    }

    for (int i = 0; i < arr_dimension.length; i++) {
        for (int j = 0; j < arr_dimension[0].length; j++) {
            System.out.print(arr_dimension[i][j] + "\t\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    return arr_dimension;
}

public void normalized(Fuzzy_num [][]arr_dimension){
    System.out.println("-----normalized-----");

    for (int i = 0; i < arr_dimension.length; i++) {
        tmp_max = 0;
        for (int j = 0; j < arr_dimension[0].length; j++) {
            if(tmp_max < arr_dimension[i][j].max()){
                tmp_max = arr_dimension[i][j].max();
            }
        }
        for (int j = 0; j < arr_dimension[0].length; j++) {
            arr_normalized[i][j] = new Fuzzy_num();
            arr_normalized[i][j].elem1 = arr_dimension[i][j].elem1/tmp_max;
            arr_normalized[i][j].elem2 = arr_dimension[i][j].elem2/tmp_max;
            arr_normalized[i][j].elem3 = arr_dimension[i][j].elem3/tmp_max;
        }
    }
    for (int i = 0; i < arr_normalized.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_normalized[0].length; j++){
            System.out.print(arr_normalized[i][j] + " \t");
        }
        System.out.println("");
    }
}

```



```

    }
}

public void weight_normalized(Fuzzy_num [] arr_criteria, Fuzzy_num [][] arr_normalized){
    for (int i = 0; i < arr_normalized.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_normalized[0].length; j++){
            arr_weight_normalized[i][j] = new Fuzzy_num();
            arr_weight_normalized[i][j].elem1 = arr_criteria[i].elem1*arr_normalized[i][j].elem1;
            arr_weight_normalized[i][j].elem2 = arr_criteria[i].elem2*arr_normalized[i][j].elem2;
            arr_weight_normalized[i][j].elem3 = arr_criteria[i].elem3*arr_normalized[i][j].elem3;
        }
    }

    System.out.println("-----weight normalized-----");
    for (int i = 0; i < arr_normalized.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_normalized[0].length; j++){
            System.out.print(arr_weight_normalized[i][j] + " ");
        }
        System.out.println("");
    }
}

public void fpis_fnis(Fuzzy_num [][] arr_w_norm){
    double t_max = 0;
    double t_min = 0;
    for(int i = 0; i < arr_w_norm.length; i++){
        t_max = arr_w_norm[i][0].max();
        t_min = arr_w_norm[i][0].min();
        for(int j = 0; j < arr_w_norm[0].length; j++){
            if(t_max < arr_w_norm[i][j].max()){
                t_max = arr_w_norm[i][j].max();
            }
            arr_fpis[i] = new Fuzzy_num();
            arr_fpis[i].elem1 = t_max;
            arr_fpis[i].elem2 = t_max;
            arr_fpis[i].elem3 = t_max;

            if(t_min > arr_w_norm[i][j].min()){
                t_min = arr_w_norm[i][j].min();
            }
            arr_fnis[i] = new Fuzzy_num();
            arr_fnis[i].elem1 = t_min;
            arr_fnis[i].elem2 = t_min;
            arr_fnis[i].elem3 = t_min;
        }
    }

    System.out.println("\n-----FPIS-----\n");
    for (int i = 0; i < arr_fpis.length; i++) {
        System.out.println(arr_fpis[i]);
    }
    System.out.println("\n-----FNIS-----\n");
    for (int i = 0; i < arr_fnis.length; i++) {
        System.out.println(arr_fnis[i]);
    }
}

double t_elem1 = 0;
double t_elem2 = 0;

```

```

double t_elem3 = 0;
double t_elem4 = 0;
double t2_elem1 = 0;
double t2_elem2 = 0;
double t2_elem3 = 0;
double t2_elem4 = 0;

public void dfpis_dfnis(Fuzzy_num [][] arr_w_norm, Fuzzy_num [] arr_fpis, Fuzzy_num [] arr_fnis){

    for(int i = 0; i < arr_w_norm.length; i++){
        t_elem1 = 0;
        t_elem2 = 0;
        t_elem3 = 0;
        t2_elem1 = 0;
        t2_elem2 = 0;
        t2_elem3 = 0;
        for(int j = 0; j < arr_w_norm[0].length; j++){
            t_elem1 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fpis[i].elem1, 2);
            t_elem2 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fpis[i].elem2, 2);
            t_elem3 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fpis[i].elem3, 2);

            t2_elem1 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fnis[i].elem1, 2);
            t2_elem2 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fnis[i].elem2, 2);
            t2_elem3 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fnis[i].elem3, 2);
            arr_dfpis[i][j] = Math.sqrt((1.0/3.0)*(t_elem1 + t_elem2 + t_elem3));
            arr_dfnis[i][j] = Math.sqrt((1.0/3.0)*(t2_elem1 + t2_elem2 + t2_elem3));
        }
    }

    System.out.println("-----defuz fpis-----");
    DecimalFormat df = new DecimalFormat("###.###");
    for (int i = 0; i < arr_dfpis.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfpis[0].length; j++){
            System.out.print(df.format(arr_dfpis[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    System.out.println("-----defuz fnis-----");

    for (int i = 0; i < arr_dfnis.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfnis[0].length; j++){
            System.out.print(df.format(arr_dfnis[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    arr_sum_plus = new double[alternatives.length];
    arr_sum_minus = new double[alternatives.length];

    for (int j = 0; j < arr_dfpis[0].length; j++) {
        for(int i = 0; i < arr_dfpis.length; i++){

            arr_sum_plus[j] += arr_dfpis[i][j];
            arr_sum_minus[j] += arr_dfnis[i][j];
        }
        System.out.println("sum-classic: " + arr_sum_plus[j]);
        System.out.println("minus-classic: " + arr_sum_minus[j]);
    }
    System.out.println("-----ress-----");
}

```

```

for (int i = 0; i < arr_sum_plus.length; i++) {
    arr_res[i] = arr_sum_minus[i]/(arr_sum_minus[i]+arr_sum_plus[i]);
    System.out.println("classic : " + arr_res[i]);
}
}

public void deff_euclidean(Fuzzy_num [][] arr_w_norm, Fuzzy_num [] arr_fpis, Fuzzy_num [] arr_fnis){
    for(int i = 0; i < arr_w_norm.length; i++){
        t_elem1 = 0;
        t_elem2 = 0;
        t_elem3 = 0;
        t2_elem1 = 0;
        t2_elem2 = 0;
        t2_elem3 = 0;
        for(int j = 0; j < arr_w_norm[0].length; j++){
            t_elem1 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fpis[i].elem1, 2);
            t_elem2 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fpis[i].elem2, 2);
            t_elem3 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fpis[i].elem3, 2);

            t2_elem1 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fnis[i].elem1, 2);
            t2_elem2 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fnis[i].elem2, 2);
            t2_elem3 = Math.pow(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fnis[i].elem3, 2);
            arr_dfpis_euclidean[i][j]=Math.sqrt((t_elem1 + t_elem2 + t_elem3));
            arr_dfnis_euclidean[i][j]=Math.sqrt((t2_elem1 + t2_elem2 + t2_elem3));
        }
    }

    System.out.println("-----defuz fpis euclidean-----");
    DecimalFormat df = new DecimalFormat("###.###");
    for (int i = 0; i < arr_dfpis_euclidean.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfpis_euclidean[0].length; j ++){
            System.out.print(df.format(arr_dfpis_euclidean[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    System.out.println("-----defuz fnis euclidean-----");

    for (int i = 0; i < arr_dfnis_euclidean.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfnis_euclidean[0].length; j ++){
            System.out.print(df.format(arr_dfnis_euclidean[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    arr_sum_plus_euclidean = new double[alternatives.length];
    arr_sum_minus_euclidean = new double[alternatives.length];

    for (int j = 0; j < arr_dfpis_euclidean[0].length; j++) {
        for(int i = 0; i < arr_dfpis_euclidean.length; i++){
            arr_sum_plus_euclidean[j]+=arr_dfpis_euclidean[i][j];
            arr_sum_minus_euclidean[j]+=arr_dfnis_euclidean[i][j];
        }
        System.out.println("sum-euclidean: " + arr_sum_plus_euclidean[j]);
        System.out.println("minus-euclidean: " + arr_sum_minus_euclidean[j]);
    }
    System.out.println("-----ress euclidean-----");
    for (int i = 0; i < arr_sum_plus_euclidean.length; i++) {
        arr_ress_euclidean[i] = arr_sum_minus_euclidean[i]/(arr_sum_minus_euclidean[i]+arr_sum_plus_euclidean[i]);
        System.out.println("Euclidean : " + arr_ress_euclidean[i]);
    }
}

```

```

}

public void deff_hemming(Fuzzy_num [][] arr_w_norm, Fuzzy_num [] arr_fpis, Fuzzy_num [] arr_fnis){
    for(int i = 0; i < arr_w_norm.length; i++){
        t_elem1 = 0;
        t_elem2 = 0;
        t_elem3 = 0;
        t2_elem1 = 0;
        t2_elem2 = 0;
        t2_elem3 = 0;
        for(int j = 0; j < arr_w_norm[0].length; j++){
            t_elem1 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fpis[i].elem1);
            t_elem2 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fpis[i].elem2);
            t_elem3 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fpis[i].elem3);

            t2_elem1 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fnis[i].elem1);
            t2_elem2 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fnis[i].elem2);
            t2_elem3 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fnis[i].elem3);
            arr_dfpis_hemming[i][j] = t_elem1 + t_elem2 + t_elem3;
            arr_dfnis_hemming[i][j] = t2_elem1 + t2_elem2 + t2_elem3;
        }
    }

    System.out.println("-----defuz fpis hemming-----");
    DecimalFormat df = new DecimalFormat("###.###");
    for (int i = 0; i < arr_dfpis_hemming.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfpis_hemming[0].length; j++){
            System.out.print(df.format(arr_dfpis_hemming[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    System.out.println("-----defuz fnis hemming-----");

    for (int i = 0; i < arr_dfnis_hemming.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfnis_hemming[0].length; j++){
            System.out.print(df.format(arr_dfnis_hemming[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    arr_sum_plus_hamming = new double[alternatives.length];
    arr_sum_minus_hamming = new double[alternatives.length];

    for (int j = 0; j < arr_dfpis_euclidean[0].length; j++) {
        for(int i = 0; i < arr_dfpis_euclidean.length; i++){

            arr_sum_plus_hamming[j] += arr_dfpis_hemming[i][j];
            arr_sum_minus_hamming[j] += arr_dfnis_hemming[i][j];

        }
        System.out.println("sum-hemming: " + arr_sum_plus_hamming[j]);
        System.out.println("minus-hemming: " + arr_sum_minus_hamming[j]);
    }
    System.out.println("-----ress hemming-----");
    for (int i = 0; i < arr_sum_plus_hamming.length; i++) {
        arr_ress_hemming[i] = arr_sum_minus_hamming[i]/(arr_sum_minus_hamming[i]+arr_sum_plus_hamming[i]);
        System.out.println(arr_ress_hemming[i]);
    }
}

```

```

public void deff_chebyshev(Fuzzy_num [][] arr_w_norm, Fuzzy_num [] arr_fpis, Fuzzy_num [] arr_fnis){
    double max = 0;
    double max2 = 0;
    for(int i = 0; i < arr_w_norm.length; i++){
        t_elem1 = 0;
        t_elem2 = 0;
        t_elem3 = 0;
        t2_elem1 = 0;
        t2_elem2 = 0;
        t2_elem3 = 0;
        for(int j = 0; j < arr_w_norm[0].length; j++){
            t_elem1 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fpis[i].elem1);
            t_elem2 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fpis[i].elem2);
            t_elem3 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fpis[i].elem3);

            t2_elem1 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem1 - arr_fnis[i].elem1);
            t2_elem2 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem2 - arr_fnis[i].elem2);
            t2_elem3 = Math.abs(arr_w_norm[i][j].elem3 - arr_fnis[i].elem3);
            if(max < t_elem1){max = t_elem1;}
            if(max < t_elem2){max = t_elem2;}
            if(max < t_elem3){max = t_elem3;}
            if(max2 < t2_elem1){max2 = t2_elem1;}
            if(max2 < t2_elem2){max2 = t2_elem2;}
            if(max2 < t2_elem3){max2 = t2_elem3;}
            arr_dfpis_chebyshev[i][j] = max;
            arr_dfnis_chebyshev[i][j] = max2;
        }
    }
    System.out.println("-----defuz fpis chebyshev-----");
    DecimalFormat df = new DecimalFormat("###.###");
    for (int i = 0; i < arr_dfpis_chebyshev.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfpis_chebyshev[0].length; j ++){
            System.out.print(df.format(arr_dfpis_chebyshev[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    System.out.println("-----defuz fnis chebyshev-----");

    for (int i = 0; i < arr_dfnis_chebyshev.length; i++) {
        for(int j = 0; j < arr_dfnis_chebyshev[0].length; j ++){
            System.out.print(df.format(arr_dfnis_chebyshev[i][j]) + "\t");
        }
        System.out.println("");
    }
    arr_sum_plus_chebyshev = new double[alternatives.length];
    arr_sum_minus_chebyshev = new double[alternatives.length];

    for (int j = 0; j < arr_dfpis_chebyshev[0].length; j++) {
        for(int i = 0; i < arr_dfpis_chebyshev.length; i++){

            arr_sum_plus_chebyshev[j]+=arr_dfpis_chebyshev[i][j];
            arr_sum_minus_chebyshev[j]+=arr_dfnis_chebyshev[i][j];

        }
        System.out.println("sum-chebyshev: " + arr_sum_plus_chebyshev[j]);
        System.out.println("minus-chebyshev: " + arr_sum_minus_chebyshev[j]);
    }
    System.out.println("-----ress chebyshev-----");
    for (int i = 0; i < arr_sum_plus_chebyshev.length; i++) {
        arr_res_chebyshev[i] = arr_sum_minus_chebyshev[i]/(arr_sum_minus_chebyshev[i]+arr_sum_plus_chebyshev[i]);
    }
}

```

```
        System.out.println(arr_res_chebyshev[i]);
    }
}

public void autoSizeColumns(Workbook workbook, int row_count, int col_len) {
    int numberOfSheets = workbook.getNumberOfSheets();
    int maxCell = 0;
    for (int i = 0; i < numberOfSheets; i++) {
        Sheet sheet = workbook.getSheetAt(i);
        if ((sheet.getLastRowNum() > 0) {
            for(int j = 0; j < row_count; j++){
                Row rw = sheet.getRow(j);
                if(rw != null){
                    if(col_len > maxCell){
                        maxCell = col_len;
                    }
                }
            }
            for(int j = 0; j < maxCell; j++){
                sheet.autoSizeColumn(j);
            }
        }
    }
}

public double[][] ranking(double []arr_ress){
    double[][] arr_ranked = new double[arr_ress.length][2];
    double [] arr_res_sorted = arr_ress;
    //=====s ranked=====
    System.out.println("");
    for(int i=0; i < arr_ress.length; i++)
        arr_ranked[i][0] = arr_ress[i];
    Arrays.sort(arr_res_sorted);

    for(int i=0; i < arr_res_sorted.length; i++)
        for(int n=0; n < arr_res_sorted.length; n++)
            if(arr_ranked[n][0] == arr_res_sorted[i] && arr_ranked[n][1] == 0)
                arr_ranked[n][1] = arr_res_sorted.length-i;

    for(int i = 0; i < arr_ranked.length; i++)
    {
        System.out.print((int)arr_ranked[i][1] + "\t");
    }
    return arr_ranked;
}
```