

**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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

**СИСТЕМА РЕЙТИНГУВАННЯ ЗВО НА ОСНОВІ**  
**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

**122 – КРМ – 601.21810103**

*Виконав студент 6-го курсу, групи 601*

\_\_\_\_\_ *Я. Ю. Белоусова*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ р.

*Керівник: канд. техн. наук, доцент*

\_\_\_\_\_ *Є. В. Сіденко*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**Чорноморський національний університет ім. Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра інформаційних технологій і програмних 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  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної роботи**

**Белоусової Яни Юріївни**

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра «Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень».

Керівник роботи Сіденко Євгеній Вікторович, канд. техн. наук, доцент.

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

2. Строк подання студентом роботи «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

3. Вхідні (початкові) дані до роботи: оцінки ЗВО від експертів

Очікуваний результат: розроблена система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень.

4. Зміст пояснювальної записки:

- аналіз предметної сфери, постановка задачі;
- аналіз та вибір інструментальних засобів розробки системи;
- порівняльний аналіз результатів застосування обраного методу прийняття рішень для розв'язання поставленої задачі.

5. Перелік графічних матеріалів: презентація.
6. Завдання до спеціальної частини: «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» складається з одного розділу.

Необхідно проаналізувати стан охорони праці на робочому місці та у кімнаті під час виконання роботи.

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис
Спеціальна частина з охорони праці	д-р біол. наук, професор Л. І. Григор'єва	
Методична частина	канд. техн. наук, доцент Сіденко Є. В.	

Керівник роботи канд. техн. наук, доцент Сіденко Є. В.  
*(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)*

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийнято до виконання Белоусова Я. Ю.  
*(прізвище та ініціали)*

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**  
**виконання кваліфікаційної роботи магістра**

Тема: Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень.

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1.	Визначення керівника і теми КРМ. Подання заяви на затвердження теми КРМ	01.09.23	10.10.23	Виконано
2.	Отримання завдання на виконання КРМ	11.10.23	01.11.23	Виконано
3.	Складання календарного плану на період виконання КРМ	02.11.23	10.11.23	Виконано
4.	Огляд літератури за темою дослідження Ознайомлення з робочою програмою практики	06.11.23	16.11.23	Виконано
5.	Проходження передатестаційної практики, збір та аналіз матеріалів до КРМ	27.11.23	23.12.23	Виконано
6.	Аналіз предметної області та розробка технічного завдання. Моделювання результатів	05.12.23	26.12.23	Виконано
7.	Розробка спеціальної частини з охорони праці та методичної частини	06.01.24	28.01.24	Виконано
8.	Перший попередній захист КРМ на засіданні комісії кафедри	29.01.24	31.01.24	Виконано
9.	Корегування роботи за результатами попереднього захисту	01.02.24	05.02.24	Виконано
10.	Доробка та остаточне оформлення КРМ	06.02.24	11.02.24	Виконано
11.	Другий попередній захист КРМ на засіданні комісії кафедр	12.02.24	12.02.24	Виконано
12.	Подання КРМ рецензенту	12.02.24	13.02.24	Виконано
13.	Подання КРМ, її електронної копії та інших документів (відгуку, рецензії) до захисту	19.02.24	20.02.24	Виконано
14.	Захист КРМ перед екзаменаційною комісією (ЕК)	26.02.24	27.02.24	Виконано

Розробив студент Белоусова Я. Ю. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник роботи канд. техн. наук, доцент Сіденко Є. В. \_\_\_\_\_  
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**АНОТАЦІЯ**  
до кваліфікаційної роботи магістра  
студента групи 601 ЧНУ ім. Петра Могили

**Белоусова Яна Юріївна**

на тему: «**СИСТЕМА РЕЙТИНГУВАННЯ ЗВО НА ОСНОВІ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**»

**Об'єктом** дослідження є процеси формування рейтингу ЗВО.

**Предметом** дослідження є інтелектуальні методи багатокритерійного прийняття рішень Fuzzy TOPSIS, PROMETHEE та вплив їх параметрів на рейтингування університетів.

**Метою** дослідження є підвищення ефективності рейтингування ЗВО за рахунок використання інтелектуальних методів багатокритерійного прийняття рішень.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра складається з вступу, трьох розділів, висновків та додатків.

У вступі визначається актуальність обраної теми, визначається об'єкт дослідження, а також предмет, мета, та встановлюються завдання для досягнення поставленої мети.

У першому розділі розглядаються існуючі міжнародні та українські системи рейтингування, проводиться їх аналіз та порівняння.

Другий розділ присвячено популярним інтелектуальним методам прийняття рішень, і проводиться їх порівняння.

Третій розділ містить опис основних скриптів та програм, які використовувались для розробки системи рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень, проводиться тестування розробленої системи, аналіз роботи та отриманих даних. Представлення скрінів роботи системи та результати.

У висновках проводиться аналіз кваліфікаційної роботи та отриманих результатів.

Кваліфікаційна робота магістра містить 111 стор., 9 таблиць, 18 рисунків, 2 додатки, 46 джерел.

Ключові слова: системи рейтингування, інтелектуальні методи прийняття рішень, ЗВО, TOPSIS, PROMETHEE, ІСППР.

## **ABSTRACT**

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

**Bielousova Yana**

### **«A RATING SYSTEM FOR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS BASED ON INTELLIGENT DECISION-MAKING METHODS»**

The object of the research is the processes of university ranking formation. The subject of the study is intellectual methods of multicriteria decision-making, namely Fuzzy TOPSIS, PROMETHEE, and the influence of their parameters on university ranking.

The aim of the research is to enhance the efficiency of university ranking by employing intelligent multicriteria decision-making methods.

The explanatory note of the master's qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions, and appendices.

In the introduction, the relevance of the chosen topic is defined, the object of the study is identified, along with the subject, aim, and tasks set to achieve the goal.

The first chapter explores existing international and Ukrainian ranking systems, conducting their analysis and comparison.

The second chapter is dedicated to popular intelligent decision-making methods, providing a comparison of these methods.

The third chapter includes a description of the main scripts and programs used for developing a university ranking system based on intelligent decision-making methods. It also involves testing the developed system, analyzing its operation, and presenting the obtained results, including screenshots of the system's functionality.

In the conclusions, an analysis of the qualification work and the obtained results is conducted.

The overall scope of the work is 111 pages. Thesis contains 2 application, 18 figures, 9 tables and 46 sources in it.

**Key words:** ranking systems, intelligent decision-making methods, higher education institutions (HEI), TOPSIS, PROMETHEE, ISPPR.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	1
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	3
1.1 Опис проблеми вибору ЗВО .....	3
1.2 Огляд та аналіз міжнародних рейтингових методів оцінки ЗВО .....	5
1.3 Огляд та аналіз українських рейтингових методів оцінки ЗВО .....	15
1.4 Постановка задачі .....	19
Висновки до розділу 1 .....	21
2 МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ СВІТИ .	22
2.1 Інтелектуальні методи прийняття рішень .....	22
2.2 PROMETHEE .....	25
2.3 TOPSIS і нечіткий TOPSIS .....	28
2.4 Fuzzy models .....	32
Висновки до розділу 2.....	34
3 АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ .....	35
3.1 Розробка критеріїв оцінювання та вагових коефіцієнтів .....	35
3.2 Мова розмітки HTML, JavaScript.....	40
3.3 Використання запитів MySQL при реалізації додавання, видалення, пошуку та оновлення даних полів в таблицях .....	43
3.4 Опис програмної реалізації.....	44
3.5 Огляд користувацького інтерфейсу .....	46
Висновки до розділу 3 .....	54
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56
ДОДАТОК А Порівняння нечітких методів PROMETHEE та TOPSIS.....	60
ДОДАТОК Б Система рейтингування .....	62

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

ЗВО – заклади вищої освіти

ІСПІР – Інтелектуальні системи прийняття рішень та обробки даних

QS – Quacquarelli Symonds

ISDSРR – Інтелектуальні системи прийняття рішень та обробки даних

TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution  
(Техніка визначення порядку переваги за схожістю з ідеальним рішенням)

MCDM – Multiple-criteria decision analysis (Багатокритеріальний аналіз прийняття рішень)

MODM – Multi-objective decision making methods (Багатоцільові методи прийняття рішень)

MADM – Multi-Attribute Decision-Making (Багатоатрибутне прийняття рішень)

DM – Decision making (прийняття рішення)

PROMETHEE – Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (Метод організації рейтингу переваг для оцінки збагачення)



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Вибір закладу вищої освіти для навчання це дуже велике завдання. Особливо цікаве та складне це завдання для майбутніх магістрів та аспірантів. Вони вже мають деяку базу знань, тому потребують якісної навчальної програми для нових досліджень, високий рівень кваліфікації викладачів, розвинену інфраструктуру та фінансову стійкість закладу.

Запровадження системи оцінювання забезпечить не лише більш об'єктивну та точну оцінку вищих навчальних закладів, а й сприятиме створенню більш адаптивного середовища для підготовки майбутніх фахівців. Це дозволить виявити сильні сторони та слабкість кожного навчального закладу, що, в свою чергу, допоможе у вдосконаленні навчальних програм та методик викладання. Система допоможе об'єктивно оцінити рівень та якість освіти, наданої різними університетами чи інститутами, та забезпечити підставу для кращого прийняття рішення про вибір навчального закладу для подальшого навчання.

Розгляд цієї системи оцінювання може допомогти аспірантам та магістрам у виявленні переваг та недоліків конкретних закладів, порівнянні їхніх освітніх програм, досягнень студентів та умов навчання. Це дозволить краще зрозуміти, який заклад краще відповідає їхнім особистим потребам, цілям та кар'єрним амбіціям.

Оцінювання спрямоване на створення більш адаптивних та ефективних підходів до управління та підвищення якості освіти. Дослідження цього питання має на меті розширити розуміння та підтримати впровадження інноваційних методів оцінювання, сприяючи розвитку освітньої сфери та підготовці конкурентоспроможних фахівців у майбутньому.

**Об'єктом** дослідження є процеси формування рейтингу ЗВО.

**Предметом** дослідження є інтелектуальні методи багатокритерійного

прийняття рішень Fuzzy TOPSIS, PROMETHEE та вплив їх параметрів на рейтингування університетів.

**Метою** дослідження є підвищення ефективності рейтингування ЗВО за рахунок використання інтелектуальних методів багатокритерійного прийняття рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- огляд існуючих рейтингів університетів;
- аналіз наявних міжнародних систем рейтингування ЗВО;
- аналіз наявних українських систем рейтингування ЗВО;
- збір інформації;
- демонстрація способу використання отриманої методики на реальних прикладах.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### 1.1 Опис проблеми вибору ЗВО

У ринковій економіці виробники та постачальники товарів та послуг постійно конкурують між собою, що робить конкурентоспроможність ключовим елементом їхньої діяльності. Ця взаємодія між суб'єктами господарської діяльності, а саме між виробниками і споживачами, є визначальною для функціонування ринку товарів та послуг.

Конкурентоспроможність є необхідною складовою стійкого економічного розвитку. Вона автоматично відсіює всі непотрібні або менш ефективні елементи на ринках. Це поняття вивчається та досліджується вже багато років.

Учені, такі як Карл Маркс, Майкл Портер та Адам Сміт, робили вагомий внесок у теорію конкурентоспроможності. Термін "конкурентоспроможність" має різні тлумачення та походження. Деякі вчені асоціюють його з "конкуренцією", а інші – з англійським "competition" [1].

Економічний розвиток країни залежить від ряду факторів, серед яких ринкові відносини та розвиток виробництва, проте вирішальними є якісний персонал та належний рівень освіти. Точно так само, як це відбувається у ринку товарів, конкуренція між вищими навчальними закладами постійно зростає.

Більшість методів оцінки, зокрема у випадку вищих навчальних закладів (ЗВО), спрямовані на оцінку з погляду внутрішньої діяльності закладу. Однак, важливо враховувати, що ринкові відносини в цьому контексті є взаємним співвідношенням між виробником (у цьому випадку, ЗВО) та споживачем (абітурієнтами та студентами) [1, 2].

Оцінка конкурентоспроможності ЗВО також важлива з точки зору абітурієнтів та студентів. Оскільки вони є активними учасниками цього процесу, їхні оцінки та враження від навчального закладу також впливають на загальний образ та рішення про вибір університету чи коледжу.

Таким чином, для повноцінної оцінки рейтингування ЗВО необхідно брати до уваги не лише внутрішній погляд на діяльність закладу, а й враховувати думки та відгуки їхніх студентів і абітурієнтів. Це сприятиме створенню більш об'єктивної та повної карти конкурентної позиції навчального закладу на ринку освіти.

Проблема вибору вищого навчального закладу може бути складною через різноманіття варіантів, доступних аспірантам та магістрам. Існує велика кількість університетів, коледжів та інститутів, які пропонують різні програми та спеціалізації, що робить вибір складним. Різні заклади можуть мати суттєві відмінності у вмісті та спрямуванні програм, що ускладнює порівняння їх на предмет відповідності особистим цілям. Важливо враховувати репутацію закладу та його місце у рейтингах, але іноді ці критерії можуть бути суб'єктивними або неповними. Фінансові витрати на навчання є важливим аспектом, і вони можуть значно відрізнитися від закладу до закладу. Розташування закладу, умови проживання та можливості для студентів також впливають на вибір [1].

Для багатьох людей робота є важливим аспектом їхнього життя. Працюючи, вони збагачують свій досвід новими та корисними знаннями. Однак, важливо також надавати увагу відпочинку, особливо після періодів стресу чи депресії. Відпочинок після таких періодів є важливим для відновлення фізичного та психічного здоров'я. Тим не менш, робочий час також має значення, бо він дає можливість обмінюватися інформацією, досвідом та вдосконалювати якість своєї роботи. Робота, яку ви вибираєте, відображає ваші особистість та професійні цілі і потребує серйозного підходу.

Крім академічних предметів, лише деякі школи надають можливості для позашкільних заходів, таких як участь у різних конкурсах, театральних гуртках, хорах або спортивних командах. Для того, щоб розвинути потенціал вашої дитини в позаакадемічних сферах, потрібно уважно вибирати шкільні програми або, можливо, звернутися до допомоги опікунів.

Кар'єра та вибір професії повинні враховувати різноманітність факторів, таких як особисті інтереси, здібності, сімейний стан та бажання. Важливо продумано планувати свої цілі, розуміти можливі ризики та обирати кар'єру, яка відповідає вашим особистим потребам та мріям [1, 2].

Ці фактори ускладнюють процес прийняття рішення щодо вибору вищого навчального закладу, тому система оцінювання на основі нечіткого інтелектуального методу може стати корисним інструментом у виборі оптимального варіанту, допомагаючи аспірантам та магістрам більш об'єктивно оцінити доступні можливості та зробити більш інформований вибір.

## **1.2 Огляд та аналіз міжнародних рейтингових методів оцінки ЗВО**

До зарубіжних методів оцінки відноситься найвідоміший Глобальний індекс конкурентоспроможності ЗВО.

Глобальний індекс конкурентоспроможності (The Global Competitiveness Index, GCI) – комплексний індекс, який охоплює мікроекономічні та макроекономічні основи національної конкурентоспроможності. Конкурентоспроможність як сукупність інститутів, політики та факторів, що визначають рівень продуктивності країни [3].

До складу даного показника входять:

- 1) установи (Institutions);
- 2) інфраструктура (Infrastructure);
- 3) рівень інформаційно-комунікаційних технологій (ICT adoption);
- 4) макроекономічна стабільність (Macroeconomic stability);
- 5) навички (Skills);
- 6) здоров'я (Health);
- 7) ринок товарів (Product market);
- 8) ринок праці (Labour market);
- 9) фінансова система (Financial system);

- 10) розмір ринку (Market size);
- 11) динаміка розвитку бізнесу (Business dynamism);
- 12) схильність до інновацій (Innovation capability).

Кожен із цих показників включає низку підпунктів, які формують підсумкову вагу кожного з показників. Розглянемо більш детально показник 5 (Навички).

До нього входять згідно:

- середня тривалість навчання: середня кількість років освіти, отриманої в школі, від 25 років і старше, за винятком років повторного навчання;
- кількість осіб, які пройшли курси підвищення кваліфікації: запитання опитування "Якою мірою компанії у вашій країні інвестують у навчання та розвиток своїх працівників?" [1 = зовсім не вкладають; 7 = значною мірою вкладають];
- якість професійно-технічної освіти: відповіді на запитання "Якби ви оцінили якість професійно-технічної освіти у вашій країні?" [1 = вкрай поганий, серед найгірших у світі; 7 = відмінна, серед кращих в світі];
- навички випускників: Середній бал за питаннями «У вашій країні наскільки добре випускники середніх шкіл володіють необхідними навичками? "та" У вашій країні наскільки добре випускники володіють необхідними навичками?» В обох випадках відповіді варіюються від 1 (не володіють) до 7 (володіють значною мірою);
- цифрові навички серед активного населення: відповіді на запитання «Якою мірою активне населення у вашій країні наскільки активне населення володіє цифровими навичками (наприклад, навички роботи з комп'ютером, базове кодування, цифрове читання)?» [1 = немає навичок, 7 = дуже добре володіє навичками];
- легкість пошуку кваліфікованих працівників: відповідь на запитання "Чи можуть компанії у вашій країні знайти людей з навичками, необхідними для заповнення відкритих вакансій? [1 = зовсім нелегко знайти; 7 = дуже легко

знайти];

– критичне мислення в навчанні: відповідь на запитання "Якби ви оцінили стиль освіти у вашій країні?" [1 = базовий, орієнтований навчителя, орієнтований на запам'ятовування; 7 = творчий і заохочує критичне індивідуальне мислення];

– співвідношення учнів та вчителів у початковій освіті: середня кількість учнів на одного вчителя, виходячи з кількості учнів та вчителів.

Таким чином, вища освіта відіграє важливу роль у цьому індикаторі, певною мірою формуючи кінцевий результат. Іншими словами, вища освіта – це не лише система підготовки фахівців, а й важіль управління конкурентоспроможністю країни.

Важливу роль відіграє Шанхайський або Академічний рейтинг університетів світу (ARWU), який укладається консалтинговою компанією ShanghaiRanking Consultancy. Цей рейтинг має на меті надати незалежну оцінку рейтингів університетів, не піддаючись впливу специфіки країни. Він також вважається одним з найстаріших рейтингів [3].

Складники даного рейтингу представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Складники Шанхайського рейтингу

№	Складник	Вага
1.	Випускники-лауреати Нобелівської премії або Медалі Філдса	10%
2.	Співробітники-лауреати Нобелівської премії або Медалі Філдса	20%
3.	Часто цитовані дослідники у 21 категорії	20%
4.	Статті, опубліковані у журналах Science або Nature	20%
5.	Індекси цитування для природничих і гуманітарних наук Інституту наукової інформації (Science Citation Index і Social Sciences Citation Index), а також індекси провідних журналів Arts and Humanities Citation Index	20%
6.	Успішність здобувачів	10%

Методологія викладена в академічній статті її упорядниками Лю Нянцзєм та Чен Іном. Вони роз'яснили, що основною метою їхнього рейтингу є визначення різниці між китайськими та світовими університетами, зокрема в контексті академічної та науково-дослідної діяльності. Кожен університет може отримати до 100 балів за кожен з критеріїв, і найкращий університет року отримує максимальний фінальний бал [4].

Давайте розглянемо цей підхід більш детально, припустивши, що певний університет отримав такі бали за експертним оцінюванням по кожному критерію (див. Таблицю 1.2).

Таблиця 1.2 – Приклад оцінювання ЗВО за Шанхайським рейтингом

№	Складник	Оцінка
1.	Випускники-лауреати Нобелівської премії або Медалі Філдса	90
2.	Співробітники-лауреати Нобелівської премії або Медалі Філдса	86
3.	Часто цитовані дослідники у 21 категорії	78
4.	Статті, опубліковані у журналах Science або Nature	100
5.	Індекси цитування для природничих і гуманітарних наук Інституту наукової інформації (Science Citation Index і Social Sciences Citation Index), а також індекси провідних журналів Arts and Humanities Citation Index	98
6.	Успішність здобувачів	73

У такому випадку фінальний бал (Бф) розраховується наступним чином:  

$$\text{Бф} = 90 \times 10\% + 86 \times 20\% + 78 \times 20\% + 100 \times 20\% + 98 \times 20\% + 73 \times 10\% = 9 + 17,2 + 15,6 + 20 + 19,6 + 7,3 = 88,7.$$
Проте, якщо університет отримав найвищий бал серед усіх оцінених, то йому присвоюють 100 балів. Подальші оцінки для інших університетів не змінюються після проведення розрахунків.

Це означає, що у даному рейтингу конкурентоспроможність університету визначається, переважно, кількістю цитованих матеріалів та наявністю



Нобелівських лауреатів. Внесок докторантів та їхні досягнення мають лише обмежений вплив на кінцевий результат, а саме 10% ваги фінального балу.

Багато рейтингових систем базуються на певних критеріях, таких як кількість цитованих джерел або досягнення вчених, включаючи Нобелівські лауреати, щоб оцінити конкурентоспроможність університетів. Однак, ці критерії можуть відображати лише частину академічної діяльності та успіхів закладу [4].

Важливою є інтеграція не лише наукових показників, а й врахування різноманітних аспектів, таких як якість освіти, інновації в навчанні, зв'язки з промисловістю та ринком праці, адаптивність до змін у сучасному світі. Також, відгуки студентів, їхні досягнення, кар'єрні можливості після випуску також мають вагоме значення.

Щодо відсутності українських ЗВО у певних міжнародних рейтингах, це може бути пов'язано з різними факторами, включаючи обмежений доступ до ресурсів для наукових досліджень, відсутність міжнародних зв'язків та можливостей для глобального визнання, а також неоднаковості у методології оцінки, яка може не враховувати специфічні аспекти розвитку освіти в окремих країнах [5].

В останні роки лідируючі позиції займають Гарвардський і Стенфордський університети. Українські вищі навчальні заклади до цього рейтингу не входять.

Також відомий Рейтинг національних систем вищої освіти Universitas 21 (U21), який визначає позиції країн за індексами вищої освіти та існує з 2012 року [6]. Методика цього рейтингу базується на розрахунках Інституту прикладних економічних та соціальних досліджень Університету Мельбурна в Австралії. Вона оцінює національні системи вищої освіти за 24 основними показниками, об'єднаними у чотири групи, кожній з яких відведено певний ваговий коефіцієнт.

Максимальний бал для кожного з показників становить 100. Також

формується окремий рейтинг для кожної компоненти. Показники включають такі аспекти:

- 1) ресурси (інвестиції від приватного та державного секторів) - 25%;
- 2) результати (наукові дослідження, наукові публікації, відповідність вищої освіти до потреб національного ринку праці, включаючи подальше працевлаштування випускників) - 40%;
- 3) зв'язки (рівень міжнародного співробітництва, що вказує на ступінь відкритості чи закритості системи вищої освіти) - 10%;
- 4) середовище (державна політика та регулювання, можливості отримання освіти) - 25%.

Аналогічно до Шанхайського рейтингу, U21 є нескладним утворенням на основі експертної оцінки. Іншими словами, якщо національна система освіти має певні експертні оцінки за кожним з компонентів (див. Таблицю 1.3), то ці бали обчислюються і визначають її позицію в рейтингу.

Таблиця 1.3 – Приклад оцінювання системи освіти за методикою U21

№	Складник	Вага
1.	Ресурси	30
2.	Навколишнє середовище	56
3.	Зв'язок	50
4.	Результати	64

Отже, для розрахунку фінального балу (Бф) за вказаним показником використовується формула:  $Бф = 30 \times 20\% + 56 \times 20\% + 50 \times 20\% + 64 \times 40\% = 6 + 11.2 + 10 + 25.6 = 52.8$ . Далі кожній країні відводиться певне місце в рейтингу за цим показником.

У цьому рейтингу США, Швейцарія та Великобританія є постійними лідерами. На момент 2021-2022 років Україна посідає 42 місце.

Ще одним рейтингом, який комбінує риси Шанхайського рейтингу та Universitas 21, є рейтинг потужності систем вищої освіти QS [7]. Цей рейтинг

вважається одним з найбільш популярних університетських рейтингів у світі, нарівні з Академічним рейтингом університетів світу та Рейтингом світових університетів Times Higher Education. За даними Alexa Internet, це найбільш популярний університетський рейтинг у світі. Він оцінює не країни, а самі університети, враховуючи 4 складники як загально, так і окремо для кожного з них.

Рейтинг базується на методології, яка враховує низку факторів, включаючи академічну репутацію, репутацію роботодавця, вплив досліджень та інтернаціоналізацію. Методологія переглядається щорічно, щоб переконатися, що вона залишається актуальною та актуальною. Найновіша методологія, використана QS для розрахунку рейтингу, включає такі показники [8].

**Академічна репутація** – репутація, що становить 40% загального балу, пов'язана з академічною досконалістю та науковою повагою, якою користуються університети світу. У ньому зібрано понад 150 000 відповідей науковців із понад 140 країн і місць. QS раніше опублікував назви посад і географічний розподіл учасників цього опитування.

**Співвідношення викладач/студент** – цей показник становить 15% оцінки університету в рейтингу. Це класичний показник, який використовується в різних системах рейтингу як показник кадрових ресурсів, наданих студентам, включаючи викладацьку здатність, розмір класу, розробку навчального плану, проведення лабораторних робіт і семінарів, душпастирство, викладацьку спроможність і розмір класу. QS визнає, що це обмежена метрика, особливо в умовах сучасних удосконалень методів онлайн-викладання та розповсюдження контенту.

**Цитування/викл** – цитування опублікованих досліджень є одними з найбільш широко використовуваних даних для національних і глобальних рейтингів університетів. QS World University Rankings використовував дані про цитування Thomson (нині Thomson Reuters) з 2004 по 2007 рік, а з того часу

використовує дані Scopus, що є частиною Elsevier [8]. Загальна кількість цитувань за п'ятирічний період ділиться на кількість науковців в університеті, щоб отримати оцінку за цим показником, який становить 20% оцінки університету в рейтингу.

QS пояснив, що використовує цей підхід, а не цитування на статтю, яким віддають перевагу в інших системах рейтингу, оскільки він зменшує вплив біомедичної науки на загальну картину – біомедицина має жорстоку культуру «публікувати або зникати». Натомість QS намагається виміряти щільність науково-активного персоналу в кожній установі, але залишаються проблеми щодо використання цитувань у рейтингових системах, особливо той факт, що мистецтво та гуманітарні науки генерують порівняно мало цитувань.

Починаючи з 2015 року, QS внесла методологічні вдосконалення, спрямовані на усунення переваг, які раніше отримували заклади, що спеціалізуються на природничих науках або медицині. Це покращення називається нормалізацією факультету та гарантує, що кількість цитувань навчального закладу в кожній із п'яти ключових факультетів QS зважується так, щоб врахувати 20% кінцевого балу цитувань.

QS визнав наявність деяких помилок у зборі даних щодо цитувань на факультет у рейтингах попередніх років.

Однією з проблем є відмінності між базами даних Scopus і Thomson Reuters. Для великих світових університетів дві системи фіксують здебільшого однакові публікації та цитування. Що стосується менш відомих установ, у базі даних Scopus є більше журналів не англомовними та меншими накладками, що спонукає деяких критиків припустити, що середні показники цитування спотворені в бік англомовних університетів. Цю сферу критикували за підрив університетів, які не використовують англійську як основну мову.

**Репутація роботодавця** – показник репутації роботодавця QS отримано за допомогою іншого опитування, наприклад Academic Reputation, і становить 15% від загальної оцінки навчального закладу. Останнє видання опитало

близько 99 000 роботодавців у компаніях і організаціях, які наймають випускників у значному чи глобальному масштабі.

Це опитування було запроваджено в 2005 році на переконаннях, що роботодавці відстежують якість випускників, роблячи це барометром якості викладання та рівня готовності студентів до роботи, що є відомим проблематичним фактором для вимірювання. Університет тут представляє особливий інтерес для потенційних студентів, і визнаючи, що це стало поштовхом до першого рейтингу QS Graduate Employability Rankings, опублікованого в листопаді 2015 року. Однак у 2021 році ці рейтинги було припинено, а його дані включено до методології QS World University Rankings.

**Інтернаціоналізація** – остаточні 10% балів університету вираховуються з міркувань, спрямованих на охоплення їхньої інтернаціоналізації: половина від відсотка іноземних студентів, а друга половина від відсотка міжнародного персоналу. Це цікаво частково тому, що це показує, чи університет докладас зусиль для глобальної співпраці та різноманітності, а також тому, що це вказує на глобальну привабливість для студентів і дослідників у всьому світі.

Нещодавно QS почала розрізняти співвідношення між міжнародними викладачами та міжнародними студентами, обидва з яких становлять 5% від загальної ваги. У той час як перший оцінює співвідношення міжнародного професорсько-викладацького складу до загального персоналу, другий припускає, що заклади, які мають велику кількість іноземних студентів, повинні мати кращі мережі, культурні обміни, більш різноманітний досвід навчання та різноманітність випускників.

Починаючи з рейтингу 2024 року, QS запровадив три нові індикатори для відображення змін у вищій освіті, кожен з яких становить 5% від загальної ваги. Міжнародна дослідницька мережа, насамперед посилаючись на здатність установи створювати та підтримувати дослідницькі партнерства та всесвітні мережі співпраці [8].

Результати працевлаштування, що відображає здатність навчального

закладу забезпечити високий рівень працевлаштування для своїх випускників.

Стійкість, що відображає здатність установи демонструвати стале існування. Розглянемо умовний університет, який має наступні експертні оцінки по показникам (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Приклад оцінювання ЗВО за методикою QS рейтингу

№	Складник	Оцінка
1.	Академічна репутація	67
2.	Співвідношення викладач/студент	71
3.	Індекс цитування на 1 викладача	90
4.	Репутація роботодавця	73
5.	% іноземних викладачів	51
6.	% іноземних здобувачів	47

У такому випадку фінальний бал (Бф) розраховується наступним чином:  

$$\text{Бф} = 67 \times 40\% + 71 \times 20\% + 90 \times 10\% + 73 \times 20\% + 51 \times 5\% + 47 \times 5\% = 26,8 + 14,2 + 9 + 14,6 + 2,55 + 2,35 = 69,5$$

Далі країні надається місце під час ранжування по даному показнику а кожному незалежно. Метою даного рейтингу є відслідковування динаміки розвитку ЗВО та виявлення найкращого з них. Даний рейтинг включає також українські університети [9].

Таблиця 1.5 – Українські ЗВО у QS рейтингу, 2022

Позиція у рейтингу	Назва ЗВО
477	Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
601-650	Київський національний університет ім. Т. Г. Шевченка
651-700	Харківський політехнічний інститут
701-750	Сумський державний університет
801-1000	Львівський національний політехнічний університет

### 1.3 Огляд та аналіз українських рейтингових методів оцінки ЗВО

В Україні багато вищих навчальних закладів, але не всі забезпечують якісну освіту. Школярі, що мають намір продовжити навчання, стикаються з вибором університету. Спочатку важливо визначити спеціальність. Перелік напрямів у вишах України може допомогти у цьому. Далі важливо обрати конкретний заклад. Часто одну й ту ж спеціальність можна отримати в різних університетах навіть у одному місті, тому рейтинги стають корисним орієнтиром. Вони відображають важливість університету, хоча можуть використовувати різні критерії.

Україна має кілька рейтингів вищих навчальних закладів, включаючи "Топ-200", створений ЮНЕСКО, "Компас" і рейтинг журналу "Гроші". Існують також рейтинги за конкретними напрямками, наприклад, для ІТ-університетів [10].

Серед українських рейтингів, найбільш популярними є:

- топ - 200 Україна;
- рейтинг «Середній бал ЗНО на контракт»;
- рейтинг ЗВО за показниками Scopus.

Одним із небагатьох українських університетських рейтингів є «Топ-200 Україна», створений Міжнародним проектним центром. «ЄвроОсвіта» співпрацює з групою міжнародних експертів з Обсерваторії IREG з рейтингів та академічної досконалості. Метою створення цього рейтингу є ранжування українських вищих навчальних закладів з урахуванням сучасних тенденцій розвитку університетів.

Метод оцінки такий: 85% базується на відкритих даних безпосереднього вимірювання, а 15% – на експертній думці експертів у сфері вищої освіти.

Тому при оцінюванні враховується якість науково-освітніх пропозицій. Показники потенціалу (40%), якості освіти (25%), міжнародної видимості (20%) та комплексної діяльності [10].

Ваговими коефіцієнтами є:

- 1) оцінка якості науково-педагогічних кадрів – 40%;
- 2) оцінка якості освіти – 25%;
- 3) міжнародний рейтинг прийнятності - 20%.

Основним показником діяльності є сума попередніх кількісних оцінок. Це можна вважати кінцевим результатом університету.

На другій конференції Міжнародної експертної групи з рейтингу (IREG) у Берліні «Стратегія та стандарти якості рейтингів», координується Центром розвитку вищої освіти (СНЕ) (Німеччина), Інститутом політики вищої освіти (США), SEPES Члени ЮНЕСКО (Бухарест, Румунія) з 19 країн підтримували Берлінські принципи рейтингу вищих навчальних закладів. Центр міжнародних проектів «Євроосвіта» відзначив і поділяє ці стандарти [11].

Вони задовольняють певні потреби: вирішення запитів споживачів щодо доступу до очевидно введених даних про ситуацію з організаціями вищої освіти; стимулюють суперництво між ними; гарантувати правомірність несення субсидування; допомагають організувати різного роду повчальні основи, навчальні плани та тренінги. Так само, якщо їх належним чином досягнути та розшифрувати, вони додають значення «цінності» передової освіти в їхніх країнах, доповнюючи багаторівневі справи громадських та вільних ліцензованих асоціацій у сфері оцінювання та оцінювання природи освіти. Це причина, чому рейтинги розширеної освіти перетворилися на необхідну частину громадського контролю якості та циклів підтвердження, і чому дедалі зростаюча кількість країн сприятиме рейтингу пізніше. Враховуючи цю закономірність, важливо, щоб рейтингові асоціації відповідали за характер своєї інформації, техніку та розповсюдження даних.

Наслідком цього прагнення стало вдосконалення структури для створення та поширення публічних, територіальних та всесвітніх рейтингів, що здебільшого спонукатиме до організації постійного вдосконалення та уточнення стратегій, які використовуються при веденні таких рейтингів.



Враховуючи різноманітність використовуваних методів, прийняті стандарти позиціонування будуть цінними для роботи над позиціонуванням та дослідження характеру навчання [12].

База даних Scopus постійно утримує понад 20 000 логічних розділів у спеціалізованих, клінічних та гуманітарних науках, включаючи розповсюдження логічних щоденників, процедур зустрічей та книг. У таблиці ранжування українських закладів використовується індекс Гірша, що ґрунтується на кількості наукових публікацій та їх цитуваннях.

Основним критерієм ранжування є індекс Хірша (h-index), який відображає співвідношення кількості опублікованих наукових праць та кількості їх цитувань іншими вченими.

Проект "ТОП-200 Україна" [12] є найбільш популярним серед випускників, оцінюючи діяльність закладів вищої освіти за допомогою загального індексу рейтингової оцінки ( $I_3$ ).

Цей індекс є інтегральним і визначається трьома комплексними критеріями (індексами):

$$I_3 = I_{\text{НП}} + I_{\text{Н}} + I_{\text{МВ}}, \quad (1.1)$$

де  $I_{\text{НП}}$  — індекс якості науково-педагогічного потенціалу, значення якого змінюються в діапазоні [0—50%];

$I_{\text{Н}}$  — індекс якості навчання, який змінюється в діапазоні [0—30%];

$I_{\text{МВ}}$  — індекс міжнародного визнання, змінюється в діапазоні [0—20%].

Кожен з цих критеріїв визначається групою індикаторів, з ваговими коефіцієнтами, визначеними експертами в галузі науки та освіти.

За 2021 рік 10-ка ЗВО у даному рейтингу має наступний вигляд (табл. 1.8):

Таблиця 1.6 – Лідуючі ЗВО за рейтингом «Топ-200 Україна»

№	ЗВО	Оцінка якості науково-педагогічного потенціалу $I_{\text{нп}}$	Оцінка якості навчання $I_{\text{н}}$	Оцінка міжнародного визнання $I_{\text{мв}}$	Оцінка інтегрального показника діяльності ЗВО, $I_{\text{з}}$
1.	Київський національний Університет ім. Т. Шевченка	40,95	22,32	14,76	78,03
2.	Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського	40,76	21	14,88	76,64
3.	Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна	21,06	13,55	12,39	47
4.	Національний університет "Львівська політехніка"	16,72	16,94	13,33	46,98
5.	Харківський політехнічний інститут	20,07	14,81	8,63	43,51
6.	Сумський державний університет	15,71	17,68	10,11	43,5
7.	Національний університет біоресурсів і природокористування України	19,75	12,71	5,97	38,43
8.	Дніпровська політехніка	20,96	6,4	9,79	37,15
9.	Львівський національний університет ім. І. Франка	16,69	13,9	5,67	36,26
10.	Харківський авіаційний інститут ім. М.Є. Жуковського	16,63	7,16	11,6	35,3

Спосіб оцінки університетів заснований на коефіцієнтах за різними показниками. Наприклад, якщо уявний університет набрав 87 балів за науковий та освітній потенціал, 67 балів за якість викладання, 75 балів за міжнародну видимість і 79 балів за експертну оцінку, ці бали та ваговий коефіцієнт. Загальна сума є інтегральною мірою діяльності є 78.4 [13].

У списку рейтингів університетів Сумський національний аграрний університет знаходиться на 102 позиції та Сумський державний педагогічний університет ім. Макаренка – на 148 місці.

Також існує загальний рейтинг українських університетів за такими критеріями, як місце в рейтингу Scopus.

Scopus визначається на основі різниці між індексом Гірша поточного року та попереднього року.

Індекс Гірша (h-індекс) — це найбільше ціле число  $h$ , яке вказує на те, що автор опублікував  $h$  статей, кожна з яких цитувалася принаймні  $h$  разів. Ці  $h$ -

артикули складають ядро Гірша або h-ядро [13].

Основними недоліками використання індексу Гірша є:

- 1) інформація про найважливіші та найбільш цитовані праці не враховується;
- 2) особистий внесок автора не враховується (неважливо, чи написаний твір одним чи декількома її авторами);
- 3) системи, що використовують web of science, не враховують посилання на книги авторів або посилання на неанглійські джерела;
- 4) навіть ці посилання будуть взяті до уваги, якщо стаття автора була предметом серйозної критики, а результати будуть визнані помилковими або просто недостовірними;
- 5) система не враховує розрізнення між цитуванням наукових праць самим вченим і цитуванням іншими вченими;
- 6) існує два ефективних способи цитування перекладених журнальних статей. відображається англійська назва журналу або оригінальна назва відображається латинськими літерами, і web of science розпізнає ці цитати статей як цитати. порівняйте два різні елементи (що може одночасно зменшити індекс).

Аналізуючи вищезазначені підходи до рейтингу, можна зробити деякі висновки: рейтинг "ТОП-200 Україна" досліджує діяльність передових освітніх установ, використовуючи більш інтегровані списки. У той же час методологія рейтингу Scopus відображає оцінку на основі різниці між індексом Хірша поточного року та попереднього року, враховуючи сприйняття випускниками та бізнесом на відповідність рівня підготовки адміністрації до потреб ринку праці [14].

#### **1.4 Постановка задачі**

Згідно з актуальністю теми об'єктом дослідження процес формування

рейтингу ЗВО. Згідно з цим **предметом дослідження** є інтелектуальні методи багатокритерійного прийняття рішень Fuzzy TOPSIS, PROMETHEE та вплив їх параметрів на рейтингування університетів.

**Метою** дослідження є підвищення ефективності рейтингування ЗВО за рахунок використання інтелектуальних методів багатокритерійного прийняття рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- огляд існуючих рейтингів університетів;
- аналіз наявних міжнародних систем рейтингування ЗВО;
- аналіз наявних українських систем рейтингування ЗВО;
- збір інформації;
- демонстрація способу використання отриманої методики на реальних прикладах.

Для складання рейтингу університетів враховуються різні критерії, які зібрані з різних міжнародних рейтингів:

1) академічна репутація: заснована на академічному опитуванні QS, де порівнюються думки експертів вищої освіти щодо якості викладання та досліджень у світових університетах;

2) репутація роботодавця: заснована на відповідях роботодавців на опитування QS, де роботодавці визначають установи, з яких вони отримують найбільш компетентних та інноваційних випускників;

3) співвідношення викладачів і студентів: вимірює співвідношення вчителів до учнів, що є проксі-метрикою якості викладання;

4) статті в nature та science: кількість статей, опублікованих у цих виданнях за останні п'ять років;

5) нагороджені співробітники: кількість співробітників, які отримали нобелівські премії та філдсову медаль;

6) коефіцієнт міжнародного студентства: вимірює різноманітність студентської спільноти;

7) коефіцієнт міжнародного персоналу: вимірює різноманітність академічного персоналу.

Для подальшого використання назви критеріїв було замінено на умовні позначення, які наведено у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Назви критеріїв та умовні позначення до них

Критерій	Умовне позначення
Академічна репутація	Criteria1
Репутація роботодавця	Criteria2
Співвідношення викладачів і студентів	Criteria3
Статті в Nature та Science	Criteria4
Нагороджені співробітники	Criteria5
Коефіцієнт міжнародного студентства	Criteria6
Коефіцієнт міжнародного персоналу	Criteria7

## Висновки до розділу 1

Тема кваліфікаційної роботи присвячена системі рейтингування ЗВО. В першому розділі розглянута актуальність системи та її аналоги в українському та міжнародному сегменті.

У цьому розділі завершено підготовчий етап до кваліфікаційної роботи:

1) охарактеризовано основні міжнародні та українські рейтинги університетів, досліджено їх методику, критерії оцінювання;

2) відкрито доступні публікації щодо рейтингу ЗВО;

З опису робіт випливає, що для ARWU академічні нагороди передбачали рейтинг університету, тоді як для QS і THE показники репутації були більш потужними, ніж рейтинг університету.

3) на основі міжнародних рейтингів the, qs та arwu створено матрицю вхідних даних для роботи. набір даних включає 7 університетів та їхні оцінки за 7 критеріями.

## **2 МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ СВІТИ**

### **2.1 Інтелектуальні методи прийняття рішень**

Обираючи методи для розробки системи потрібно зробити порівняльний аналіз відомих методів.

Інтелектуальні системи прийняття рішень та обробки даних (ISDSPR) все більше адаптуються до користувачів та їхніх потреб. Інтелектуальні інтерфейси та системи роблять дані більш ефективними та легшими для взаємодії.

Ці методи обробки даних і прийняття рішень дійсно розширюють можливості системи та пристосовують її до потреб окремих користувачів. Це включає не тільки здатність шукати та обробляти інформацію, але й здатність адаптуватися до різних стилів введення та розпізнавання даних [15].

Цей широкий спектр методів, що охоплює алгоритми пошуку, експериментальне навчання, логіку та навіть розпізнавання образів, відображає різноманітність проблем, які інтелектуальні системи можуть вирішити. Вони не тільки допомагають вам зрозуміти інформацію, але й допомагають врахувати невизначеність і розпізнати складні зв'язки між даними.

Сучасний інтелектуальний СППР (ІСППР) характеризується широким використанням інтелектуальних методів обробки даних і прийняття рішень і дизайном інтерфейсу, заснованим на принципах інтелектуалізації процесу взаємодії користувач-система. Він також адаптує систему до користувачів та їхніх уподобань щодо того, як відображати результати обробки даних, запроваджуючи практичні способи для конкретних користувачів вводити, редагувати та реконструювати знання та бази даних [16].

Системи ІСППР становлять широкий і дуже практичний клас комп'ютерних систем обробки даних, які дозволяють інтегрувати різноманітні дані.

Інтелектуальні методи й алгоритми для пошуку й обробки даних (оскільки алгоритми є методами реалізації) включають: алгоритми для пошуку даних із заданими характеристиками, алгоритми для переведення даних у форму даних, цікаві способи пошуку й обробки даних, а також представлення знань у базах знань. Цей клас включає різні типи планування, методи роботи з невизначеністю, методи прийняття рішень на основі нейронних мереж, ймовірнісні моделі та судження, чітку та нечітку логіку, методи навчання на основі попереднього досвіду та спостережень, лінгвістичну інформацію. Він також включає такі методи, як імовірнісні методи витримати, байєсовські мережі, методи сприйняття/розпізнавання форми, методи керування в робототехніці тощо [16].

Багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM) є складним процесом. Він спрямований на підтримку осіб, які приймають рішення, у прийнятті їхніх рішень більш ефективними та послідовними. MCDM надає корисну та успішну альтернативу для обробки трьох основних типів проблем MCDM, а саме вибору, ранжування та сортування. Перші дві є найпоширенішими досліджуваними проблемами, але третя пропонує спосіб вирішення реальних проблем MCDM, які вимагають призначення альтернатив упорядкованим категоріям. Практикуючі фахівці зараз розробляють і застосовують методи сортування для вирішення проблем із різних областей застосування. Незважаючи на його інтерес і застосовність, існує лише один попередній огляд сортування за кількома критеріями, виконаний майже 20 років тому. Отже, через свою цікавість ця стаття представляє новий систематичний огляд методів сортування MCDM, який включає 30 років досліджень у цій галузі. У цьому огляді систематично проаналізовано звичайні та неklasичні методи сортування MCDM, а потім класифіковано опубліковані документи за 16 областями застосування. Аналіз показує, що методологічна розробка для сортування MCDM все ще знаходиться на стадії зростання, і виявляє тенденції застосовуваних методів. Він також показує повний спектр сфер застосування,

стан знань про методи, тип внеску в знання та область застосування для чотирьох категорій підходів MCDM [17]. Систематичний огляд ретельно вивчає кожен вибрану статтю, щоб з'ясувати, який підхід із багатокритеріального сортування представляє найбільший розвиток на основі його внеску та застосування методів. Ми також прагнемо виявити, які методи сортування за кількома критеріями є найбільш вивченими в MCDM. Відповідним висновком є співвідношення між найбільш застосовуваними методами та областями застосування разом із майбутніми напрямками подальших досліджень.

Сталий розвиток спрямований на задоволення поточних потреб без шкоди майбутнім поколінням у задоволенні їхніх потреб. Загалом, це означає збалансувати різноманітність потреб і цілей. Враховуючи суперечливі інтереси, які оточують досягнення сталого розвитку, існує потреба в механізмах, які б забезпечували процес прийняття рішень за багатьма критеріями. Професор Табуканон розповів про багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM), процес вибору варіантів дій серед альтернативних можливостей для отримання «оптимальних» результатів за деякими критеріями «оптимізації». Багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM) широко використовується для підтримки надзвичайно складних рішень як у державних, так і в приватних організаціях. Крім того, багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM) використовується для керівництва та стимулювання розробки політики. Існує дві категорії MCDM: багатоцільове прийняття рішень (MODM) і багатоатрибутне прийняття рішень (MADM). MODM використовується для більшого набору альтернатив. І MODM використовується для вибору альтернативи з-поміж невеликого явного списку можливостей [18].

Проблема MCDM представляє два конфлікти, які можуть бути викликані внутрішньоособистісними причинами або міжособистісними причинами. MCDM має багато методів, таких як вартість або корисність, випередження, на основі відстані, на основі напрямку та змішаний. Прикладом загальноприйнятої методики є аналітичний ієрархічний процес, який аналізує складну проблему



шляхом декомпозиції та синтезу через ієрархічну структуру. Потім кожен критерій зважується відповідно до того, наскільки він важливий у загальній картині. Потім кожен варіант оцінюється за кожним із критеріїв відповідно до того, наскільки добре він йому задовольняє. Нарешті бали множаться на вагові коефіцієнти, а результати для кожного варіанту складаються, щоб отримати оцінку для цього варіанту [19].

## 2.2 PROMETHEE

Було запропоновано багато багатокритеріальних методів прийняття рішень. Усі ці методи починаються з однієї таблиці оцінювання, але вони відрізняються залежно від додаткової інформації, яку вони запитують. Методи PROMETHEE вимагають дуже чіткої додаткової інформації, яку легко отримати та зрозуміти як особи, які приймають рішення, так і аналітики.

Метою всіх багатокритеріальних методів є збагачення графа домінування, тобто зменшення кількості непорівнянностей ( $R$ ). При побудові функції корисності багатокритеріальна задача зводиться до однокритеріальної задачі, для якої існує оптимальне рішення. Це здається перебільшенням, оскільки воно ґрунтується на досить сильних припущеннях (чи справді ми приймаємо всі наші рішення на основі функції корисності, визначеної десь у нашому мозку?) і повністю змінює структуру проблеми прийняття рішення. З цієї причини Б. Рой запропонував будувати відносини випередження, включаючи лише реалістичні збагачення відносини домінування. У цьому випадку не всі непорівнянності вилучені, але інформація достовірна. Методи PROMETHEE належать до класу методів випередження [20].

Метод PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) - це інший метод багатокритеріального прийняття рішень, спрямований на ранжування альтернатив та вибір оптимального рішення. Цей метод базується на порівнянні альтернатив за кожним критерієм

та обчисленні загальних ранжувань для кожної альтернативи [21].

Основні кроки методу PROMETHEE:

Порівняння пар альтернатив: Альтернативи порівнюються попарно за кожним критерієм, визначаючи, яка альтернатива переважає над іншою або яка менш об'єктивна.

Створення матриці переваг та недоліків: Для кожної пари альтернатив обчислюються значення переваги та недоліків на основі порівняльних оцінок.

Вагові коефіцієнти: Задаються вагові коефіцієнти для критеріїв, що визначають їхню важливість для прийняття рішення [21].

Обчислення загальних ранжувань: Виконується агрегація значень переваг та недоліків для кожної альтернативи з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Формування рейтингу альтернатив: На основі попередніх обчислень альтернативи ранжуються відповідно до їхніх загальних ранжувань.

Метод PROMETHEE дозволяє враховувати важливість кожного критерію та його вплив на рішення. Він також надає можливість аналізувати нечіткі та неоднозначні відносини між альтернативами при використанні багатокритеріальних оцінок [21].

Щоб побудувати відповідний багатокритеріальний метод, слід розглянути деякі вимоги:

Слід враховувати амплітуду відхилень між оцінками альтернатив у межах кожного критерію:

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b). \quad (2.1)$$

$d_j(a, b)$  — різниця між оцінками двох дій за критерієм  $g_j$ . Звичайно, ці відмінності залежать від використовуваних шкал вимірювання, і тому, хто приймає рішення, їх не завжди легко порівняти.

Ця інформація може бути легко обчислена, але не використовується в теорії ефективності.

Коли ці відхилення є незначними, співвідношення домінування може

бути збагачене.

Оскільки оцінки кожного критерію виражені в їх власних одиниць, ефекти масштабування повинні бути повністю усунені. Неприпустимо отримувати висновки залежно від шкал, у яких висловлюються оцінки. На жаль, не всі багатокритеріальні процедури дотримуються цієї вимоги!

У разі попарних порівнянь відповідний багатокритеріальний метод повинен надати таку інформацію:  $a$  є кращим перед  $b$ ;  $a$  і  $b$  байдужі;  $a$  і  $b$  непорівнянні.

Звичайно, мета полягає в тому, щоб максимально зменшити кількість непорівнянностей, але не тоді, коли це нереально [22]. Тоді процедуру можна буде вважати справедливою. Коли для конкретної процедури всі непорівнянності систематично вилучаються, надана інформація може бути більш спірною.

Різні багатокритеріальні методи вимагають різної додаткової інформації та використовують різні процедури розрахунку, щоб рішення, які вони пропонують, могли відрізнитися. Тому важливо розробити методи, зрозумілі тим, хто приймає рішення. Слід уникати процедур «чорного ящика».

Відповідна процедура не повинна включати технічні параметри, які не мають значення для особи, яка приймає рішення. Такі параметри знову призведуть до ефекту «чорного ящика».

Відповідний метод повинен надавати інформацію про суперечливий характер критеріїв.

Методи PROMETHEE були розроблені для вирішення багатокритеріальних проблем типу та пов'язаної з ними таблиці оцінки [23].

Додаткова інформація, яка вимагається для запуску PROMETHEE, є особливо чіткою та зрозумілою як для аналітиків, так і для осіб, які приймають рішення. Він складається з:

- інформація між критеріями;
- інформація в межах кожного критерію.

Більшість багатокритеріальних методів розподіляють ваги відносної важливості для критеріїв. Ці ваги відображають основну частину «мозку» особи, яка приймає рішення. виправити їх нелегко. Зазвичай ті, хто приймає рішення, сильно вагаються. Відповідний метод повинен пропонувати інструменти чутливості для легкого тестування різних наборів ваг.

Методи PROMETHEE та відповідний візуальний інтерактивний модуль GAIA враховують усі ці вимоги. З іншого боку, також можна розглянути деякі математичні властивості, якими, можливо, користуються багатокритеріальні задачі. Дивіться, наприклад. Такі властивості, пов'язані з методами PROMETHEE, були проаналізовані в особливо цікавій статті [23].

### 2.3 TOPSIS і нечіткий TOPSIS

Техніка порядку переваги за подібністю до ідеального рішення (TOPSIS) є багатокритеріальним рішенням метод аналізу, спочатку розроблений Хвангом і Юном у 1981 році [24] з подальшими розробками Юн у 1987 році [24] та Хван, Лай і Лю у 1993 році [25].

TOPSIS базується на концепції, що обрана альтернатива повинна мати найкоротшу геометричну відстань від позитивного ідеального рішення і найбільшу геометричну відстань від ідеального рішення. Це метод компенсаційного агрегування, який порівнює альтернативний набір шляхом визначення вагових коефіцієнтів для кожного критерію, нормалізації балів для кожного критерію та обчислення геометричної відстані між кожною альтернативою та ідеальною альтернативою, яка є найкращим значенням у кожному критерії.

Припущення TOPSIS полягає в тому, що монотонні критерії збільшуються або зменшуються. Нормалізація зазвичай потрібна як параметр або критерій, який часто є дивним виміром у багатокритеріальних питаннях. Методи компенсації, такі як TOPSIS, дозволяють компроміси між критеріями,

якщо вони погані результати за одним критерієм можуть бути зведені нанівець хорошими результатами за іншими критеріями. Це забезпечує більш реалістичну форму моделювання, ніж некомпенсаційні методи, які включають або виключають альтернативні рішення, засновані на жорстких відрізах [26].

Останні застосування нечіткої TOPSIS включають: Вибір комплексного консультанта з управління якістю. Оцінка накопичення теплової енергії в сонячних концентрованих системах. Аварія розливу нафти в морі. Аналіз ділової конкуренції в авіаційній галузі. Оцінка стійких транспортних систем. енергетичне планування. Прийняття рішення про прийняття товару. Вибір менеджера. Оцінка бізнес-аналітики корпоративних систем. Сплануйте розташування свого банку. Вибір бездротової мережі та планування розміщення об'єктів.

Метод TOPSIS заснований на виборі оптимального варіанту з найменшою відстанню від позитивного ідеального рішення і максимальною відстанню від негативного ідеального рішення [27]. Нечіткий TOPSIS працює наступним чином.

- 1-й етап: побудова нормалізованої матриці рішень.
- 2-й етап: побудова зваженої нормалізованої матриці рішень.
- 3-й етап: визначення ідеального та негативного рішень.
- 4-й етап: обчислення міри поділу для кожної альтернативи.
- 5-й етап: обчислення відносної близькості до ідеального рішення

Нечітку матрицю рішень (X) можна нормалізувати за допомогою рівняння (2.9) для формування нормалізованої матриці рішень (R).

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{n \times m} \quad (2.2)$$

де  $i$  – альтернативи;  $i = 1; 2; \dots, m$ ;

$j$  – критерії;  $j = 1; 2; \dots, n$ ;

$r_{ij}$  - агрегований нечіткий рейтинг.

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_{ij}}{\sqrt{\sum_i u_{ij}^2}}, \frac{m_{ij}}{\sqrt{\sum_i u_{ij}^2}}, \frac{u_{ij}}{\sqrt{\sum_i u_{ij}^2}} \right) \quad (2.3)$$

де  $l, m, u$  - три точки трикутного нечіткого числа  $A$ .

Зважена нормована матриця рішень ( $V$ ) обчислюється шляхом множення ваг критеріїв ( $W$ ) на відповідні елементи нормалізованої матриці рішень ( $R$ ).

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{n \times m} \quad (2.4)$$

де  $v_{ij}$  формулюється як:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{W}_j \quad (2.5)$$

Позитивне ідеальне рішення ( $A^+$ ) буде визначено шляхом вибору найбільшої нормованої та зваженої оцінки для кожного критерію (Рівняння (2.15)). Таке саме від'ємне ідеальне рішення  $A$  визначається за допомогою вибору найменш нормалізованої та зваженої оцінки для кожного критерію [28] (див. рівняння (2.16)).

$$\tilde{A}^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+\} \quad (2.6)$$

$$\tilde{A}^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-\} \quad (2.7)$$

Відстань кожної альтернативи до позитивного ідеального рішення ( $d^+$ ) та негативного ідеального рішення ( $d^-$ ) ( $i=1, 2; \dots; m$ ) розраховується з використанням формули 2.15, вираженого у визначеннях TFN.

$$\begin{aligned}\tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)\end{aligned}\quad (2.8)$$

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\vartheta_{ij}, \vartheta_j^+) \quad (2.9)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\vartheta_{ij}, \vartheta_j^-) \quad (2.10)$$

Використовуючи ці значення відстані, потім обчислюється індекс близькості (CI) для кожної альтернативи за допомогою рівняння (2.18) [29]:

$$(CI) = \frac{(d_i^-)}{(d_i^+) + (d_i^-)} \quad (2.11)$$

Індекс близькості може приймати значення від 0 до 1, а альтернатива з найвищим CI вибирається як найкраща [29].

Таблиця 2.1 Порівняння методів PROMETHEE та TOPSIS

PROMETHEE	TOPSIS
Метод використовує так звані функції переваги для оцінки різниці між альтернативами за кожним критерієм.	Метод, який заснований на ідеї, що оптимальна альтернатива повинна мати найменшу відстань до ідеального рішення та найбільшу до анти-ідеального рішення.
Використовує функції переваги, які можуть бути адаптовані під різні типи даних і сценаріїв рішення, надаючи гнучкість у врахуванні нечіткості та суб'єктивності.	Моделює рішення шляхом геометричного представлення альтернатив у просторі критеріїв, використовуючи концепцію відстані для оцінки близькості до ідеальних та анти-ідеальних рішень.
Добре підходить для ситуацій, де потрібно оцінити нечіткість та суб'єктивність у виборі. Він також дозволяє легко інтерпретувати результати.	Ефективний у ситуаціях, де можна чітко визначити ідеальні та найгірші значення критеріїв. Геометричний підхід дозволяє легко візуалізувати різницю між

	альтернативами.
Може бути складнішим у використанні при великій кількості критеріїв та альтернатив через потребу в більшій кількості попарних порівнянь.	Передбачає, що критерії незалежні та рівноцінні, що може не завжди відповідати реальним сценаріям рішення. Також, метод може бути чутливим до нормалізації даних.

## 2.4 Fuzzy models

Нечіткі моделі — це математичні інструменти, які використовуються для обробки невизначеності та нечіткості даних. На відміну від традиційних двійкових систем, які працюють в абсолютах (істинних або хибних), нечітка логіка визнає відтінки істини та включає континуум можливостей між істиною та хибністю. Ці моделі дозволяють більш гнучко і детально міркувати, особливо при роботі з неточною або неоднозначною інформацією.

Нечіткі моделі включають використання нечітких наборів, які призначають ступені приналежності, а не суворі категорії. Ці ступені представляють ступінь приналежності елемента до набору. Нечітка логіка застосовує ці концепції до процесів прийняття рішень, систем управління та різних сфер, де переважає невизначеність [30].

Одним із поширених застосувань нечітких моделей є система керування, де вони дозволяють приймати більш природні та схожі на людину рішення. Наприклад, під час керування температурою чи швидкістю нечітка логіка дозволяє здійснювати поступові зміни та більш плавні переходи, а не різкі перемикання, покращуючи ефективність і адаптивність.

Ці моделі знайшли застосування в різних галузях, таких як техніка, штучний інтелект, розпізнавання образів і аналіз рішень, серед іншого. Вони пропонують спосіб керування складними системами, де можуть бути відсутні чіткі відмінності або точні дані [31].

Інтеграція нечіткої логіки в системи оцінки передбачає розгляд нечітких множин та їхніх відповідних функцій приналежності для виявлення



невизначеності або неточності в процесі оцінювання. Ось загальний підхід до інтеграції нечіткої логіки в системи оцінки:

Замість чітких категорій, таких як «Відмінно», «Добре» чи «Погано», створіть нечіткі лінгвістичні змінні (наприклад, «Дуже бажано», «Помірно бажано», «Менш бажано»), а також відповідними членами функції.

Функції приналежності: функції приналежності для кожного нечіткого набору або лінгвістичної змінної, щоб призначити ступені приналежності до кожної категорії на основі оцінюваних критеріїв. Ці функції можуть бути трикутними, гаусовими або трапецієподібними, залежно від характеру даних.

Нечіткість вхідних даних: перетворення необроблених вхідних даних на нечіткі значення за допомогою визначених функцій належності. Наприклад, якщо ви оцінюєте університети на основі кількох критеріїв, таких як викладачі, інфраструктура та дослідження, розчісуйте кожен критерій окремо в лінгвістичних термінах [31].

Нечіткий висновок: використання правил нечіткої логіки для обробки нечітких даних. Визначте правила, які пов'язують нечіткі входи (лінгвістичні змінні) з нечіткими виходами (категорії лінгвістичної оцінки). Ці правила можуть базуватися на експертних знаннях або емпіричних спостереженнях.

Дефазифікація: перетворення нечітких результатів в точні значення або дієві рішення. Цей крок передбачає агрегування нечітких результатів для отримання остаточного результату або рішення.

Реалізація: впровадження правил та функцій нечіткої логіки у свою систему оцінювання.

Використовуючи нечітку логіку, системи підрахунку балів можуть впоратися з нечіткістю або невизначеністю в процесі оцінювання, забезпечуючи більш нюансований і гнучкий підхід до оцінювання складних даних або суб'єктивних критеріїв. Цей підхід дозволяє системам інтерпретувати неточні вхідні дані та генерувати бали, які краще відображають нюанси суб'єктів, що оцінюються, наприклад, університетів у вашому випадку.

У сучасних системах рекомендацій широко використовуються методи та моделі спільної фільтрації. Модель спільної фільтрації — матриця  $A$  розмірності  $m \times n$  елемента користувача. Рядки матриці відповідають вектору користувачів  $U$ , стовпці відповідають вектору елементів  $I$ . Кожен елемент матриці  $a_{ij}$  містить оцінку продукту, присвоєну користувачем  $U_i$ . Шкала оцінювання оцінюється як цілі числа  $a_{ij} \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Основні проблеми методу спільної фільтрації: дуже велика розмірність і велика розрідженість матриці  $A$  [33]. Для вирішення цих проблем використовується підхід, заснований на моделях. Спочатку сформована описова модель уподобань користувача, елементів і зв'язку між ними. Потім на основі отриманої моделі формуються рекомендації. Перевагою такого підходу є доступність моделі. Це дає більше інформації про згенеровані рекомендації та зв'язки щодо доступності даних. Формування рекомендацій поділяється на два етапи: інтенсивне навчання моделі в режимі *offline* і досить простий розрахунок на основі рекомендацій існуючих моделей в режимі реального часу.

## Висновки до розділу 2

В першу чергу, всі системи спрямовані на те, щоб надати абітурієнту можливість вибору та виступити в своєрідному конкурсі для отримання якісної освіти. Ці рейтингові системи, будь то національні чи міжнародні, дозволяють виявити недоліки в системі освіти, надаючи об'єктивну оцінку порівняно з іншими закладами. Такі дослідження стратегій позиціонування сприяють виділенню областей для подальшого вдосконалення та надають адміністраціям університетів важливі вказівки щодо покращення якості навчання.

### 3 АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

#### 3.1 Розробка критеріїв оцінювання та вагових коефіцієнтів

Нечітке число  $A = (l, m, u)$  називається трикутним, якщо його функція належності має трикутну форму [16]:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{якщо } l < x < m \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{якщо } m < x < u \\ 0, & \text{якщо } x > u \end{cases} \quad (3.1)$$

Нижче наведено операції між нечіткими трикутними числами  $A_1 = (l_1, m_1, u_1)$  та  $A_2 = (l_2, m_2, u_2)$ :

1) додавання:

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (3.2)$$

2) віднімання:

$$\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (3.3)$$

3) множення:

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (3.4)$$

4) ділення:

$$\frac{\tilde{A}_1}{\tilde{A}_2} = \frac{(l_1, m_1, u_1)}{(l_2, m_2, u_2)} = \left( \frac{l_1}{l_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{u_2} \right) \quad (3.5)$$

5) знаходження оберненого числа:

$$\tilde{A}_1^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = \left( \frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad (3.6)$$

Трикутне нечітке число  $A$  — це нечітке число з кусково-лінійною функцією належності оцінки продуктивності та ваги оцінюються за допомогою лінгвістичних термінів [32]. Мовні ваги для представлення важливості критеріїв є дуже низькими (VL), низькими (L), середніми (M), високими (H) і дуже високими (VH).

```
VERY_LOW(new double[] {0.0, 0.0, 0.25}),
LOW(new double[] {0.0, 0.25, 0.50}),
GOOD(new double[] {0.25, 0.50, 0.75}),
HIGH(new double[] {0.50, 0.75, 1.0}),
VERY_HIGH(new double[] {0.75, 1.0, 1.0});
```

Встановлення балів попарного порівняння та обчислення усіх відповідних чисел для PROMETHEE

```
void setPairwiseComparisonArray(double[] a) {
    int i = 0;
    for (int row = 0; row < nrAlternatives; row++) {
        for (int col = row + 1; col < nrAlternatives; col++) {
            //System.out.println(row + "/" + col + "=" + a[i]);
            getMtx().setEntry(row, col, a[i]);
            getMtx().setEntry(col, row, 1.0 / getMtx().getEntry(row, col));
            comparisonIndices[i][0] = row;
            comparisonIndices[i][1] = col;
            i++;
        }
    }
}
```

Повернення отриманих вагів для альтернатив

```
double[] getWeights() {
    return weights;
}
```

```

Importance of Bandwidth compared to Speed= 1.0
Importance of Bandwidth compared to Availability= 5.0
Importance of Bandwidth compared to Security= 7.0
Importance of Bandwidth compared to Price= 9.0
Importance of Speed compared to Availability= 5.0
Importance of Speed compared to Security= 6.0
Importance of Speed compared to Price= 8.0
Importance of Availability compared to Security= 3.0
Importance of Availability compared to Price= 3.0
Importance of Security compared to Price= 2.0
Consistency Index: 0.0300
Consistency Ratio: 2.4202%
Weights:
Bandwidth: 0.4073
Speed: 0.3886
Availability: 0.1084
Security: 0.0573
Price: 0.0385
*****
Calculating Fuzzy TOPSIS:
Public=[LOW, VERY_HIGH, VERY_HIGH, GOOD, VERY_HIGH]
Mobile=[VERY_HIGH, GOOD, HIGH, HIGH, VERY_LOW]
Edge=[VERY_HIGH, HIGH, HIGH, HIGH, LOW]
unweighted fuzzy values: {Public=[0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.0, 0.75, 1.0, 1.0, 0.25, 0.5, 0.75, 0.75, 1.0,
weighted fuzzy values: {Public=[0.0, 0.09714034130469436, 0.19428068260938872, 0.2914210239140831, 0.388561365
D+ for Public is: 1.9433
D+ for Mobile is: 3.6362
D+ for Edge is: 5.3132
D- for Public is: 0.9809
D- for Mobile is: 2.2196
D- for Edge is: 3.4756
closeness coefficient set is: {Edge=0.395455571823559, Mobile=0.37904836990577323, Public=0.3354325910373735}
*****
Final Ranking:
Edge: 0.3955
Mobile: 0.3790
Public: 0.3354

```

Рисунок 3.1 – Програмне порівняння методів

Результат представляє розташування відповідно до отриманих результатів.

Порівняння обох методів базувалося на наборі основних характеристик методів для адекватного вирішення проблеми відбору, як представлено в розділі. На основі результатів аналізу можна зробити висновок, що метод PROMETHEE перевершує з точки зору точності, тоді як TOPSIS перевершує для перегляду ідеальної точки з усіх альтернатив [33].

PROMETHEE використовує функції переваги, які можуть бути адаптовані під різні типи даних і сценаріїв рішення, надаючи гнучкість у врахуванні нечіткості та суб'єктивності.

TOPSIS моделює рішення шляхом геометричного представлення альтернатив у просторі критеріїв, використовуючи концепцію відстані для оцінки близькості до ідеальних та анти-ідеальних рішень [34].

У цьому документі не використовувалися атрибути як вимірювальна змінна, для подальших досліджень можна використовувати ієрархічну підтримку прийняття рішень із більш глибоким атрибутоманаліз.

У даній роботі були визначені основні напрямки оцінювання, враховуючи важливість різноманітних аспектів освітнього процесу. Основні критерії включають:

1) академічна репутація: академічна репутація зво визначається як загальна експертна думка університетської громадськості, враховуючи якість навчання, наукові досягнення та вплив на глобальному рівні [34];

2) роботодавців задоволеність: задоволеність роботодавців вказує на те, наскільки випускники зво відповідають вимогам ринку праці та успішно інтегруються в професійну сферу;

3) якість навчальних програм: цей критерій оцінює ефективність навчальних програм, їх відповідність сучасним вимогам та забезпечення комплексного розвитку студентів;

4) наукові досягнення: оцінюються наукові досягнення зво, такі як публікації, участь у наукових конференціях, та інші показники активності наукових колективів.

Для визначення вагових коефіцієнтів був обраний метод PROMETHEE та метод розпливчастої логіки. Етапи визначення вагових коефіцієнтів включають:

1) визначення основних категорій (академічна репутація, роботодавців задоволеність, якість навчальних програм, наукові досягнення) та підкатегорій для кожної з них;

2) залучення експертів, представників вищих навчальних закладів, роботодавців та студентської громадськості для оцінки важливості кожного критерію та підкритерію;

3) обробка результатів: використання математичних методів для обробки результатів експертного опитування та визначення вагових коефіцієнтів для кожного елемента ієрархії;

4) валідація результатів: аналіз та порівняння отриманих вагових коефіцієнтів з іншими дослідженнями, а також консультація з експертами для валідації отриманих результатів.

Обрана система критеріїв та вагових коефіцієнтів, заснована на методі PROMETHEE, відображає експертів та порядок важливості різних аспектів оцінювання. PROMETHEE дозволяє врахувати парний порівняльний аналіз критеріїв, враховуючи конкретні експертні відповіді та їхні взаємні відносини.

Отримані вагові коефіцієнти за допомогою методу PROMETHEE є основою для подальшого використання в системі оцінювання якості ЗВО. Застосування PROMETHEE дозволяє уникнути складних математичних обчислень, визначаючи вагові коефіцієнти на основі відносин між критеріями [35].

Отримані результати відображають експертні уподобання та підкреслюють важливість кожного критерію для оцінки якості ЗВО. Обрана система критеріїв та вагових коефіцієнтів на основі методу PROMETHEE є адаптованою до конкретних умов дослідження та враховує експертні оцінки з точністю та об'єктивністю.

Ця інтегрована система критеріїв та вагових коефіцієнтів буде використовуватися для подальших етапів дослідження, включаючи практичну реалізацію та тестування системи оцінювання на конкретних ЗВО.

Для складання рейтингу університетів враховуються різні критерії, які зібрані з різних міжнародних рейтингів:

1) академічна репутация: заснована на академічному опитуванні QS, де порівнюються думки експертів вищої освіти щодо якості викладання та досліджень у світових університетах;

2) репутация роботодавця: Заснована на відповідях роботодавців на опитування QS, де роботодавці визначають установи, з яких вони отримують найбільш компетентних та інноваційних випускників;

3) співвідношення викладачів і студентів: вимірює співвідношення

вчителів до учнів, що є проксі-метрикою якості викладання;

4) статті в Nature та Science: Кількість статей, опублікованих у цих виданнях за останні п'ять років;

5) нагороджені співробітники: Кількість співробітників, які отримали Нобелівські премії та Філдсову медаль;

6) коефіцієнт міжнародного студентства: Вимірює різноманітність студентської спільноти;

7) коефіцієнт міжнародного персоналу: Вимірює різноманітність академічного персоналу.

Для подальшого використання назви критеріїв було замінено на умовні позначення, які наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Назви критеріїв та умовні позначення до них

Критерій	Умовне позначення
Академічна репутація	Criteria1
Репутація роботодавця	Criteria2
Співвідношення викладачів і студентів	Criteria3
Статті в Nature та Science	Criteria4
Нагороджені співробітники	Criteria5
Коефіцієнт міжнародного студентства	Criteria6
Коефіцієнт міжнародного персоналу	Criteria7

### 3.2 Мова розмітки HTML, JavaScript

Мова розмітки гіпертексту, відома як HTML, є стандартною мовою розмітки для документів, призначених для відображення у веб-браузері. Вона визначає зміст і структуру веб-контенту та використовується разом із технологіями, такими як каскадні таблиці стилів (CSS) і мови сценаріїв, наприклад, JavaScript [35].



Веб-браузери отримують документи HTML з веб-сервера або локального сховища та відображають їх як мультимедійні веб-сторінки. HTML надає семантичний опис структури веб-сторінки та містить характеристики її зовнішнього вигляду.

HTML використовує елементи як будівельні блоки для сторінок. За допомогою тегів HTML, таких як `<img>` і `<input>`, можна вставляти різні об'єкти у відкриті сторінки. Використовуючи теги, наприклад `<p>` і `</p>`, можна створювати структурну семантику тексту, включаючи заголовки, абзаци, списки, посилання, цитати та інші елементи.

HTML використовує теги, які вказують на початок і кінець елементів, написані за допомогою кутових дужок. Браузери інтерпретують ці теги, але не відображають їх, використовуючи їх для правильного відтворення контенту сторінок.

Мова HTML може включати програми, написані на мові сценаріїв, таких як JavaScript, для впливу на поведінку та вміст веб-сторінок. Додавання CSS дозволяє створювати зовнішній вигляд і макет вмісту. HTML5, остання версія HTML, використовується для відтворення відео та аудіо, часто із застосуванням елементів `<canvas>` разом із JavaScript [36].

Бібліотека JavaScript — це бібліотека попередньо написаного коду JavaScript, яка дозволяє легше розробляти програми на основі JavaScript, особливо для AJAX та інших веб-орієнтованих технологій. Їх можна включити на веб-сайт, вставивши його безпосередньо в HTML за допомогою тегу сценарію.

З розширеними вимогами до JavaScript програмістам потрібні були простіші засоби для розробки таких динамічних інтерфейсів. Таким чином, були розроблені бібліотеки JavaScript і бібліотеки віджетів JavaScript, що дозволило розробникам більше зосередитися на більш характерних програмах Ajax. Це призвело до появи інших компаній і груп, таких як Microsoft і Yahoo! розробка власних бібліотек інтерфейсу користувача на основі JavaScript, які

потрапляють у веб-додатки, розроблені цими компаніями. Деякі бібліотеки JavaScript дозволяють легше інтегрувати JavaScript з іншими технологіями веб-розробки, такими як CSS, PHP, Ruby та Java. У той час як інші надають утиліти, часто у формі функцій JavaScript, щоб зробити повторювані та складні завдання менш обтяжливими. Багато бібліотек включають код для виявлення відмінностей між середовищами виконання та усувають потребу в програмах, які допускають такі невідповідності [37].

Майже всі бібліотеки JavaScript випущені на умовах дозвільної ліцензії або ліцензії з копілефтом, щоб забезпечити безліцензійне розповсюдження, використання та модифікацію.

jQuery - це бібліотека JavaScript, яка призначена для спрощення обходу дерева HTML DOM і взаємодії з ним, а також обробки подій, анімації CSS і Ajax. Це відкрите програмне забезпечення з ліцензією Массачусетського технологічного інституту. За даними на серпень 2022 року jQuery використовується на 77% з 10 мільйонів найпопулярніших веб-сайтів. Вона визначається як найпоширеніша бібліотека JavaScript з великим відривом, використовуючи її значно частіше, ніж інші бібліотеки JavaScript.

Синтаксис jQuery розроблено для полегшення навігації документом, вибору елементів DOM, створення анімації, обробки подій і розробки програм Ajax. Вона надає розробникам можливість створювати плагіни на основі бібліотеки JavaScript, дозволяючи створювати абстракції для низькорівневої взаємодії та анімації, розширювати ефекти та використовувати високорівневі віджети з підтримкою тем.

Для підключення jQuery використовується наступний код:

```
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.5.1.slim.min.js"></script>
```

Основні функції jQuery включають вибір елементів DOM, обхід і маніпуляції, які активують механізм вибору (відомий як "Sizzle" починаючи з версії 1.3). Цей стиль програмування об'єднав алгоритми та структури даних DOM, вплинувши на архітектуру інших фреймворків JavaScript, таких як YUI

v3 і Dojo, і сприяв створенню стандартного API селекторів.

Microsoft і Nokia використовують jQuery на своїх платформах. Microsoft включає його в Visual Studio для використання в рамках Microsoft ASP.NET AJAX і ASP.NET MVC, тоді як Nokia інтегрувала його в платформу розробки віджетів Web Run-Time [38].

### 3.3 Використання запитів MySQL при реалізації додавання, видалення, пошуку та оновлення даних полів в таблицях

MySQL - це відкрита реляційна система управління базами даних, спеціально розроблена та оптимізована для веб-додатків і здатна працювати на різних платформах. З розвитком Інтернету з'явилися нові вимоги до баз даних, і веб-розробники віддають перевагу використанню MySQL для своїх проєктів. База даних MySQL здатна ефективно обробляти мільйони запитів і тисячі транзакцій, тому вона широко використовується компаніями електронної комерції, які потребують обробки великого обсягу грошових операцій. Гнучкість MySQL полягає у можливості адаптації до різних потреб користувачів [39].

Клас MySqlConnection має багато методів, які спрощують роботу з таблицями в MySQL базі даних. Для початку роботи з базою даних потрібно встановити з'єднання, використовуючи такий код:

```
MySqlConnection connection = new  
MySqlConnection("server=127.0.0.1;port=3306;username=root;database=kurs");
```

Цей код ініціалізує новий екземпляр класу **MySqlConnection**, вказуючи параметри для підключення до бази даних.

Обов'язковою умовою для коректної роботи з таблицями є закриття з'єднання після виконання всіх операцій [39]. Для цього використовується метод: `connection.Close();`

### 3.4 Опис програмної реалізації

Кожен застосунок вимагає графічне зображення, оскільки для початківців використання програмних засобів є більш простим. Ці інструменти дозволяють необізнаним користувачам легко відкривати меню, переміщати файли, запускати програми або виконувати пошук в Інтернеті, уникавши введення функцій через командний рядок комп'ютера.

Використовується найпопулярніша мова програмування – Python [40]. Ця програма не має переваг у сфері розробки інтерфейсів, але вона має ряд модулів для створення графічних інтерфейсів.

При розробці інформаційної системи використовувалась бібліотека – PyQt.

PyQt - це прив'язка Python міжплатформенного набору графічних інтерфейсів Qt, реалізована як модуль Python. PyQt - це безкоштовне програмне забезпечення, розроблене британською фірмою Riverbank Computing. Він доступний на умовах, подібних до версій Qt, старших за 4.5; це означає різноманітні ліцензії, включаючи загальну публічну ліцензію GNU (GPL) та комерційну ліцензію, але не GNU Lesser General Public License (LGPL). PyQt підтримує Microsoft Windows, а також різні версії UNIX, включаючи Linux і MacOS (або Дарвін) [41].

Була створена система web-сторінкою в браузері, а також окремим застосунком, який можна завантажити на комп'ютер.

Для застосунка використовувалась мова .NET Framework та Windows Forms, який реалізується та компілюється в рамках однойменних рамках простору імен «System.Windows.Forms».

Код та дані, які характеризують клас, відомі як його члени. Дані, що визначені в межах класу, називаються полями або змінними. Код класу може включати функції, і найзагальніший представник - методи. Метод в класі подібний до підпрограми, і він може містити код, що взаємодіє з полями,

визначеними у класі.

Щоб уникнути повторення однакового коду для методів у кожному класі, ми вирішили створити загальний клас DB, який успадковує всі характеристики бази даних та необхідні методи у класі Database (System.Data). Для взаємодії з базою даних потрібен окремий клас, який має методи для виконання запитів. У даному випадку використовується клас MySql.Data.MySqlClient [42].

Отже, створюємо загальний клас DB, який буде містити методи для взаємодії з базою даних та успадковувати їх у всі інші класи, що представляють різні форми бази даних.

```
using MySql.Data.MySqlClient;
public class DB
{
    MySqlConnection connection = new
    MySqlConnection("server=127.0.0.1;port=3306;username=root;database=kurs");

    public void openConnection()
    {
        if (connection.State == System.Data.ConnectionState.Closed)
            connection.Open();
    }
    public void closeConnection()
    {
        if (connection.State == System.Data.ConnectionState.Open)
            connection.Close();
    }

    public MySqlConnection getConnection()
    {
        return connection;
    }
}
```

Якщо відмовитися від використання ієрархії наслідування, то для кожного об'єкта буде необхідно створювати та явно визначати його властивості. Однак, якщо використовувати наслідування, достатньо визначити лише ті властивості, які роблять об'єкт унікальним та відмінним від інших об'єктів у програмі.

Більшість сучасних об'єктно-орієнтованих мов програмування (C#, Java, Delphi і ін.) підтримують можливість одночасно спадкувати від головного класу та реалізовувати методи декількох інтерфейсів за допомогою одного й того ж класу. Цей механізм дозволяє у багатьох випадках замінити множинне

наслідування, оскільки методи інтерфейсів слід перевизначити явно, уникнувши конфліктів при наслідуванні функціональності однакових методів від різних головних класів [43].

### 3.5 Огляд користувацького інтерфейсу

Після завантаження веб-сторінки користувач бачить сторінку, де він може обрати за яким методом буде відбуватися оцінка вищого закладу: TOPSIS, PROMETHEE.

На початку є невеликий опис, як працює кожен метод.

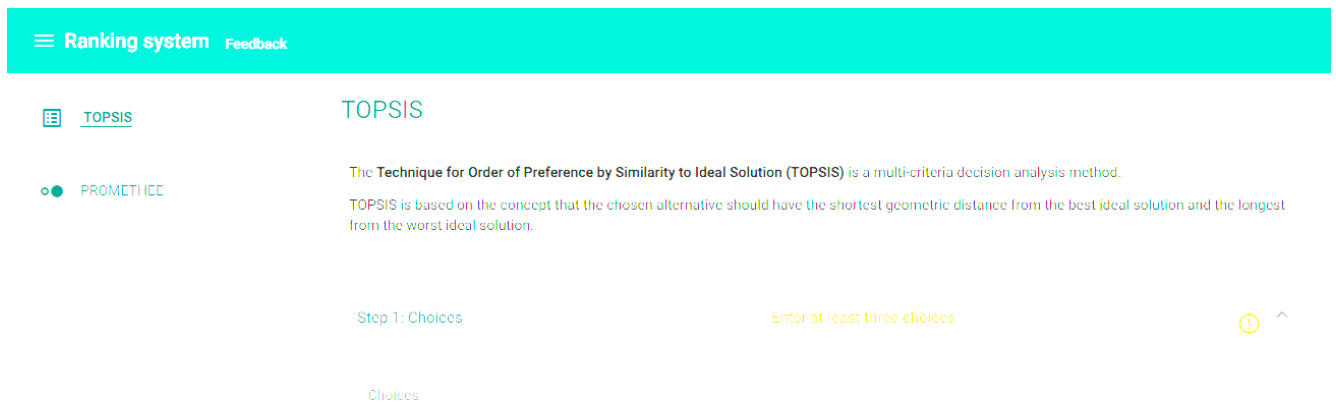


Рисунок 3.2 – Завантаження веб-сторінки

Далі можна бачити дві кнопки: одна для введення даних вручну, інша для завантаження файлу. Якщо користувач вибирає завантажити файл, йому потрібно натиснути на кнопку для завантаження та вибрати файл з розширенням .xlsx зі свого пристрою.

#### Step 1: Insert data



Рисунок 3.3 – Вибір введення даних

Оберемо введення закладів та параметрів вручну.

Рисунок 3.4 – Введення даних

Вводимо назви, після цього обираємо критерії та параметри до них.

No.	Name	Negative	Weight	Qualitative	Actions
1	criteria1	<input type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	criteria2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	
3	criteria3	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	
4	criteria4	<input type="checkbox"/>	4	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 3.5 – Обираємо критерій та параметрів до них

Після генерується матриця заданого користувачем розміру. Дана матриця автоматично заповнює назви критеріїв («criteria1», «criteria 2»,..., «criteria n»). Користувач може змінити назви за замовчуванням (рисунок 3.5).

No.	Name	Negative	Weight	Qualitative	Actions
1	Якість управління	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	
2	criteria2	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 3.6 – Зміна назви першої критерії

Далі йде вибір графа «Спосіб нормалізації при визначенні ваг критеріїв» зникає, оскільки не буде використано спосіб визначення ваг критеріїв і значення братимуться зі сформованої нижче матриці, яку заповнює користувач.

Таблиця зважування критеріїв використовує назви критеріїв із наведеної вище матриці.

Step 3: Decision Matrix Fill the decision matrix values ^

choice	criteria1	criteria2	criteria3	criteria4
Київський національний Університет ім. Т. Шевченка	<input type="range"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>
Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського	<input type="range"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>
Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна	<input type="range" value="5"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>
Національний університет "Львівська політехніка"	<input type="range"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>
Сумський державний університет	<input type="range"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>
Львівський національний університет ім. І. Франка	<input type="range"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили	<input type="range"/>	Value 1	Value 1	<input type="range"/>

Рисунок 3.7 – Визначення ваг критеріїв

Після натискаємо кнопку «Обчислити/Compute», під нею створюється ряд таблиць. Спочатку програма розраховує ваги критеріїв за допомогою методу, обраного користувачем. Перевіряються коди за значенням змінних, які зберігають порядкові номери обраних методів зважування критеріїв і перевіряється порядковий номер методу нормалізації. У середині блоку перемикачів розраховуються вагові коефіцієнти всіх критеріїв.

Також нижче ми можемо скопіювати та вставити введені дані за допомогою «Copy inputes» «Import inputes», якщо вони були скопійовані раніше.



Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень

Step 3: Decision Matrix Fill the decision matrix values

choice	criteria1	criteria2	criteria3
Київський національний Університет ім. Т. Шевченка	Value 36	Value 24	Value 25
Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського	Value 36	Value 20	Value 21
Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна	Value 20	Value 14	Value 14
Національний університет "Львівська політехніка"	Value 18	Value 14	Value 11
Сумський державний університет	Value 10	Value 5	Value 4
Львівський національний університет ім. І. Франка	Value 10	Value 7	Value 6
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили	Value 12	Value 8	Value 8

Copy inputs Import inputs inputs are copied OK!

Copy inputs Import inputs

Compute

[Send feedback or report a bug](#)

Рисунок 3.8 – Визначення ваг критеріїв

**Result**

1. **Київський національний Університет ім. Т. Шевченка** with score 1.00
2. **Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського** with score 0.80
3. **Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна** with score 0.31
4. **Національний університет "Львівська політехніка"** with score 0.24
5. **Львівський національний університет ім. І. Франка** with score 0.15
6. **Сумський державний університет** with score 0.11
7. **Чорноморський національний університет ім. Петра Могили** with score 0.10

[Show more](#)

Київський національний Університет ім. Т. Шевченка is better than Сумський державний університет

Київський національний Університет ім. Т. Шевченка is better than Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського is better than Київський національний Університет ім. Т. Шевченка

Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського is better than Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна

Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського is better than Сумський державний університет

Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського is better than Львівський національний університет ім. І. Франка

Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського is better than Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна is better than Сумський державний університет

Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна is better than Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Національний університет "Львівська політехніка is better than Київський національний Університет ім. Т. Шевченка

Національний університет "Львівська політехніка is better than Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна

Національний університет "Львівська політехніка is better than Сумський державний університет

Національний університет "Львівська політехніка is better than Львівський національний університет ім. І. Франка

Рисунок 3.9 – Оцінювання та рейтингування закладів

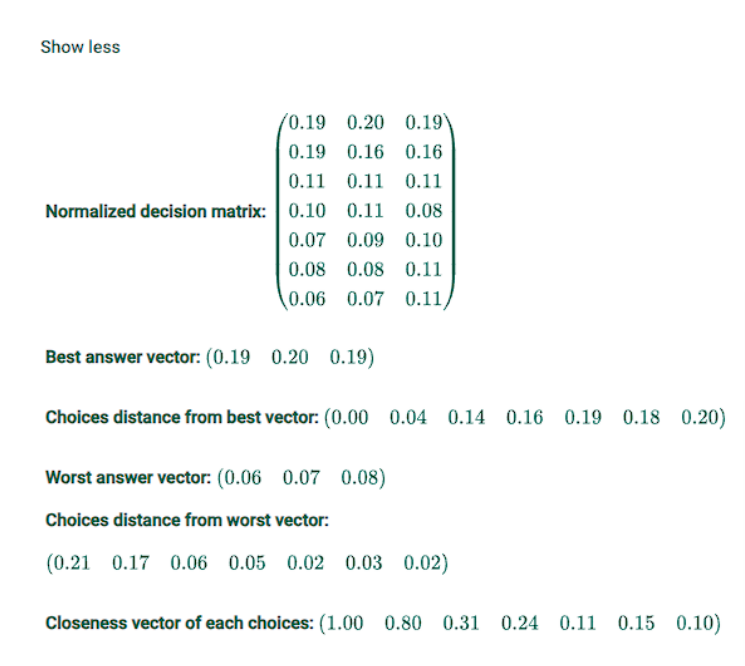


Рисунок 3.10 – Повний результат розрахунку за методом

Також є можливість надіслати відгук або повідомити про помилки.

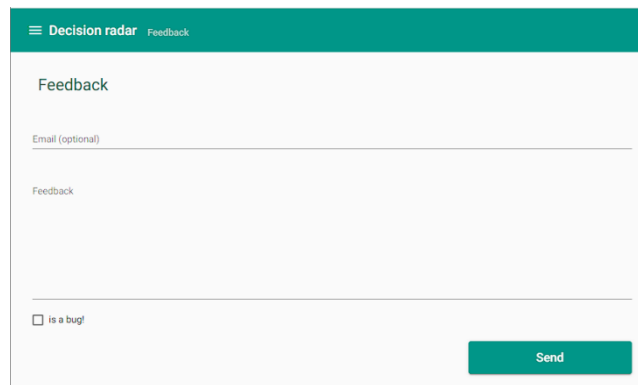


Рисунок 3.11 – Вікно фідбеку

Ще є можливість завантаження оновленого додатку на пристрій персонального комп'ютера.

## Contacts

Additional Information:

Download App

Рисунок 3.12 – Контактні дані

На старті відкривається форма Form1.cs, яка дає змогу зайти користувачеві в систему(рисунок 4.1).

Після того, як користувач введе потрібні дані – відкриється форма (див. рисунок 4.2). В програмі реалізована форма, яка включає чотири кнопки: "Імпорт даних", "Додати вручну", перегляд минулих результатів і "Вихід". Користувач може завантажити дані з файлу Excel або ввести їх вручну. Після цього він може проводити оцінювання та переглядати минулі результати. Кнопка "Вихід" дозволяє закрити програму.



Рисунок 3.13 – Зображення меню системи

Якщо ж набір даних не буде обраний, і ви почнете взаємодіяти с кнопками, то побачите повідомлення про помилку.

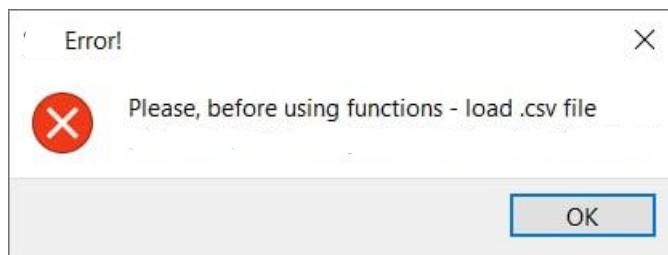


Рисунок 3.14 – Обробка помилки при спробі використати функції без завантаженого файлу

Або якщо користувач відкриє провідник та зачинить його не вибравши файл:

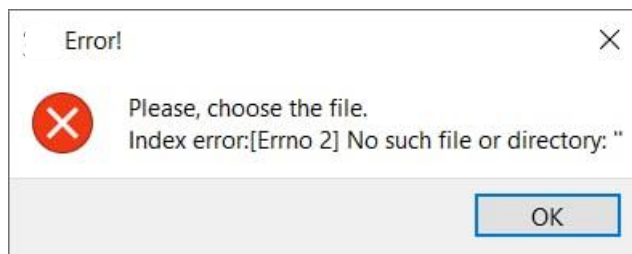


Рисунок 3.15 – Обробка помилки про не відкритий файл

Після обрання необхідного списку даних можемо обрати функцію рейтингу. Ми побачимо вікно з назвами закладів та відповідними значеннями оцінок, які були у файлі «University.xlsl». Дані для оцінювання були взяті з сайту для біль точної оцінки [12].

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень

Step 3: Decision Matrix

Fill the decision matrix values

choice	criteria1	criteria2	criteria3
Київський національний Університет ім. Т. Шевченка	Value 36	Value 24	Value 25
Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського	Value 36	Value 20	Value 21
Харківський Національний університет ім. В.Н. Каразіна	Value 20	Value 14	Value 14
Національний університет "Львівська політехніка"	Value 18	Value 14	Value 11
Сумський державний університет	Value 10	Value 5	Value 4
Львівський національний університет ім. І. Франка	Value 10	Value 7	Value 6
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили	Value 12	Value 8	Value 8

Copy inputs Import inputs inputs are copied OK

Рисунок 3.16 – Список закладів з відповідними оцінками

Далі потрібно натиснути кнопку «Compute», щоб побачити результат рейтингування за методом. Після цього ми побачимо вікно, яке покаже нам кожен університет із відповідним значення індексу близькості за сортування від найбільшого до найменшого. Університет із значенням 1 буде виділений окремо від інших та пофарбований у зелений колір.

Best Choice is **НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"**

**НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"** with score **1**

**КНУ ім. Тараса Шевченка** with score **0.8715631404886003**

**ХНУ ім. В.Н. Каразіна** with score **0.44699190688025103**

**ЛНУ ім. Івана Франка** with score **0.3768304088749688**

**НТУ "Харківський політехнічний інститут"** with score **0.3758856498889983**

**ЧНУ ім. Петра Могили** with score **0.1656679919764501**

**НУК ім. Макарова** with score **0**

Full Calculation Result

Рисунок 3.17 – Результат рейтингування закладів програмою

Натиснувши кнопку «Full Calculation Result» можна побачити повний розрахунок.

```
Normalized Decision Matrix is [ [ 0.06550339347073006, 0.06504065040650406,
0.0823610351845668 ], [ 0.19651018041219018, 0.17886178861788618, 0.1647220703691336 ],
[ 0.05458616122560839, 0.03252032520325203, 0.05765272462919677 ], [
0.0709620095932909, 0.11382113821138212, 0.11530544925839353 ], [ 0.10917232245121677,
0.11382113821138212, 0.11530544925839353 ], [ 0.09825509020609509,
0.11382113821138212, 0.09059713870302347 ], [ 0.19651018041219018, 0.1869918699186992,
0.1976664844429603 ] ]
Best Answer Vector is [ 0.19651018041219018, 0.1869918699186992, 0.1976664844429603 ]
Worst Answer Vector is [ 0.05458616122560839, 0.03252032520325203, 0.05765272462919677 ]
Choices Distance From Best Vector is [ 0.21290895893295964, 0.03393276647468609,
0.25220574594175266, 0.16703185112794847, 0.14058875320760475, 0.16270176252017124,
0 ]
Choices Distance From Worst Vector is [ 0.0422759757039362, 0.2302652729648743, 0,
0.10100409527694536, 0.11363673635889514, 0.09799046878525215, 0.25220574594175266 ]
Closeness Vector of Each Choices [ 0.1656679919764501, 0.8715631404886003, 0,
0.3768304088749688, 0.44699190688025103, 0.3758856498889983, 1 ]
```

Рисунок 3.18 – Повний результат розрахунку за методом

Якщо користувач не має створеного файлу, то він може записати дані вручну за допомогою кнопки «Додати вручну».

### Висновки до розділу 3

Отже, в третьому розділі зазначено, що було використано методи, фреймворки та скрипти для розробки системи оцінювання. Описано вибір мови розмітки HTML, бази даних, середовища та мов програмування. Окреслено роботу з MySQL – Hibernate, яка дозволяє працювати з базою даних у більш зручний спосіб. Подано зображення розробленої системи рейтингування ЗВО на основі методів TOPSIS та PROMETHEE, а також описано та протестовано основні функції модулю, включаючи рейтингування.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи була створена система рейтингування вищих навчальних закладів на основі інтелектуальних методів, виконані всі намічені завдання. Проведено аналіз предметної області, розглянуто всі технічні вимоги до розробки програмного забезпечення. Здійснено порівняння існуючих аналогів, розглянуті переваги та недоліки кожного з них. Реалізовано всі функції, спрямовані на вирішення поставлених завдань для користувачів. Здійснено порівняльний аналіз з іншим нечітким методом. Надано опис використаних методів та засобів розробки. Таким чином, всі намічені завдання були успішно виконані з дотриманням всіх технічних вимог.

Використовуючи створену систему, користувач може значно зекономити час при виборі найкращого вищого навчального закладу відповідно до своїх уподобань. Розроблена система є зручною та легкою у використанні.

Обрати вищий навчальний заклад - це складна задача, оскільки кожна особа має свої мрії та інтереси. Розроблена система може бути інтегрована в будь-який пристрій, що дозволяє користувачеві отримати результат в будь-якому місці та в будь-який час. Це полегшить вибір найкращого навчального закладу для студента.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1) Рейтингові системи ранжування вищих навчальних закладів. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/114/1/10.pdf>
- 2) Рейтинг «ТОП-200 Україна» 2021 года. URL: <https://osvita.ua/vnz/rating/60985/>
- 3) Рейтинг «Компас» 2021 года. URL: <https://www.yourcompass.org/>
- 4) Центр міжнародних проєктів НДІ прикладних інформаційних технологій Євроосвіта. URL: <http://www.euroosvita.net/?category=19&id=239>
- 5) Полянин А.Д., 2014. Недостатки индексов цитируемости и Хирша. Индексы максимальной цитируемости А. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nedostatki-indeksov-tsitiruemosti-i-hirsha-iispolzovanie-drugih-naukometricheskih-pokazateley/viewer>
- 6) Консолідований рейтинг ЗВО України 2021. URL: <https://ru.osvita.ua/vnz/rating/51741/>
- 7) U21 Ranking of National Higher Education Systems 2021. URL: <https://universitas21.com/sites/default/files/202104/Full%20Report%20and%20Cover.pdf>
- 8) QS World University Rankings 2021. URL: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-universityrankings/2021>
- 9) T. Yang, C.C. Hung, Multiple-attribute decision-making methods for plant layout design problem, Robotics and Computer-integrated manufacturing 23 (2007) 126–137.
- 10) L. De Boer, E. Labro, P. Morlacchi, A review of methods supporting supplier selection, Eur. J. Purch. Supply Manage. 7 (2001) 75–89.
- 11) T.L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, first ed., McGraw Hill, New York, 1980
- 12) M M D Widianta, T Rizaldi, D P S Setyohadi, and H Y Riskiawan 2017 Comparison of MultiCriteria Decision Support Methods (AHP, TOPSIS, SAW &



PROMENTHEE) for Employee Placement The 2nd International Joint Conference on Science and Technology (IJCST) 2017 7(3) pp. 235-250.

13) Witold Pedrycz 2011 Fuzzy Multicriteria Decision Making Model Method and Application Wiley 4(3) pp.159 – 170.

14) J C Harsanyi, Cardinal welfare individualistic ethics and interpersonal comparisons of utility Journal of Political Economy 3(2) pp.160 – 190.

15) Hwang C L and Yoon K 1981 Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer Verlag New York 4(2) pp.210 – 230.

16) Yoon K 1987 A reconciliation among discrete compromise situations 6(2) pp. 277 – 286.

17) Hwang C L, Lai Y J, and Liu T Y 1993 A new approach for multiple objective decision making. Computers and Operational Research 20 pp. 889 - 899.

18) Gwo Hshiang Tzeng and Jih-Jeng Huang 2011 Multiple Attribute Decision Making Method and Application CRC Press 3(2) pp.250 – 270.

19) Connolly, Daniel (18 August 1992). "document type declaration subset for Hyper Text Markup Language as defined by the World Wide Web project". CERN. Retrieved 24 October 2010 – URL: <http://lost-contact.mit.edu/afs/cern.ch/w3.org/www/Frame/fmunit2.0/html.dtd>

20) Діго С.М. Проектування і використання баз даних. - М .: Фінанси і статистика, 1995.

21) Джеймс Р.Г. SQL / Р.Г. Джеймс, Н.В. Пол – Львів, 2019. – 960 с.

22) Buckley, J.J. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets Syst. 1985, 17, 233–247. [CrossRef]

23) Boudewijn Rempt. GUI Programming with Python: QT Edition. — OpenDocs, 2002.

24) Mark Summerfield. Rapid GUI Programming with Python and Qt. 1st. Prentice Hall, 2008.P. 648/ URL: <https://wiki.python.org/moin/Why%20is%20Python%20a%20dynamic%20language%20and%20also%20a%20strongly%20typed%20language>

- 25) "Why is it called Python?". General Python FAQ. Docs.python.org. Archived from the original on 24 October 2012. Retrieved 3 January 2023. URL: <https://docs.python.org/3/faq/general.html#why-is-it-called-python>
- 26) Коротка, Лариса Іванівна. Обчислювальний інтелект : теорія нечітких множин :навчальний посібник /Коротка Л.І., Зеленцов Д.Г., Науменко Н.Ю.,Ляшенко О.А., Солодка Н.О.– Дніпро :ДВНЗ УДХТУ,2020. – 161 с.
- 27) "General Python FAQ – Python 3.9.2 documentation". docs.python.org. Archived from the original on 24 October 2012. Retrieved 28 March 2021. URL: <https://docs.python.org/3/faq/general.html#what-is->
- 28) Greco S, Figueira J, Ehrgott M (2016) Multiple criteria decision analysis v. 37. URL: <https://www.sop.com.ua/article/82-osnovn-vimogi-ta-zahodi-z-normalzats-mkroklmatichnih-umov-na-robochih-mstsyah>
- 29) Roy B (1996) Multicriteria methodology for decision aiding v. 12.
- 30) Chatterjee K, Pamucar D, Zavadskas EK (2018) Evaluating the performance of suppliers based on using the R'AMATEL-MAIRCA method for green supply chain implementation in electronics industry. Journal of Cleaner Production 184: 101-129.
- 31) Deveci M, Özcan E, John R, Covrig CF, Pamucar D (2020) A study on offshore wind farm siting criteria using a novel interval-valued fuzzyrough based Delphi method. J Environ Manage 270: 110916.
- 32) Taherdoost H, Madanchian M (2023) Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. Encyclopedia 3(1): 77-87.
- 33) Oubahman L, Duleba S (2021) Review of PROMETHEE method in transportation. Production Engineering Archives v. 27.
- 34) Behzadian M, Kazemzadeh RB, Albadvi A, Aghdasi M (2010) PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. European journal of operational research 200(1): 198-215.
- 35) Wang J, Li S, Zhou X (2023) A Novel GDMD-PROMETHEE Algorithm Based on the Maximizing Deviation Method and Social Media Data

Mining for Large Group Decision Making. *Symmetry* 15(2): 387.

36) Velasquez M, Hester PT (2013) An analysis of multi-criteria decisionmaking methods. *International journal of operations research* 10(2): 56-66.

37) Macharis C, Springael J, De Brucker K, Verbeke A (2004) PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis.: Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European journal of operational research* 153(2): 307-317.

38) Brans JP, De Smet Y (2016) PROMETHEE methods. In *Multiple criteria decision analysis* pp. 187-219.

39) Collette Y, Siarry P (2004) *Multiobjective optimization: principles and case studies*: Springer Science & Business Media.

40) Brans JP (1982) *Decision engineering: the development of decision support tools*: Laval University, Faculty of Administrative Sciences, Canada.

41) Konidari P, Mavrakakis D (2007) A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energy Policy* 35(12): 6235-6257.

42) J. Figueira; S. Greco & M. Ehrgott (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Verlag.

43) J.P. Brans (1982). "L'ingénierie de la décision: élaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE". Presses de l'Université Laval.

44) B. Mareschal; J.P. Brans (1988). "Geometrical representations for MCDA. the GAIA module". *European Journal of Operational Research*.

45) J.P. Brans & P. Vincke (1985). "A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM". *Management Science*.

46) M. Behzadian; R.B. Kazemzadeh; A. Albadvi; M. Aghdasi (2010). "PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications". *European Journal of Operational Research*.

## ДОДАТОК А

### Порівняння нечітких методів PROMETHEE та TOPSIS

```
import org.apache.commons.math3.linear.Array2DRowRealMatrix;
import org.apache.commons.math3.linear.EigenDecomposition;
import org.apache.commons.math3.linear.RealVector;

public class PROMETHEE {

    // Singleton instance
    private static PROMETHEE instance;
    private static double[] RI = {0.0, 0.0, 0.58, 0.9, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45, 1.49};
    private Array2DRowRealMatrix mtx;
    private double[] pairwiseComparisonArray;

    private int nrAlternatives;

    // The resulting weights/priorities
    private double[] weights;

    // Corresponds to the weights
    private String[] labels = null;

    private (int nrAlternatives) {
        this.nrAlternatives = nrAlternatives;
        mtx = new Array2DRowRealMatrix(nrAlternatives, nrAlternatives);
        weights = new double[nrAlternatives];
    void setPairwiseComparisonArray(double[] a) {
        int i = 0;
        for (int row = 0; row < nrAlternatives; row++) {
            for (int col = row + 1; col < nrAlternatives; col++) {
                //System.out.println(row + "/" + col + "=" + a[i]);
                getMtx().setEntry(row, col, a[i]);
                getMtx().setEntry(col, row, 1.0 / getMtx().getEntry(row, col));
                comparisonIndices[i][0] = row;
                comparisonIndices[i][1] = col;
                i++;
            }
        }
    }

    void setEvd(){
        evd = new EigenDecomposition(getMtx());

        evIdx = 0;
        for (int k = 0; k < evd.getRealEigenvalues().length; k++) {
            //System.out.println(evd.getRealEigenvalues()[k]);
            evIdx = (evd.getRealEigenvalue(k) > evd.getRealEigenvalue(evIdx)) ? k : evIdx;
        }
        //System.out.println("evIdx=" + evIdx);
        //System.out.println("EigenValue=" + evd.getRealEigenvalue(evIdx));

        double sum = 0.0;
        RealVector v = evd.getEigenvector(evIdx);
        for (double d : v.toArray()) {
            sum += d;
        }
        //System.out.println(sum);
        for (int k = 0; k < v.getDimension(); k++) {
            weights[k] = v.getEntry(k) / sum;
        }
    }

    int[] getIndicesForPairwiseComparison(int arrayIdx) {
        return comparisonIndices[arrayIdx];
    }

    public String toString() {
        StringBuilder sb = new StringBuilder();
        for (int i=0; i<nrAlternatives; i++)
            sb.append(getMtx().getRowVector(i)).append("\n");
        return sb.toString();
    }
}
```

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень

```

public Array2DRowRealMatrix getMtx() {
    return mtx;
}
public void setMtx(Array2DRowRealMatrix mtx) {
    this.mtx = mtx;
}
}
class Topsis {

    private TreeMap<String, ArrayList<Double>> sitesMatrix;
    private TreeMap<String, ArrayList<Fuzzy>> availableSites;
    Topsis(){
        sitesMatrix = new TreeMap<>();
        availableSites = new TreeMap<>();
    }

    void start(){

        Profiler p = new Profiler();
        availableSites = p.start();

        sitesMatrix = transformToFuzzyValues(availableSites);
        TreeMap<String, ArrayList<Double>> normalisedWeightedFuzzyMatrix =
        calculateWeightedFuzzyMatrix(sitesMatrix);

        TreeMap<String, Double> idealDistances = calculateDistance(normalisedWeightedFuzzyMatrix,
true);
        TreeMap<String, Double> antiIdealDistances = calculateDistance(normalisedWeightedFuzzyMatrix,
false);
        TreeMap<Double, String> ccStar = calculateRelativeCloseness(idealDistances,
antiIdealDistances);

        System.out.println("*****");
        System.out.println("Final Ranking:");

        for (Map.Entry<Double, String> entry: ccStar.entrySet()){
            System.out.println(entry.getValue() + ": " + Config.df.format(entry.getKey()));
        }
    }
    private TreeMap<String, ArrayList<Double>> transformToFuzzyValues(TreeMap<String,
ArrayList<Fuzzy>> availableSites) {

        for (Map.Entry<String,ArrayList<Fuzzy>> entry: availableSites.entrySet()) {

            System.out.println(entry);

            ArrayList<Double> fuzzyMatrix = new ArrayList<>();

            for (int k = 0; k < entry.getValue().size(); k++) {
                for (double fuzzyValue:entry.getValue().get(k).getValue()) {
                    fuzzyMatrix.add(fuzzyValue);
                }
            }

            sitesMatrix.put(entry.getKey(), fuzzyMatrix);
        }
        System.out.println("unweighted fuzzy values: " + sitesMatrix);
        return sitesMatrix;
    }
}

```

## ДОДАТОК Б

### Система рейтингування

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Система Рейтингування ЗВО</title>
  <link rel="stylesheet" href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.2/css/bootstrap.min.css">
  <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.5.1.slim.min.js"></script>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@popperjs/core@2.0.5/dist/umd/popper.min.js"></script>
  <script src="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.2/js/bootstrap.min.js"></script>
  <title>Data Entry or File Upload</title>
  <link rel="stylesheet" href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.2/css/bootstrap.min.css">
  <style>
    .download-btn {
      /* Custom styles for your download button */
      background-color: #007bff;
      color: white;
      padding: 10px 15px;
      text-decoration: none;
      border-radius: 5px;
      display: inline-block;
    }
    .download-btn:hover {
      background-color: #0056b3;
      color: white;
    }
  </style>
</head>
<body>
  <script type="text/javascript">$(document).ready(function() {
    $('#resultsTable').DataTable();
  });
</script>
  <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-light">
    <a class="navbar-brand" href="#"></a>
    <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-target="#navbarNav" aria-
controls="navbarNav" aria-expanded="false" aria-label="Toggle navigation">
      <span class="navbar-toggler-icon"></span>
    </button>
    <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarNav">
      <ul class="navbar-nav">
        <li class="nav-item active">
          <a class="nav-link" href="#home">Головна <span class="sr-only">(current)</span></a>
        </li>
        <li class="nav-item">
          <a class="nav-link" href="#algorithms">Алгоритми</a>
        </li>
        <li class="nav-item">
          <a class="nav-link" href="#input">Вхідні дані</a>
        </li>
        <li class="nav-item">
          <a class="nav-link" href="#results">Результати</a>
        </li>
        <li class="nav-item">
          <a class="nav-link" href="#contact">Контакти</a>
        </li>
      </ul>
    </div>
  </nav>

  <div id="home" class="container mt-4">
    <h1>Ласкаво просимо до Системи рейтингування ЗВО</h1>
    <p>Тут ви можете ознайомитися з методами рейтингування та їх застосуванням.</p>
  </div>

  <div id="algorithms" class="container mt-4">
    <h2>Алгоритми рейтингування</h2>
    <ul>

```

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень

```

</ul>
</div>

<div class="container mt-4">
  <h4 style="color:#00796b">Step 1: Insert data</h4>
  <div class="data-input-method mb-3">
    <button id="manualEntryBtn" class="btn btn-primary" style="background-color:#00796b">Insert
data</button>
    <button id="fileUploadBtn" class="btn btn-secondary" >Download file</button>
  </div>

  <!-- Manual Data Entry Form (Initially Hidden) -->
  <div id="manualDataEntry" style="display:none;">
    <form id="dataEntryForm">
      <div class="form-group">
        <label for="nameInput">Ім'я:</label>
        <input type="text" class="form-control" id="nameInput" placeholder="Enter name" required>
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="param1">Параметр 1:</label>
        <input type="number" class="form-control" id="param1" required>
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="param2">Параметр 2:</label>
        <input type="number" class="form-control" id="param1" required>
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="param3">Параметр 3:</label>
        <input type="number" class="form-control" id="param1" required>
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="param4">Параметр 4:</label>
        <input type="number" class="form-control" id="param1" required>
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="param5">Параметр 5:</label>
        <input type="number" class="form-control" id="param5" required>
      </div>
      <button type="submit" class="btn btn-primary">Submit</button>
    </form>
    <table id="resultsTable" class="table">
      <thead>
        <tr>
          <th>Ім'я</th>
          <th>Параметр 1</th>
          <th>Параметр 2</th>
          <th>Параметр 3</th>
          <th>Параметр 4</th>
          <th>Параметр </th>
        </tr>
      </thead>
      <tbody>
        <!-- Data rows will be added here dynamically -->
      </tbody>
    </table>
  </div>

  <!-- File Upload Section (Initially Hidden) -->
  <div id="fileUploadSection" style="display:none;">
    <input type="file" id="dataFile" class="form-control mb-2">
    <button id="uploadBtn" class="btn btn-success">Завантажити</button>
  </div>
</div>

<script>
document.getElementById('manualEntryBtn').addEventListener('click', function() {
  document.getElementById('manualDataEntry').style.display = 'block';
  document.getElementById('fileUploadSection').style.display = 'none';
});

document.getElementById('fileUploadBtn').addEventListener('click', function() {

```

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень

```

document.getElementById('fileUploadSection').style.display = 'block';
document.getElementById('manualDataEntry').style.display = 'none';
});

// Optional: Add additional JavaScript to handle form submission and file upload.
</script>

<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.5.1.slim.min.js"></script>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@popperjs/core@2.0.5/dist/umd/popper.min.js"></script>
<script src="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.2/js/bootstrap.min.js"></script>

<div id="contact" class="container mt-4">
  <h3 style="color:#009688">Contacts</h3>
  <p>Additional Information:</p>
  <a href="path/to/your/application.file" download class="download-btn" style="background-color:#00796b"
  >Download App</a>
</div>

<script>
document.getElementById('dataEntryForm').addEventListener('submit', function(event) {
  event.preventDefault();

  // Capture data from the form
  var name = document.getElementById('nameInput').value;
  var param1 = document.getElementById('param1').value;
  var param2 = document.getElementById('param2').value;
  var param3 = document.getElementById('param3').value;
  var param4 = document.getElementById('param4').value;
  var param5 = document.getElementById('param5').value;
  // Capture other parameters similarly

  // Process or display the data as needed
  // For example, log to console or add to a table
  console.log(name, param1, param2, param3, param4, param5 /*, other params */);
});

document.getElementById('inputForm').addEventListener('submit', function(event){
  event.preventDefault();
  document.getElementById('resultsDisplay').innerText = 'Результати будуть тут...';
});

document.getElementById('uploadBtn').addEventListener('click', function(){
  var fileInput = document.getElementById('dataFile');
  var file = fileInput.files[0];
  var reader = new FileReader();

  reader.onload = function(e) {
    var contents = e.target.result;
    var parsedData = parseCsvData(contents);

    var prometheeData = applyPromethee(parsedData);
    var topsisData = applyTopsis(parsedData);
    var fuzzyData = applyFuzzyModels(parsedData);

    displayResults(prometheeData, topsisData, fuzzyData);
  };

  reader.readAsText(file);
});
function addDataToTable(name, param1 /*, other params */) {
  var table = document.getElementById('resultsTable').getElementsByTagName('tbody')[0];
  var newRow = table.insertRow(table.rows.length);

  var cell1 = newRow.insertCell(0);
  var cell2 = newRow.insertCell(1);
  var cell3 = newRow.insertCell(2);
  var cell4 = newRow.insertCell(3);
  var cell5 = newRow.insertCell(4);
  var cell6 = newRow.insertCell(5);
  // Add other cells for additional parameters

```



Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Система рейтингування ЗВО на основі інтелектуальних методів прийняття рішень

```

cell1.innerHTML = name;
cell2.innerHTML = param1;
cell3.innerHTML = param2;
cell4.innerHTML = param3;
cell5.innerHTML = param4;
cell6.innerHTML = param5;
// Set other cells with respective parameter values
}

function displayEnteredData(name, param1 /*, other params */) {
  var resultsDiv = document.getElementById('resultsDisplay');
  var resultHtml = `

Entered Name: ${name}</p>`;
  resultHtml += `

Parameter 1: ${param1}</p>`;
  resultHtml += `

Parameter 2: ${param2}</p>`;
  resultHtml += `

Parameter 1: ${param3}</p>`;
  resultHtml += `

Parameter 1: ${param4}</p>`;
  resultHtml += `

Parameter 1: ${param5}</p>`;
  // Add other parameters to resultHtml similarly

  resultsDiv.innerHTML = resultHtml;
  resultsDiv.style.display = 'block';
}

function processFileData(fileContents) {
  // Logic to process file contents
  // For example, parsing CSV or processing data
  return "Processed File Data: " + fileContents; // Replace with actual processing logic
}

function parseCsvData(csvData) {
  var lines = csvData.split("\n");
  var result = [];
  var headers = lines[0].split(",");

  for(var i=1; i<lines.length; i++){
    var obj = {};
    var currentline = lines[i].split(",");
    for(var j=0; j<headers.length; j++){
      obj[headers[j].trim()] = currentline[j].trim();
    }
    result.push(obj);
  }
  return result;
}

function applyPromethee(data) {
  // Placeholder for PROMETHEE algorithm
  return data.map(d => ({ ...d, prometheeRating: Math.random() }));
}

function applyTopsis(data) {
  // Placeholder for TOPSIS algorithm
  return data.map(d => ({ ...d, topsisRating: Math.random() }));
}

function applyFuzzyModels(data) {
  // Placeholder for Fuzzy Models algorithm
  return data.map(d => ({ ...d, fuzzyRating: Math.random() }));
}

function displayResults(prometheeData, topsisData, fuzzyData) {
  var resultsBody = document.getElementById('resultsBody');
  resultsBody.innerHTML = ''; // Clear existing results

  prometheeData.forEach((data, index) => {
    var row = resultsBody.insertRow();
    row.insertCell(0).innerHTML = data.name;
    row.insertCell(1).innerHTML = data.prometheeRating.toFixed(2);
    row.insertCell(2).innerHTML = topsisData[index].topsisRating.toFixed(2);
    row.insertCell(3).innerHTML = fuzzyData[index].fuzzyRating.toFixed(2);

    // Add more cells as needed for additional data
  });
}
</script>


```