

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Факультет інформаційних технологій
Кафедра інтелектуальних технологій

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА
НА ТЕМУ**

Система оцінки ефективності наукових та науково-технічних проектів

Галузь знань **12 «Інформаційні технології»**

Спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**

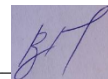
Освітня програма **«Аналітика даних»**

Освітній рівень: бакалавр

Виконав: студент 4 курсу, групи Анд-41

Пивовар В. В.

(прізвище та ініціали)



Керівник Самохвалов Ю. Я.

(прізвище та ініціали)

Доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь, звання)

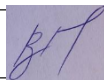
Випускна кваліфікаційна робота бакалавра допущена до захисту
рішенням кафедри *інтелектуальних технологій*
Протокол № 13 від 05.06.2023 р.
зав. кафедри _____ доц. Іларіонов О.Є.

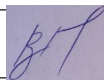
Київ – 2023

6. Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів випускної кваліфікаційної роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15 лютого 2023 року

Керівник _____ / Самохвалов Ю. Я. /
(підпис)  (ПШБ)

Завдання прийняв до виконання _____ / Пивовар В. В. /
(підпис)  (ПШБ)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вивчення літератури	6.03.2023	
2	Аналітичний огляд	13.03.2023	
3	Постановка задачі	20.03.2023	
4	Математична модель системи	1.04.2023	
5	Проектування системи	10.04.2023	
6	Програмна реалізація	24.04.2023	
7	Тестовий приклад	1.05.2023	
8	Висновки	10.05.2023	
9	Доповідь та презентація	22.05.2023	

Студент-дипломник _____ / Пивовар В. В. /
(підпис)  (ПШБ)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ / Самохвалов Ю. Я. /
(підпис) (ПШБ)

Анотація

Пивовар Володимир Вікторович виконав випускну кваліфікаційну роботу на тему «Система оцінки ефективності наукових та науково-технічних проектів» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

У першому розділі даної кваліфікаційної роботи досліджені процеси, методи та засоби пов'язані з оцінкою та відбором науково-технічних проектів для подальшої підтримки. На основі проведеного аналізу сформульована постановка задачі з метою створення системи оцінки та вибору науково-технічних проектів. У другому розділі описана відповідна математична модель. Представлені формули які будуть використані для розрахунків та сформовані критерії оцінювання. Третій розділ присвячений проектуванню та безпосередній розробці системи оцінки та вибору науково-технічних проектів. Проведене тестування та представлений тестовий приклад.

Ключові слова: науково-технічні проекти, критерій, оцінка.

Summary

The degree project: «A system of evaluating the effectiveness scientific and technical projects» has completed by **Volodymyr Pyvovar** specialty 122 – «Computer Science».

In the first section of this final qualification work, the processes, methods, and tools related to the evaluation and selection of scientific and technical projects for further support are investigated. Based on the conducted analysis, the problem statement is formulated for the purpose of the creating a system for evaluating and selecting scientific and technical projects. The second section describes the corresponding mathematical model. Formulas that will be used for calculations and evaluation criteria are presented. The third section is dedicated to the design and development of the evaluation and selection system for scientific and technical projects. Testing has been conducted, and a test example is presented.

Key words: scientific and technical projects, criterion, assessment.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Аналіз проблеми оцінки наукових та науково-технічних проектів...	6
1.1 Роль наукових та науково-технічних проектів у створенні технічних засобів.....	6
1.2 Оцінка та конкурсний вибір науково-технічних проектів.....	7
1.3 Аналіз методів та технічних засобів вибору наукових та науково-технічних проектів.....	11
1.4 Постановка задачі.....	19
1.5 Висновки до першого розділу.....	21
Розділ 2: Математична модель оцінки та вибору науково-технічних проектів.....	22
2.1 Функція бажаності Харрінгтона.....	22
2.2 Показники з одностороннім обмеженням.....	23
2.3 Показники з двостороннім обмеженням.....	25
2.4 Обчислення узагальненого показника бажаності.....	28
2.5 Вибір критеріїв для оцінки наукових та науково-технічних проектів.....	30
2.6 Висновки до другого розділу.....	32
Розділ 3: Проектування та розробка системи оцінки та вибору науково-технічних проектів.....	33
3.1 Архітектура системи.....	33
3.2 Інструменти розробки.....	36
3.3 Програмна реалізація основних функцій.....	37
3.4 Реалізація інтерфейсу користувача.....	41
3.5 Тестування роботи системи та аналіз отриманих результатів.....	46
3.6 Висновки до третього розділу.....	53
Висновки.....	54
Список використаних джерел.....	56
Додатки.....	58

ВСТУП

Науково-технічних проекти є однією з ключових складових сучасного суспільства. Все більше й більше подібних робіт розробляються та реалізуються з метою вдосконалення технологій, покращення якості життя людей, забезпечення сталого розвитку та розв'язання складних проблем.

Тема даної роботи є актуальною, адже оцінка ефективності науково-технічних проектів є важливою складовою управління ресурсами. Цей процес дозволяє визначити, наскільки успішно проект виконує свої цілі та завдання, а також визначити його вплив на суспільство, економіку та науково-технічний прогрес загалом. Така оцінка є досить складним завданням, оскільки вимагає комплексного підходу та врахування великої кількості факторів та критеріїв.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи оцінки ефективності наукових та науково-технічних проектів, яка дозволить автоматизувати частину процесів розрахунків та аналізу.

Об'єктом дослідження в даній роботі є наукові та науково-технічні проекти. Предметом дослідження – оцінювання та вибір наукових та науково-технічних проектів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ НАУКОВИХ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ПРОЕКТІВ

1.1 Роль наукових та науково-технічних проектів у створенні технічних засобів

Науковий (науково-технічний) проект – це комплекс заходів, які спрямовані на забезпечення коректного виконання та безпосередньо проведення наукових досліджень з метою досягнення певного результату. Ним може виступати нове знання, одержане в процесі фундаментальних або прикладних наукових досліджень та зафіксоване на носіях наукової інформації, або прикладна наукова продукція (розробка нових або істотно вдосконалених матеріалів, продуктів, процесів, пристроїв, технологій, систем чи послуг, а також введення в дію нових конструктивних чи технологічних рішень, завершення випробувань тощо).[1]

Згідно з міжнародними та вітчизняними стандартами весь життєвий цикл будь-якої продукції, прийнято поділяти на п'ять стадій:

- дослідження й проектування;
- виготовлення;
- обіг;
- споживання;
- утилізація.

Дана схема є максимально узагальненою, тому в залежності від ситуації може змінюватися, але першим кроком завжди буде виступати дослідження та проектування. Адже для реалізації поставленої мети в будь-якій галузі чи при будь-якій специфіці робіт, необхідно провести певне дослідження для визначення найкращих в конкретному випадку методів, матеріалів, інструментів, рівня фінансування, строків виконання тощо. Результатом такого дослідження є проект майбутнього продукту який враховує всі

вищезгадані елементи, потенційні проблеми та їх можливі рішення. Тому важливість даного етапу пояснюється тим, що він визначає вектор розвитку всього життєвого циклу. Навіть при умові високого рівня кваліфікації виконавців проекту, кінцевий результат з високою ймовірністю не буде відповідати очікуваному, якщо робота на першому кроці проведена невдало. Вибір неправильних методів, інструментів, матеріалів знизить ефективність подальшого виконання. Надто низький рівень фінансування не дозволить досягти необхідної якості, а високий призведе до недоцільного використання ресурсів що може перетворити проект на нерентабельний.

1.2 Оцінка та конкурсний вибір науково-технічних проектів

Досить часто доводиться оцінювати об'єкти, які не мають чіткої єдиної кількісної характеристики, використовуючи певні критерії (параметри). При вирішенні подібних задач виникають проблеми, що можуть вплинути на результат. Вони є досить складними не лише через можливу суб'єктивність оцінювання, а й тому, що часто ці критерії вимірюються у різних шкалах, вимірах тощо. В таких ситуаціях для більш об'єктивного порівняння необхідно привести всі об'єкти до однакових одиниць вимірювання. Маючи єдину шкалу можна проводити порівняльний аналіз та визначати найкращі варіанти.

Для вирішення багатокритеріальних завдань широко використовуються різні методи побудови узагальненого показника. З огляду на різноманітність цих об'єктів в якості часткових критеріїв виступають різні технічні, технологічні, соціально-економічні та естетичні показники. Оскільки ці показники мають різну фізичну природу, а отже і різну розмірність, важливим етапом формування узагальненого показника є приведення цих показників до безрозмірного виду.

Прикладом ситуації коли необхідно порівнювати чи оцінювати параметричні об'єкти є вибір наукових і науково-технічних проектів для

фінансування чи іншої підтримки. Завдання визначення ефективності наукових досліджень є складним багатокритеріальним завданням, яке вирішується в умовах неповноти, необ'єктивності або невизначеності вхідної інформації.[2]

Актуальність оцінювання наукових та науково-технічних проектів пояснюється важливістю ефективного розподілу ресурсів між ними. Різні дослідження, розробки, експерименти чи інші види діяльності часто потребують фінансування для закупівлі матеріалів, використання лабораторій, оренди приміщень, залучення кваліфікованих кадрів тощо. Будь-які ресурси є обмеженими, тому часто не можна повністю задовільнити всі потреби для кожного проекту. Як наслідок необхідно зменшувати загальний кошторис, наприклад шляхом економії ресурсів, але при цьому може сильно постраждати якість проведених робіт. Або обирати для підтримки не всі, а лише певну частину найбільш ефективних варіантів. Необхідно визначити: результати яких проектів цікавіші в тій чи іншій ситуації, які відкриють дорогу для подальших досліджень в своїй області, які з них матимуть більший вплив на майбутню наукову діяльність тощо.

Правильний вибір проекту для підтримки в реалізації дозволить ефективніше провести роботи і отримати максимально позитивні й точні результати.

Наприклад, Міністерство освіти та науки України регулярно відбирає проекти, в тому числі й за участю іноземних організацій, для фінансування. Відповідні переліки можна знайти на офіційному сайті відомства.[3] Останні роки Міністерство освіти та науки активно розвиває даний напрямок, зокрема у 2016 році був оголошений конкурс МОН для молодих вчених, на якому відбираються проекти для фінансування. Нижче на діаграмах (рисунки 1.1-1.3) наведені певні статистичні дані що показують розвиток даної ініціативи.



Рисунок 1.1 – Графік суми фінансування проектів за результатами конкурсу молодих вчених



Рисунок 1.2 – Графік кількості обраних для підтримки проектів за результатами конкурсу молодих вчених

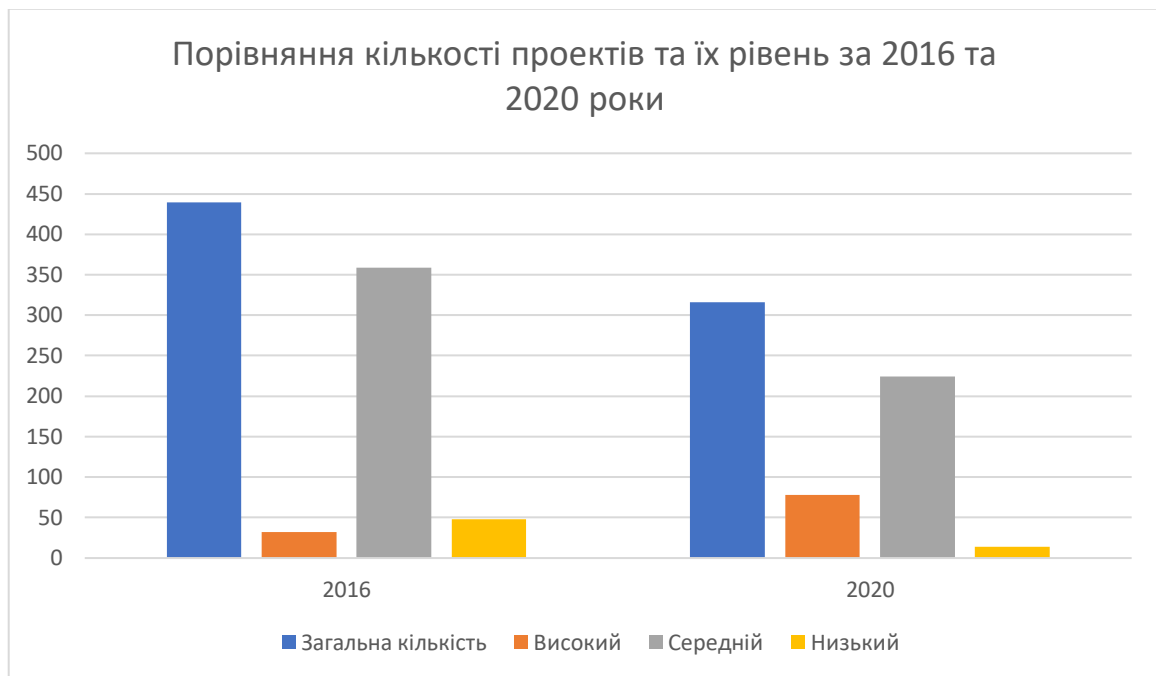


Рисунок 1.3 – Діаграма кількості обраних для підтримки проектів та їх оціночного рівня

Як бачимо, на графіку «Сума фінансування проектів за 2016-2020 роки, млн грн», з 2019 року конкурс отримав серйозний прорив у матеріальній підтримці. Тому можна сказати що він має високий пріоритет у відомстві. Загальна кількість для підтримки знизилася[4], але за рахунок цього проекти високого рівня (яких, як видно на діаграмі «Порівняння кількості проектів та їх рівень за 2016 та 2020 роки»[5], стало значно більше і в кількісному, і у відсотковому співвідношенні) отримують краще фінансування.

Також у відібраних проектах беруть участь не тільки державні чи наукові установи, а й приватні компанії, співпраця з якими може мати серйозну фінансову вигоду. Тому для міністерства важливо максимально об'єктивно оцінити перспективи кожного з кандидатів на підтримку. Визначити які проекти можуть мати більш позитивний вплив на розвиток науки в державі, чиї результати дозволять покращити стан певної галузі.

Тому метою даної роботи є розробка системи оцінки ефективності наукових та науково-технічних проектів. Подібна система зможе автоматизувати частину роботи, тим самим спростивши експертам

розрахунки, та підвищити загальну об'єктивність результатів за рахунок використання чітких критеріїв. Користувачі зможуть проводити аналіз для об'єктів які не мають вираженої числової характеристики. Така система також може бути використана не лише для науково-технічних проектів, а й мати досить широке коло застосування, наприклад: оцінювання курсових чи кваліфікаційних робіт, конкурси пов'язані з мистецтвом тощо.

1.3 Аналіз методів та технічних засобів вибору наукових та науково-технічних проектів

При застосуванні більшості методів виникають дві основні проблеми: як отримати оцінки за окремими критеріями і як об'єднати ці оцінки в загальну оцінку корисності альтернативи. У типовому методі прийняття рішення експерти чи консультанти розробляють перелік критеріїв. При цьому визначається, як вимірювати рівень якості за кожним критерієм, тобто як будувати шкалу вимірювань. Найчастіше використовують бальні шкали (від 1 до 10 або від 0 до 1). Далі йде оцінювання кожної з альтернатив за шкалою з критеріїв. Якщо експертів декілька, то їх оцінки зводяться до єдиної. При наявності оцінок кожної з альтернатив за кожним з критеріїв можливий перехід до отримання загальної цінності альтернативи. Такий перехід здійснюється на підставі формули, об'єднує оцінки за окремими критеріями в загальну оцінку корисності альтернативи. На цьому етапі іноді (при великому числі альтернатив і критеріїв) використовують персональний комп'ютер, який на підставі введених даних (виду формули розрахунку, оцінок альтернатив за критеріями) обчислює загальні оцінки альтернатив.

Існує ряд методів для вирішення задач багатокритеріальної оцінки: прямі, порогів непорівняльності, компенсації, аксіоматичні. Першими розглянемо прямі методи, у разі їх застосування залежність загальної корисності альтернативи від оцінок за окремими критеріями відома заздалегідь. Найчастіше використовують вид залежності, при якому

визначають чисельні показники важливості критеріїв (тобто їх питома вага), множимо на оцінки за критеріями. Такий підхід називається методом зваженої суми оцінок критеріїв. З інших прямих методів необхідно назвати метод дерева рішень. Через перегляд всіх варіантів вибору визначають альтернативні варіанти рішення. Для кожного альтернативного варіанту підраховують імовірності здійснення, які множать на сто цінність в грошах.

Зразковий алгоритм багатокритеріальної оцінки для прямих методів має наступний вигляд:

1. Визначити критерії оцінки альтернатив;
2. Визначити важливість критеріїв, за потреби відсікти незначні;
3. Призначити числа, відповідно до важливості критеріїв;
4. Визначити функції корисності/бажаності для кожного з критеріїв;
5. Обчислити корисність/бажаність кожної з альтернатив.

Застосування методів порогів непорівняльності передбачає встановлення правил порівняння двох альтернатив, при якому одна альтернатива вважається краще іншої (наприклад, оцінки першої по більшості критеріїв краще). Відповідно до заданого правилом альтернативи підрозділяють (попарно) на порівнянні (одна краща за іншу, або вони еквівалентні) і незрівнянні. Змінюючи відносини порівняльності, отримують різне число пар порівнюваних альтернатив. Дані методи вперше запропоновані професором Б. Руа у Франції. Суть методів полягає в тому, що вирішують оптимізаційну задачу з одним першим критерієм, вважаючи, що інших критеріїв немає. Потім вирішують задачу з одним другим критерієм тощо. Після виявлення екстремальних рівнів, досяжних за кожним критерієм окремо, для кожного критерію, починаючи з найбільш важливого, задається поріг, який не повинен порушуватися. Умова непорушності порога вважають обмеженням, потім додають обмеження по порогу другого критерію тощо.

Зв'язок між будь-якою парою альтернатив визначається послідовністю бінарних відносин. Сильним бінарним відносинам відповідають великі вимоги до переваги однієї альтернативи над іншою. Більш слабкі бінарні відносини визначають умови, при яких, незважаючи на різну оцінку, одну альтернативу виділяють як кращу в порівнянні з іншого. Бінарні відношення переваги задаються рівнями індексів згоди і незгоди, що дозволяє виділити ядро, в яке входять домінуючі і незрівнянні елементи. Після виділення ядра (безліч Парето) його елементи є непорівнянними (тимчасово). Потім задається ряд наступних бінарних відносин (по другому, третьому критерію тощо). В якості рішення приймаються елементи (альтернативи) останнього ядра.

При використанні методів компенсації оцінки однієї альтернативи намагаються зрівноважити (компенсувати) оцінками іншої альтернативи. Це найбільш простий метод, при якому виписують переваги і недоліки кожної з альтернатив. Потім викреслюють попарно гідності (або недоліки) і вивчають те, що залишилося.

У випадку застосування аксіоматичних методів визначають ряд властивостей, які повинна задовольняти залежність загальної корисності альтернативи від оцінок за окремими критеріями. Ці властивості перевіряють шляхом отримання інформації від експертів. Відповідно роблять висновок про ту чи іншу форми залежності.[6]

Розглянемо декілька методів за допомогою яких можна вирішити завдання багатокритеріального вибору. Після їх порівняння буде обраний один для програмної реалізації оцінювання наукових та науково-технічних проектів.

Метод «ідеальної точки» або LINMAP (лінійна техніка програмування для багатовимірного аналізу переваг). Він базується на концепції, що вибрана альтернатива повинна мати найменшу відстань до ідеального рішення. Прийняття рішень відбувається на основі m критеріїв.

Для реалізації даного методу для n альтернатив (зазвичай позначаються A_i) визначаємо m критеріїв. Всі дані записуються у матрицю. Передбачається, що кожний критерій матриці рішення має або монотонно зростаючу, або монотонно спадну цільову функцію. Оскільки всі критерії можуть мати різну важливість, можливе призначення ваги критеріям (наприклад, експертним шляхом або за допомогою інших методів).

Алгоритм застосування методу:

1. Нормалізація матриці рішення. На цьому кроці критерії, які мають різні одиниці вимірювання, перетворюють у безрозмірні критерії, що дасть змогу здійснити надалі їх порівняння. Один з підходів – це розділити значення кожного критерію на норму вектору суми значень критерію. Формула обчислення елемента нормалізованої матриці має наступний вигляд:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{kj}^2}} \quad (1.1)$$

2. Визначення ідеальної альтернативи. «Ідеальна» альтернатива повинна містити найкращі значення по кожному критерію. В даному методі потрібно використовувати лише ті показники що присутні у матриці. Тому для кожного критерію з усіх значень обираємо найкраще і з них формуємо «ідеальну» альтернативу.
3. Обчислення для кожної альтернативи показника, який показує ступінь її близькості до «ідеальної» альтернативи. «Відстань» між кожною альтернативою ($i = 1, 2, \dots, n$) обчислюється наступною формулою:

$$S_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (r_{ij} - r_j^*)^2} \quad (1.2)$$

де

- w_j – ваговий коефіцієнт відповідного критерію;

- r_{ij} – значення критерію j ($1, 2, \dots, m$) для альтернативи i ;
- r_j^* – значення критерію для «ідеальної» альтернативи.

Після розрахунку всіх «відстаней» S_i , їх можна порівняти та визначити оптимальний розв'язок. Ним буде альтернатива з найменшим значенням S_i . [7, 8]

Метод аналізу ієрархії, розроблений відомим американським математиком Томасом Сааті, з успіхом використовується для розв'язання багатьох практичних задач на різних рівнях планування. Цей метод набув широкого розповсюдження в останнє десятиріччя. Згідно з цим методом вибір пріоритетних рішень здійснюється за допомогою парних порівнянь. Припустимо, що ми маємо три об'єкти. Спробуємо оцінити їх вагу. Скажімо, А важчий за В, а В важчий за С. Аналогічно можна порівняти відносну важливість будь-яких кількісно невизначених факторів.

Для представлення результатів оцінок у кількісному виразі Т. Сааті вводить шкалу парних порівнянь. Згідно з цією шкалою нас не цікавитиме відсутність фізичних чи об'єктивних одиниць виміру. Основною перевагою цього методу є те, що він є безрозмірним і не виникає проблем при приведенні до однакових одиниць виміру. Ефективність цієї шкали доведена теоретично і практично при порівнянні з багатьма іншими відомими даними. Досвід показав, що при проведенні парних порівнянь, в основному, ставляться запитання: «Який з елементів є важливішим? Який найімовірніший? Який з них найпривабливіший?».

Метод аналізу ієрархій полягає в декомпозиції (розкладанні) проблеми на все більш прості складові частини і подальшій обробці послідовності тверджень особи, яка приймає рішення, за допомогою парних порівнянь. В результаті може бути виражений відносний ступінь взаємодії в ієрархії. Ці твердження потім виражаються числами.

Перший крок полягає в декомпозиції та представленні задачі в ієрархічній формі. Ми розглядаємо домінуючі ієрархії, які будуються з вершини (мета – з точки зору управління) через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до найнижчого рівня, який є, зазвичай, переліком альтернатив. Ієрархія вважається повною, якщо кожен елемент заданого рівня функціонує як критерій для всіх елементів рівня, що стоїть нижче. Тобто ієрархія може бути поділена на під ієрархії, що мають спільним найвищий елемент. Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно зрівняні відносно елементів наступного рівня і до вершини ієрархії.

Другим етапом методу є побудова матриць парних порівнянь для кожного з нижніх рівнів. Елементи будь-якого рівня порівнюються один з одним відносно їх дії на направляючий елемент, причому, згідно з правилом, при складанні матриць порівнюється відносна важливість лівих елементів матриці з елементами вгорі. Тобто, якщо елемент зліва важливіший за елемент вгорі, то в клітинку заносять позитивне ціле число, якщо навпаки – дробове. Відносна важливість будь-якого елемента, що порівнюється сам з собою, дорівнює одиниці, тому діагональ матриці складається з одиниць.

Після проведення усіх парних порівнянь визначають узгодженість, тобто «несуперечливість» суджень (вербальної інформації). Величина відношення узгодженості не повинна бути більша за 10% (в деяких випадках, коли немає потреби у високій точності, дозволяється не більше 20%). Якщо вона виходить за ці межі, то учасникам слід дослідити задачу і перевірити свої судження. Підхід до вимірів за допомогою аналізу ієрархій допускає певний рівень неузгодженості. Група людей може прийняти рішення при допустимій неузгодженості для кожного члена групи.[12]

Узагальнена функція бажаності Харрінгтона була вперше запропонована у 1965 році Едвіном Харрінгтоном як метод оцінки якості продукту. Науковець відмічає, що «якість промислової продукції нечасто

визначається однією характеристикою. Скоріше якість – це композиція характеристик, які дуже часто взаємопов’язані і майже завжди вимірюються в різних одиницях» [7, с. 494]. При цьому виникає проблема в розрахунку єдиного показника, який би відображав узагальнену характеристику об’єкта оцінки.[9] Харрінгтон міркував так: якщо якимось чином декілька характеристик можуть бути виміряні єдиними одиницями вимірювання, чи, що навіть краще, можуть бути представлені кількісно на безмірній шкалі, то в такому випадку стає можливим і використання арифметичних операцій для об’єднання цих показників. З метою вирішення цієї задачі і була запропонована безмірна «шкала бажаності» або шкала «d».

Узагальнена функція Харрінгтона є кількісним, однозначним, єдиним та універсальним показником якості досліджуваного об’єкту, а якщо додати ще такі якості, як адекватність, ефективність і статистична чутливість, то стає зрозумілим, що її можна використовувати як критерій оптимізації.[10]

Проаналізувавши наведені вище методи, можна виділити кілька переваг у використанні узагальненої функції бажаності Харрінгтона. При використанні методу «ідеальної точки» є етап формування умовної найкращої альтернативи, але її значення по кожному з критеріїв обираються з наявних у задачі. Хоча може бути ситуація коли по певній кількості критеріїв не буде оптимальних значень серед представлених альтернатив. Тому при додаванні нової альтернативи, доведеться розраховувати «ідеальну» альтернативу знову. Інша проблема даного методу – монотонність зростання/спадання цільової функції критеріїв, в той час як метод Харрінгтона дозволяє змінювати її кривизну. Якщо розглядати метод аналізу ієрархій, то він дозволяє ефективно виконати ранжування об’єктів, що не найкращим чином підходить для задачі коли необхідно визначити чітку оцінку ефективності наукових та науково-технічних проектів. Таким чином, як головну перевагу у використанні узагальненої функції Харрінгтона можна виділити можливість визначення глобальної оцінки для кожного об’єкта незалежно від значень

критеріїв представлених альтернатив у частковому випадку. Отже, на основі проведеного аналізу методів, узагальнена функція бажаності Харрінгтона є найкращим способом для оцінки та вибору науково-технічних проектів.

Існує ряд технічних засобів які можна використати для багатокритеріальної оцінки чи вибору. Розглянемо деякі з них та проаналізуємо, чи підходять вони для оцінки та вибору науково-технічних проектів. Перший спосіб полягає у використанні електронних таблиць. За допомогою популярних програм, таких як Microsoft Excel або Google Sheets, можна ввести дані за різними критеріями та відповідними ваговими коефіцієнтами. Після чого, за допомогою вбудованих функцій сортування, фільтрації та розрахунків, можна виконувати багатокритеріальну оцінку та порівняння альтернатив. Такий спосіб має серйозний недолік – він дозволяє автоматизувати лише безпосередні розрахунки, а формули для них необхідно реалізовувати вручну. Аналогічна ситуація з програмами моделювання та оптимізації, наприклад MATLAB. Вони можуть бути використані для формалізації багатокритеріальної задачі та виконання оптимізаційного аналізу з врахуванням різних критеріїв. Але, як і при роботі з електронними таблицями, необхідно формувати всі формули та алгоритми розрахунків вручну.

Також існують спеціалізовані програми для багатокритеріального прийняття рішень, такі як Decision Lab, Expert Choice чи SuperDecisions, а також аналогічні веб-застосунки MCDA Web, Decision Lab Online, Expert Choice Online. Подібні застосунки дійсно дають широкі можливості для багатокритеріального аналізу з вбудованими методами вирішення. Але якщо розглядати задачу оцінки та вибору науково-технічних проектів, то найкращим способом її рішення, згідно проведеного у даній роботі аналізу методів, є узагальнена функція Харрінгтона. Жоден з наведених технічних засобів не мають її реалізації. Тому задача розробки системи оцінки та вибору

науково-технічних проєктів побудованої на основі узагальненої функції бажаності Харрінгтона є актуальною.

1.4 Постановка задачі

Проведений аналіз стану процесу оцінки та вибору наукових і науково-технічних проєктів свідчить, що створення засобів автоматизації цього процесу є актуальним завданням. Тому основною задачею дипломного проєктування є розробка системи, яка допоможе автоматизувати ряд процесів у ході оцінювання наукових та науково-технічних проєктів. А виходячи з аналізу існуючих методів оцінки, математичною основою цієї системи повинна бути узагальнена функція бажаності Харрінгтона. В результаті це дозволить спростити процес оцінки наукових і науково-технічних проєктів та прийняти обґрунтоване рішення щодо їх вибору.

Для кращого розуміння майбутнього програмного продукту необхідно скласти перелік функціональних та нефункціональних вимог. Це допоможе конкретизувати завдання та чітко описати функції що обов'язково повинні бути реалізованими. Задоволення функціональних вимог є обов'язковим для коректного функціонування системи, адже вони орієнтовані на користувача і визначають що саме система буде робити, її основний функціонал.

Функціональні вимоги:

1. Система повинна приймати вхідні дані файлом у вигляді електронних таблиць, де кожна відповідатиме певному об'єкту який оцінюється.
2. Система повинна надавати користувачу список усіх можливих дій у вигляді списку для вибору. Наприклад, формування рейтингу за певними фільтрами, розрахунок загального показника бажаності з чи без врахування частини критеріїв тощо.
3. Система повинна виконувати обрані зі списку дії.
4. Система повинна надавати максимально широкі варіації для візуалізації результатів. Крім текстового опису інформація повинна подаватися, в

залежності від характеру, у вигляді стовпчикових, кругових діаграм, графіків тощо.

5. Система повинна надавати можливість користувачу завантажити результати.

Нефункціональні вимоги:

1. Система повинна бути достатньо проста в експлуатації, щоб її міг використовувати будь-який користувач без досвіду роботи.
2. Система повинна обробляти помилки пов'язані з некоректною формою введених даних.

В якості вихідних даних будуть виступати результати розрахунків (оцінки по кожному критерію окремо та безпосередньо узагальнена для альтернативи) та їх візуалізація у формі графіків, діаграм тощо. Користувач буде самостійно обирати, яку інформацію потрібно вивести на екран чи зберегти на диск. Від системи, в свою чергу, вимагається максимально велика кількість різних варіацій відображення результатів. Для проведення аналізу чи певних порівнянь теоретично можлива ситуація коли необхідно рахувати не всі критерії, використовувати певні обмеження для них тощо. Всі потенційно важливі набори результатів повинні бути реалізованими в ході виконання даної роботи.

Тому серед основних варіантів вихідних даних можна виділити:

- Рейтинг об'єктів за узагальненою оцінкою;
- Рейтинг об'єктів за оцінкою по певному окремому критерію;
- Рейтинг об'єктів за оцінкою по комбінації певних критеріїв;
- Узагальнена оцінка окремого об'єкта;
- Оцінка окремого об'єкта за певним критерієм чи узагальнена за набором критеріїв;
- Діаграма узагальнених оцінок;

- Діаграма оцінок за певним критерієм чи узагальнена за набором критеріїв;
- Діаграма впливу критеріїв на узагальнену оцінку об'єкта.

1.5 Висновки до першого розділу

У першому розділі даної кваліфікаційної роботи була проаналізована предметна область, а саме наукові і науково-технічні проекти та їх оцінка й вибір. Продемонстроване практичне значення на прикладі конкурсу молодих вчених від МОН.

Були розглянуті методи багатокритеріальної оцінки та вибору, а також описані наявні технічні засоби для вирішення подібної задачі. В результаті аналізу, найкращим методом оцінки наукових та науково-технічних проектів була обрана узагальнена функція бажаності Харрінгтона. Однією з основних причин такого вибору стало те, що на відміну від інших розглянутих методів, за допомогою даної функції існує можливість визначення глобальної оцінки для кожного об'єкта незалежно від значень критеріїв представлених альтернатив у частковому випадку. Обґрунтована актуальність роботи у зв'язку з відсутністю технічних засобів, які б дозволили проводити ефективну оцінку та вибір науково-технічних проектів обраним методом.

Також була сформульована постановка задачі, висунуті функціональні та нефункціональні вимоги до системи, описаний орієнтовний формат вихідної інформації.

РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ТА ВИБОРУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ПРОЕКТІВ

2.1 Функція бажаності Харрінгтона

Як було описано в першому розділі даної роботи, узагальнена функція бажаності Харрінгтона обрана для програмної реалізації у системі оцінки наукових та науково-технічних проектів. Для її побудови на вісь ординат наносяться значення показника бажаності d , які змінюються від 0 до 1, при цьому 0 відповідає найгіршому значенню показника, а 1 – найкращому. Нижні і верхні межі інтервалів шкали бажаності представлені в таблиці 1.1.

Суто з математичної точки зору автор підходу рекомендує призначити значення бажаності d в точці 0,37 нормативним значенням показників. Число 0,37 є приблизним результатом ділення одиниці на число e , де e – основа натурального логарифму. Другою такою точкою є значення бажаності 0,63, яке є результатом різниці $(1-1/e)$. Шкала бажаності запропонована Харрінгтоном та відповідні якісні характеристики вказані в таблиці 2.1.[11]

Таблиця 2.1 – Шкала бажаності Харрінгтона

Шкала «d»	Якісні характеристики шкали «d»
0.80-1.00	Дуже добре
0.63-0.80	Добре
0.37-0.63	Задовільно
0.20-0.37	Погано
0.00-0.20	Дуже погано

Існує дві варіації функції Харрінгтона: з двостороннім та одностороннім обмеженнями. У першому випадку обидва кінці проміжку задовільних значень (нижній та верхній) мають бажаність близько 0.37, а його середина буде ідеальним значенням для критерію. Графік такої функції має форму дзвону. У другому випадку верхня межа дорівнює близько 0.63, а кращі

значення знаходитимуться в правій стороні. У випадку мінімізації ситуація дзеркальна.

Даний метод підходить для досягнення поставленої мети, але все-таки має певні недоліки. Їх необхідно виправити в другому розділі даної роботи в рамках математичного забезпечення. По-перше, в оригінальному підході Харрінгтона немає функції з двостороннім несиметричним обмеженням. Такий варіант не завжди дасть бажаний результат, адже є ситуації коли бажаність по різні сторони від оптимального значення змінюються не однаково. Тому в даному розділі будуть теоретично виведені формули для несиметричного двостороннього обмеження для їх подальшої програмної реалізації. По-друге, в оригінальному підході Харрінгтона немає жодних механізмів щодо врахування важливості критеріїв. Тобто всі показники будуть однаково впливати на узагальнену бажаність об'єкта. Тому, в даному розділі необхідно теоретично описати спосіб врахування важливості критеріїв.

2.2 Показники з одностороннім обмеженням

Як було описано в попередньому підрозділі, узагальнена функція бажаності Харрінгтона має два види: з одностороннім та двостороннім обмеженнями. В свою чергу якщо розглядати одностороннє обмеження воно може бути як зростаюче (більшому значенню показника відповідає більша бажаність), так і спадаюче (більшому значенню показника відповідає менша бажаність).

Графічне зображення шкали бажаності для показників, які мають одностороннє обмеження, представлене на рисунку 2.1. На цьому графіку вісь ординат відображає значення показника бажаності d для кожного значення Y (вісь абсцис). Розраховується показник бажаності для одностороннього обмеження наступним чином:

$$d = e^{-(e^{-Y})} \quad (2.1)$$

де

- e – логарифмічна константа, яка приблизно дорівнює 2.71828...;
- Y – значення показника;
- \hat{Y} – результат лінійної трансформації змінної характеристики Y . Для показників, які мають одностороннє обмеження стандартизоване значення показника розраховується за формулою:

$$\hat{Y} = -2 + 7 * \frac{(Y - Y_{min})}{(Y_{max} - Y_{min})} \quad (2.2)$$

де

- Y – значення показника;
- Y_{max}, Y_{min} – верхня та нижня задовільні межі значення показника.

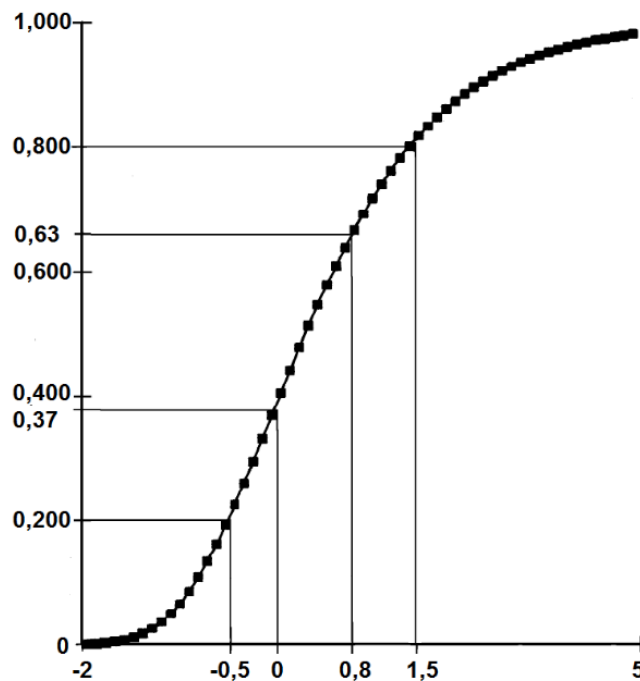


Рисунок 2.1 – Графік функції бажаності Харрінгтона з одностороннім обмеженням

У випадках коли більшому значенню показника відповідає менша бажаність на вхід функції в якості Y_{max} потрібно подати менше обмеження, а Y_{min} – більше. При лінійній трансформації показника нормовані значення будуть так само в межах -2 та 5, тому графік функції не зміниться.

2.3 Показники з двостороннім обмеженням

Для групи показників з двостороннім обмеженням також можна розглядати два випадки. В оригінальному підході Харрінгтона використовується лише симетричне обмеження, тобто бажаність змінюється однаково в обидві сторони від оптимального значення (рисунок 2.2). Але існують випадки, коли така закономірність не працює і графік функції є несиметричним відносно оптимуму. Прикладом може слугувати температура людини. Найкращим значенням є 36,6 градусів, але такий показник не є серединою оптимальних меж. Тому при створенні даної математичної моделі необхідно врахувати можливість використання несиметричного двостороннього обмеження та описати формули для його розрахунку.

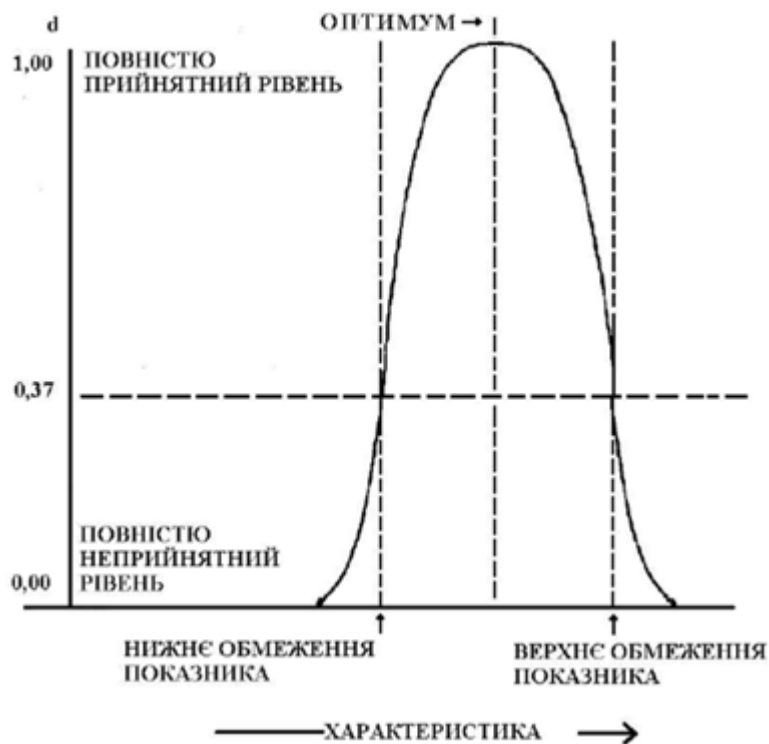


Рисунок 2.2 – Графік функції бажаності Харрінгтона з двостороннім обмеженням

Формула розрахунку бажаності для двостороннього обмеження відрізняється від випадку з одностороннім і має наступний вигляд:

$$d = e^{-(|Y|)^n} \quad (2.3)$$

де

- e – логарифмічна константа, яка приблизно дорівнює 2.71828...;
- n – додатне число ($0 < n < \infty$), не обов'язково ціле, від нього залежить нахил кривої.
- \hat{Y} – результат лінійної трансформації змінної характеристики Y . Для показників, які мають двостороннє обмеження стандартизоване значення показника Y розраховується за формулою:

$$\hat{Y} = \frac{2Y - (Y_{max} + Y_{min})}{Y_{max} - Y_{min}} \quad (2.4)$$

де:

- Y – значення показника;
- Y_{max} – нижня задовільна межа значення показника;
- Y_{min} – верхня задовільна межа значення показника.[11]

В загальному показник n можна визначити за формулою:

$$n = \frac{\ln \ln(\frac{1}{d})}{\ln |\hat{Y}|} \quad (2.5)$$

де d та \hat{Y} підбираються вручну. Рекомендовано для d обирати значення в інтервалі $0.6 < d < 0.9$ (зазвичай 0.7). \hat{Y} в свою чергу задається відповідно для вказаної бажаності d .

Функція бажаності Харрінгтона для показників з несиметричним двостороннім обмеженням буде складатися з двох симетричних обмежень, оптимум яких співпадатиме з оптимумом результуючої, а кривизна та нижнє/верхнє обмеження будуть різними. Такий вибір пояснюється тим, що при використанні формули одностороннього обмеження, визначення точки коли критерій досягає свого оптимуму є складнішим, тому що до оптимальних меж додається вплив коефіцієнт нахилу кривої, в той час як при симетричному двосторонньому обмеженні цей показник задається явно як середина оптимальних значень. Таким чином в межах до оптимуму функція зростатиме

за правилами першого симетричного обмеження, а після спадатиме за правилами другого. Також можна окремо виділити, що при оптимальному значенні бажаність без розрахунку інших формул визначатиметься як 1, хоча це не є обов'язковим кроком, адже обидві функції в системі дадуть правильний результат. В загальному випадку функція матиме вигляд як зображено на рисунку 2.3, а формула записуватиметься наступним чином:

$$d = \begin{cases} e^{-(|Y_1|)^{n_1}}, & \text{якщо } Y < Y^* \\ 1, & \text{якщо } Y = Y^* \\ e^{-(|Y_2|)^{n_2}}, & \text{якщо } Y > Y^* \end{cases} \quad (2.6)$$

де

- Y^* – оптимальне значення;
- Y – фактичне значення критерію;
- n_1, n_2 – додатні числа ($0 < n < \infty$), не обов'язково цілі, які визначають нахил кривої відповідно для нижнього та верхнього обмежень;
- Y_1, Y_2 – результати лінійної трансформації змінної характеристики Y , зліва та справа від оптимуму відповідно.

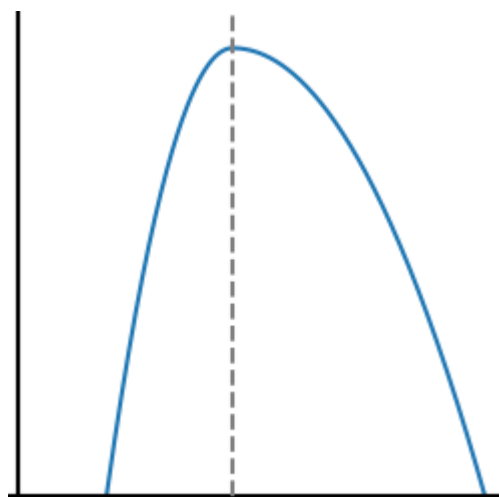


Рисунок 2.3 – Функція для показників з несиметричним двостороннім обмеженням

Для побудови частини функції зліва від оптимуму, нам відомі нижнє обмеження і оптимальне значення, а оскільки вона є симетричною, цієї

інформації вистачить щоб порахувати \hat{Y}_1 . Для цього виразимо невідоме для функції зліва від оптимуму Y_{max} через наявні дані:

$$Y^* = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2} \Rightarrow Y_{max} = 2Y^* - Y_{min} \quad (2.7)$$

Підставивши результат у формулу для знаходження \hat{Y} для симетричного двостороннього обмеження отримаємо наступне:

$$\hat{Y}_1 = \frac{2Y - (2Y^* - Y_{min} + Y_{min})}{2Y^* - Y_{min} - Y_{min}} \Rightarrow \hat{Y}_1 = \frac{Y - Y^*}{Y^* - Y_{min}} \quad (2.8)$$

Виконавши аналогічні дії для побудови функції справа від оптимуму, отримаємо наступну формулу:

$$\hat{Y}_2 = \frac{Y - Y^*}{Y_{max} - Y^*} \quad (2.9)$$

2.4 Обчислення узагальненого показника бажаності

Введення шкали бажаності дозволяє звести початкову багатокритеріальну задачу прийняття рішень з різними критеріями до багатокритеріальної задачі з критеріями які вимірюються в однаковій шкалі. Таким чином наступним етапом є зведення часткових функцій бажаності до єдиного загального показника. Пропонується розраховувати даний показник як середнє геометричне всіх d .

Логіка, покладена у використанні середньої геометричної величини полягає в тому, що якщо хоча б один з параметрів дорівнює нулю, тобто є небажаним, то і стан усього об'єкта оцінки є небажаним. Це можна використовувати для «критичних» значень показників. Наприклад, розглядаючи можливість фінансування певного проекту, виконавець вказує надто високий кошторис чи надто велику кількість днів виконання. Якщо такі значення категорично не підходять, їх бажаність буде дорівнювати нулю. В такому випадку інші критерії, яка б у них не була бажаність, будуть не важливими і загальна оцінка такого проекту буде також нульовою. Тому загальну бажаність розраховуємо за формулою:

$$D = \sqrt[n]{d_1 * d_2 * \dots * d_n} \quad (2.10)$$

де

- d_i – показники бажаності всіх критеріїв;
- n – кількість критеріїв.

Як видно з наведеного вище порядку розрахунку узагальненого показника за допомогою функції бажаності, суб'єктивізм залишається великою проблемою. Сам автор погоджується з цим і для зменшення впливу суб'єктивної оцінки пропонує залучення групи осіб для визначення необхідних показників.[11]

Описаний вище спосіб обчислення узагальненого показника бажаності має серйозний недолік. При такому підході не враховується важливість критеріїв відносно один одного. Тому для ефективнішого оцінювання необхідно розробити механізм що відкриє таку можливість. Найлегшим способом у даному випадку є модифікація формули розрахунку узагальненого показника бажаності шляхом додавання коефіцієнтів важливості. Вони будуть подаватися в систему на вхід користувачем. Оскільки узагальнений показник розраховується як середнє геометричне, отримані коефіцієнти важливості будуть не множитися на значення відповідних критеріїв, а використовуватися як їх степінь. Також необхідно провести нормалізацію цих коефіцієнтів. Необхідно щоб їх сума дорівнювала кількості критеріїв n . В результаті модифікації формула матиме наступний вигляд:

$$D = \sqrt[n]{d_1^{k_1} * d_2^{k_2} * \dots * d_n^{k_n}} \quad (2.11)$$

де

- n – кількість критеріїв;
- d_i – показники бажаності всіх критеріїв;
- k_i – коефіцієнт важливості i -го критерію

Також всі критерії важливості повинні відповідати наступній умові:

$$\sum_{i=1}^n k_i = n \quad (2.12)$$

2.5 Вибір критеріїв для оцінки наукових та науково-технічних проектів

Ключову роль в оцінюванні об'єктів за допомогою узагальненої функції Харрінгтона, як і в інших методах що можна використовувати для вирішення задач багатокритеріального вибору, відіграє рівень експертних оцінок. Якщо вхідні дані не будуть достатньо об'єктивними, точними, послідовними, то розрахунки не зможуть виправити ситуацію й результат буде незадовільним. Для кожного часткового випадку необхідно правильно підібрати чіткі критерії. Це допоможе максимально позбавитися суб'єктивізму. Хоча в різних випадках критерії можуть відрізнятися, все одно є показники, які будуть важливими в усіх або більшості ситуаціях. Вони будуть використовуватися при демонстрації роботи системи. Тому підбрані наступні критерії для яких експерти будуть визначати задовільні межі, підбирати коефіцієнти важливості та їх фактичні значення для подальшої оцінки конкретного проекту:

- Кошторис проекту – один з основних показників, який визначає рівень фінансування необхідний для проекту. Для даного критерію буде використана функція з одностороннім обмеженням (мінімізації);
- Строк виконання – орієнтовний термін, який необхідний для завершення проекту. Як і для кошторису, буде використана функція мінімізації з одностороннім обмеженням (мінімізації);
- Новизна – наявність у результатах наукової діяльності нових наукових знань (нової наукової інформації), які можуть характеризуватись значеннями в межах від уже відомого до абсолютної новизни. Даний критерій вже важчий для оцінювання, адже попередні два (кошторис та строк

виконання) досить прості для розуміння і мають чітку кількісну характеристику (наприклад, гривні та дні). Новизну мають оцінювати експерти, причому чим більша кількість буде брати в оцінюванні тим об'єктивніша буде оцінка. Також, для цього та подібних критеріїв можна застосувати вербальну шкалу, щоб краще розуміти і легше сприймати шкалу оцінювання (наприклад, «незадовільний», «мінімальний», «низький», «середній», «високий» та «ідеальний» рівні). В даному випадку потрібно також застосувати функцію з одностороннім обмеженням, але тепер необхідна максимізація показника.

- Значимість – даний критерій показує який внесок в галузь матиме проект, на скільки сильно результати можуть вплинути на подальшу роботу в досліджуваній сфері. Тут також краще використати вербальну шкалу і функцію з одностороннім обмеженням (максимізації).

- Об'єктивність – попередня оцінка, на скільки результати виконання проекту будуть об'єктивні, чи є фактори які можуть завадити точності дослідження/роботи. Для даного критерію застосовується функція з одностороннім обмеженням (максимізації) та вербальна шкала.

- Рівень кваліфікації виконавців – даний критерій показує який рівень кваліфікації виконавців відносно важкості робіт необхідних для завершення проекту. В даному випадку потрібно також застосувати функцію з одностороннім обмеженням (максимізації) та вербальну шкалу.

- Відсоток ресурсів витрачених на теоретичну роботу – в подібних темах щодо оцінювання нечасто, але все ж таки трапляються випадки з двостороннім обмеженням, тому в прикладі, що розглядається в даній роботі, також буде присутній подібний критерій. Він визначатиме який орієнтовний відсоток ресурсів (часу, коштів, кваліфікованих кадрів) буде використаний для теоретичної роботи. Для успішного виконання проекту даний показник не може бути дуже низьким, щоб вистачило теоретичної бази для роботи над

завданнями, а також дуже високим, щоб вистачило ресурсів для практичної роботи.

- Залучення учасників освітнього процесу – як було описано в першому розділі, досить велика частка науково-технічних проектів фінансуються через державу. Тому залученість учасників освітнього процесу (студентів, викладачів тощо) може бути перевагою. Але такі кадри частіше всього можуть не мати відповідного рівня кваліфікації (особливо здобувачі освіти), тому високим такий показник бути не може. Отже, можемо застосувати функцію з двостороннім обмеженням та вербальну шкалу. [14]

2.6 Висновки до другого розділу

У другому розділі даної кваліфікаційної роботи була представлена математична модель оцінки та вибору науково-технічних проектів. Детальніше описаний теоретичний матеріал про узагальнену функцію бажаності Харрінгтона. Розглянуті випадки з односторонніми (зростаючими та спадаючими) і двосторонніми обмеженнями. Описаний процес розрахунку узагальненого показника бажаності.

Представлені способи покращення методу, такі як реалізація несиметричного двостороннього обмеження та можливість використання коефіцієнтів важливості для критеріїв при розрахунку загального показника бажаності.

Також виділений перелік основних критеріїв які можуть застосовуватися у процесі оцінки та вибору наукових і науково-технічних проектів та будуть використані для тестування системи й демонстрації її роботи у третьому розділі.

РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТА ВИБОРУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ПРОЕКТІВ

3.1 Архітектура системи

Для опису архітектури системи оцінки та вибору науково-технічних проектів необхідно визначити її компоненти та побудувати відповідну діаграму (рисунок 3.1). Клієнтський вузол («Client») складається з наступних частин: опис інтерфейсу користувача («ClientGUI») та отримання даних від нього («DataPackage»). Серверний вузол в свою чергу включає: розрахунок часткових бажаностей критеріїв («CountCriteriaRating»), узагальнених бажаностей проектів («CountProjectsRating»), підготовка вихідних даних («DataPreprocessing»).

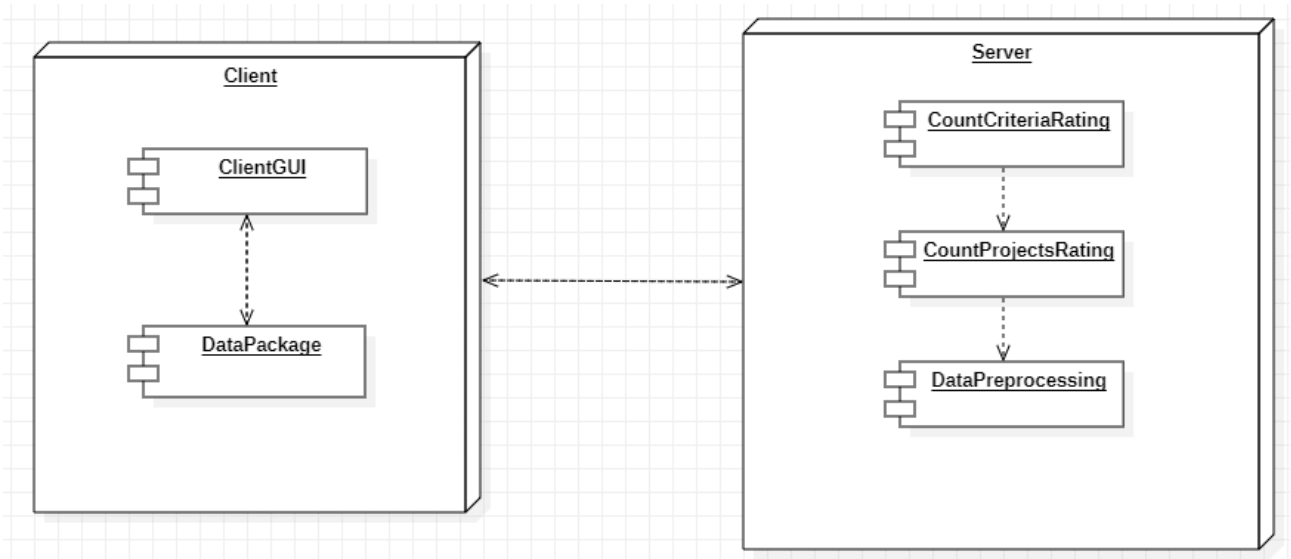


Рисунок 3.1 – Діаграма компонентів

Для проектування системи необхідно побудувати ряд діаграм, які будуть описувати принципи роботи системи. За їх допомогою можна легко зрозуміти як рухається інформація, які процеси відбуваються та хто на них впливає.

Першою подібною схемою є діаграма IDEF0 (рисунок 3.2), яка описує наступні відомості: дані які подаються на вхід в систему, механізми що впливають та результат, отриманий на виході.

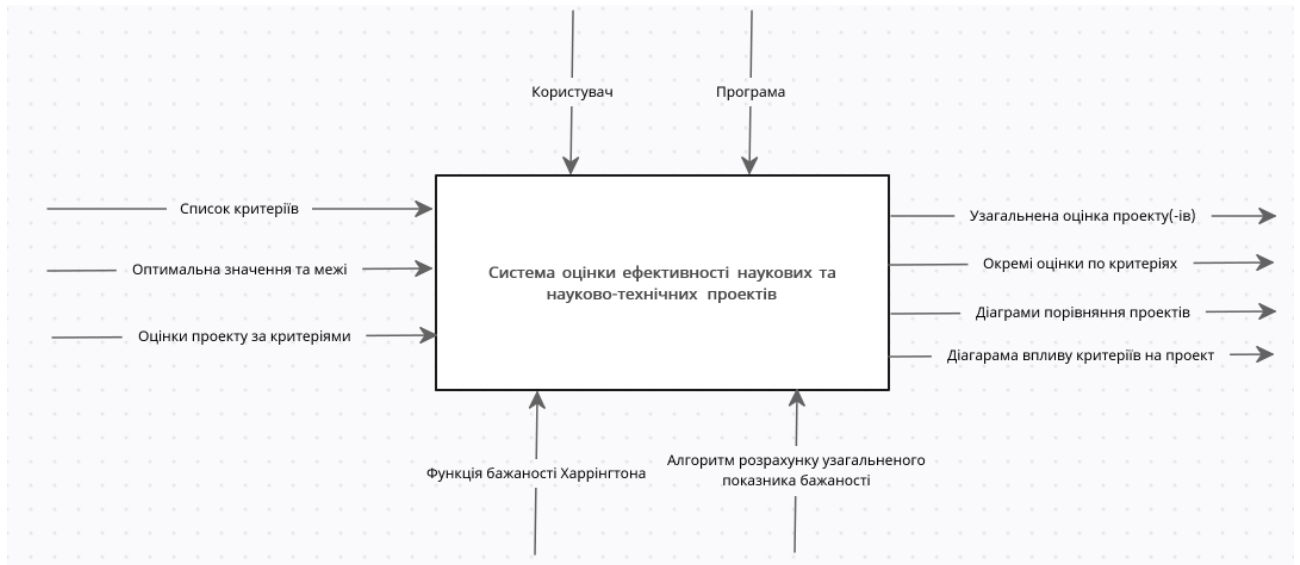


Рисунок 3.2 – Діаграма IDEF0

На діаграмі рисунку 3.3 зображена декомпозиція контекстної діаграми, на якій ми можемо бачити ієрархію робіт інформаційної системи. В нашому варіанті присутні 3 блоки (Розрахунок бажаностей критеріїв та проектів; Формування вихідної інформації; Виведення результатів). На вхід до системи користувач подає списки критеріїв, оптимальні значення та межі, оцінки для кожного проекту по заданим критеріям, а також в якості «управління» сама система яка буде все обробляти. Після проходження трьох блоків, отримується на вибір користувача: узагальнені оцінки проектів, окремі оцінки по критеріях, діаграми порівняння чи впливу критеріїв на бажаність певного проекту.

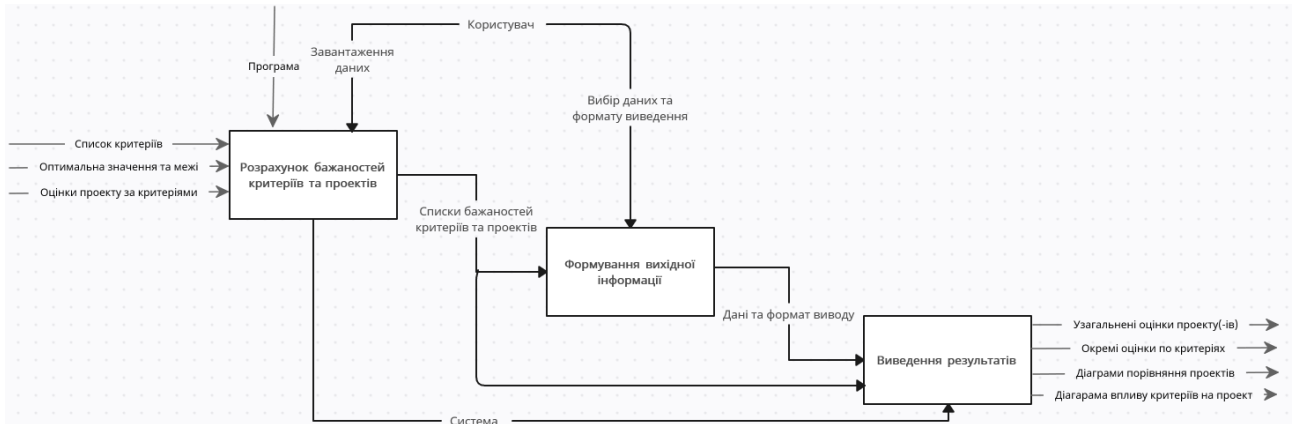


Рисунок 3.3 – DFD діаграма

Для кращого розуміння процесів що проходять під час роботи системи можна побудувати Event-Driven Process Chain. Відповідна діаграма для системи що розробляється в даній роботі представлена на рисунку 3.4.

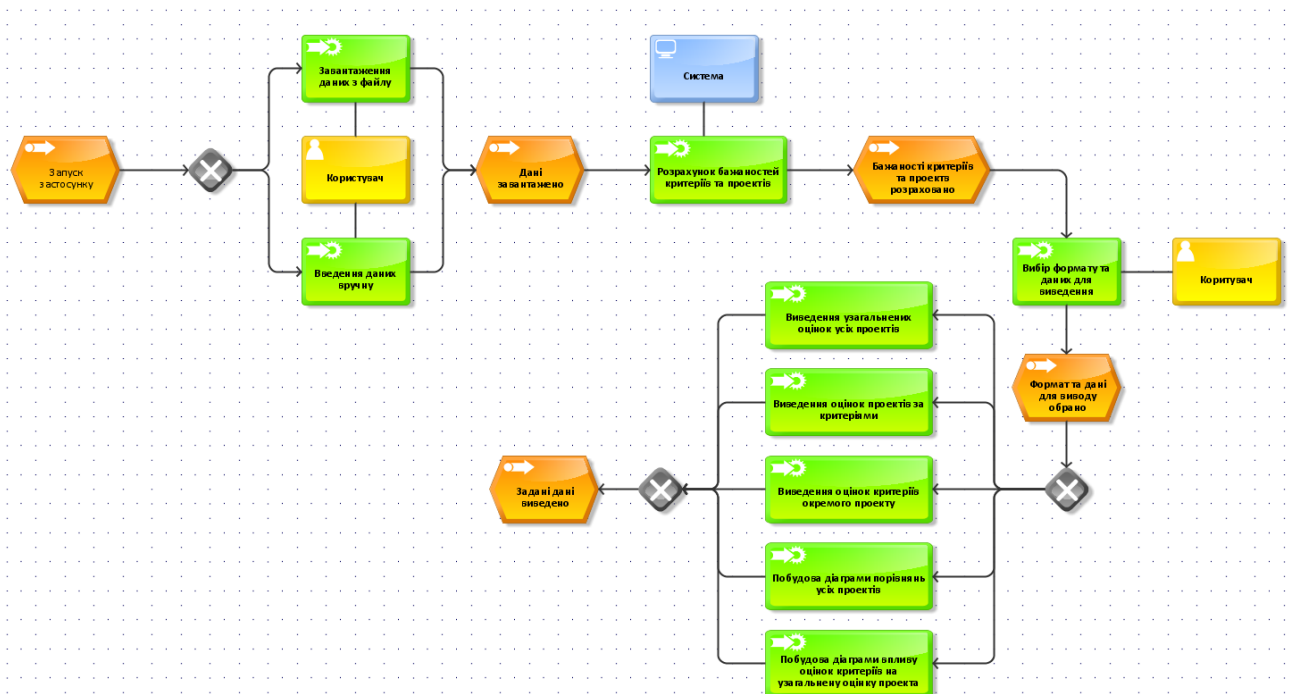


Рисунок 3.4 – Діаграма Event-Driven Process Chain

Ще одна важлива діаграма для розуміння роботи системи та побудови архітектури – це діаграма прецедентів (рисунок 3.6). На ній зображають відношення між акторами (дійові особи, зображені у вигляді людей з паличок) та варіантами використання.

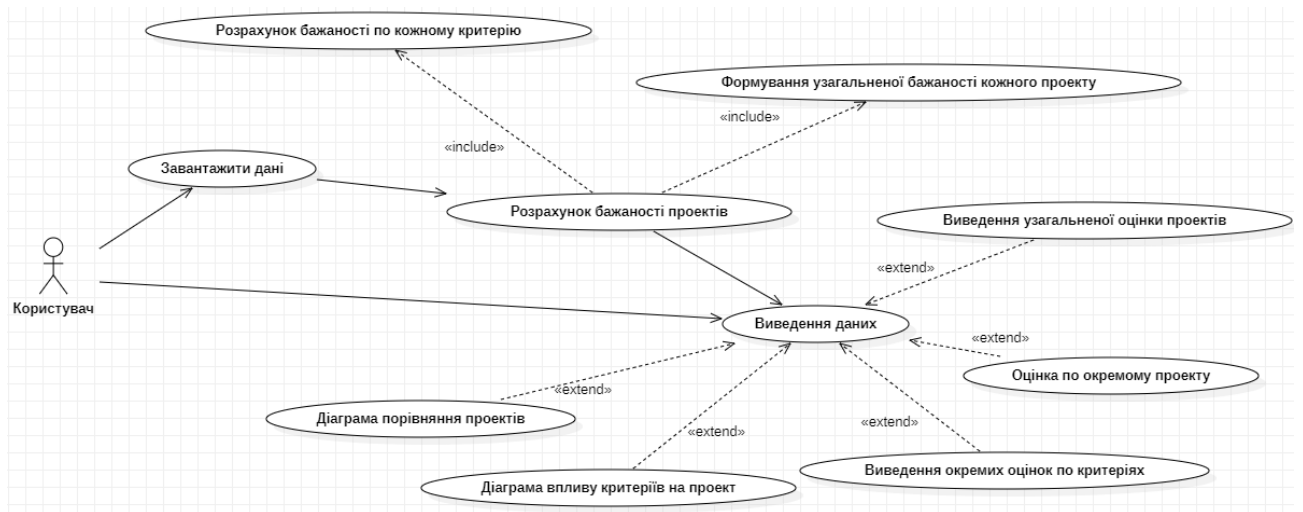


Рисунок 3.6 – Діаграма прецедентів

3.2 Інструменти розробки

Для програмної реалізації системи оцінки та вибору науково-технічних проектів обрана мова програмування Python – високорівнева мова загального призначення. Її філософія проектування підкреслює зрозумілість коду за допомогою значущої відступів за правилом «off-side». Використані наступні бібліотеки та модулі:

- `openpyxl` – бібліотека для роботи з файлами формату Microsoft Excel (XLSX/XLSM). Вона дозволяє зчитувати, записувати та змінювати дані у файлах Excel, створювати нові аркуші, керувати стилями та форматуванням.
- `math` – це вбудований модуль Python, який надає функціональність для математичних операцій. Він містить функції для виконання різних математичних обчислень, таких як обчислення тригонометричних функцій, логарифмів, експоненти, округлення чисел тощо.
- `tkinter` та модулі `ttk`, `filedialog`, `messagebox` є стандартною бібліотекою Python для створення графічного інтерфейсу користувача. Вона надає набір інструментів для створення вікон, кнопок, полів введення, списків тощо. `ttk` – модуль, який розширює `tkinter`, надаючи більш сучасний стиль віджетів. `filedialog` – модуль, який дозволяє відкривати діалогові вікна для

вибору та збереження файлів. `messagebox` – модуль, який дозволяє відображати сповіщення та попередження у вікнах повідомлень.

- `matplotlib` – бібліотека для створення графіків та інших візуалізацій за допомогою Python. Можливості `matplotlib` дозволяють зручно відображати дані для їх візуального аналізу.

Для роботи з Python було обране середовище розробки PyCharm. Воно надає широкий набір інструментів для розробки та управління на Python. Воно має редактор коду зі швидким автодоповненням, підсвічуванням синтаксису та багатьма іншими функціями, що полегшують написання та редагування коду. Також дане середовище розробки дозволяє розширювати свою функціональність за допомогою плагінів та налаштувань. Загалом, PyCharm досить потужний та зручний у використанні інструмент для розробки на Python, який надає широкі можливості для ефективної роботи.

Вхідні дані в систему подаватимуться у вигляді файлу електронних таблиць. Такі програми як Microsoft Excel, Google Sheets, або LibreOffice Calc, є популярними інструментами для роботи з ними. Електронні таблиці є зручним середовищем для створення і управління даними, проведення обчислень, аналізу результатів тощо. В даній системі вони використовуватимуться, щоб організувати та зручно заповнити вхідні дані.

3.3 Програмна реалізація основних функцій

Перед початком програмної реалізації на основі робіт проведених раніше, складена блок-схема роботи системи (рисунок 3.7).

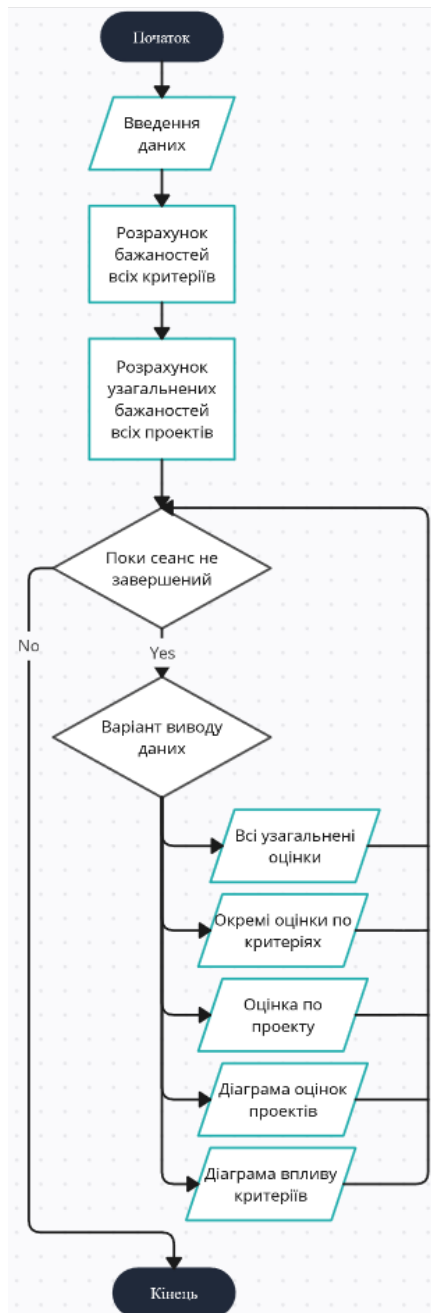


Рисунок 3.7 – Блок-схема для системи оцінки та вибору науково-технічних проектів

Для розв’язання поставлених задач за допомогою методу Харрінгтона, необхідно створити дві окремі функції Python: для одностороннього та двостороннього обмежень. На вхід обидві прийматимуть три значення: x_{low} , x_{up} , x ; тобто нижню задовільну межу, верхню задовільну межу та конкретне значення показника відповідно. На виході отримуємо бажаність певного критерію. Реалізуємо програмно формули наведені у другому розділі даної

роботи для одностороннього обмеження, трохи змінивши для зручності користувача. При розрахунку результату лінійної трансформації показника у формулі 2.2 числа приводяться в межі від -2 до 5, де цим значенням відповідають x_{low} та x_{up} . Тобто у випадку з одностороннім обмеженням ці показники характеризують не межі оптимальних значень (як при розрахунку двосторонніх обмежень), а граничні, за межами яких бажаність буде майже 0, або майже 1.

Перед подальшими розрахунками необхідно врахувати одну з можливих помилок – у формулі розрахунку стандартизованого значення показника є різниця верхньої та нижньої меж та подальше ділення на результат цієї операції. Тому потрібно впевнитися щоб не було ділення на нуль і окремо обробити такий варіант. Для цього у випадку рівності x_{low} та x_{up} , присвоїмо критерію певне значення бажаності виходячи з певних логічних міркувань. Ця дія також вирішить і проблему потенційного ділення на нуль при розрахунку двостороннього обмеження, адже значення оптимуму(optimum) буде дорівнювати x_{low} чи x_{up} , лише у випадку рівності цих двох параметрів.

1. Якщо експерт визначив проміжок задовільних значень для функції з одностороннім обмеженням одним числом, то:
 - Якщо значення показника більше за дане число (або менше для мінімізації), то бажаність буде дорівнювати 1;
 - Якщо значення показника рівне даному числу, то бажаність буде дорівнювати 0.55;
 - Якщо значення показника менше за дане число (або більше для мінімізації), то бажаність буде дорівнювати 0.1;
2. Якщо експерт визначив проміжок задовільних значень для функції з двостороннім обмеженням одним числом, то:
 - Якщо значення показника рівне даному числу, то бажаність буде дорівнювати 1;

- Якщо значення показника відмінне від даного числа, то бажаність буде дорівнювати 0.1.

В цьому логічному розгалуженні використовується число 0.1 для бажаності показників що не задовольняють необхідне значення. Так зроблено, щоб при знаходженні середнього геометричного, такі показники не зробили загальну бажаність проекту нульовою. В оригінальному підході Харрінгтона немає «критичних точок» при яких вся загальна бажаність ставала б рівною нулю. Такі значення є тільки в модифікаціях, наприклад Деррінджера Дж. і С'юча Р., але немає в узагальненій функції бажаності Харрінгтона. Крім того, на відміну від середнього арифметичного, навіть таке відхилення від умовної середини матиме досить сильний негативний ефект на загальний результат. Число 0.55 обране за двома причинами: по-перше, приблизно такий результат виходить якщо використати формулу для знаходження бажаності окремого критерію і обрати в якості його значення середнє між межами задовільних значень; по-друге, це середнє між 1 та 0.1 які використовуються в даному розгалуженні, а дане число логічно має бути саме серединою між ними.

Наступним кроком необхідно знайти загальний показник бажаності для проекту, знайшовши середнє геометричне всіх часткових. Для цього використовуємо формулу наведену у другому розділі з урахуванням коефіцієнтів важливості.

Для спрощення роботи з системою можна реалізувати для створених функцій можливість обробляти певні вербальні значення. Адже їх використання зробить оцінювання критеріїв більш зрозумілим для сприйняття на інтуїтивному рівні. Для цього необхідно ввести певну вербальну шкалу (таблиця 3.1), де звичним для людини мірам «середній» чи «високий рівень» будуть відповідати кількісні показники. Рішення використовувати саме такий список чисел (0, 1, 2, 3, 4, 5, 7) у якості відповідних для вербальних пояснюється тим, що при збільшені значення,

ріст бажаності уповільнюється. Тобто різниця між 5 та 6 чи 6 та 7 буде набагато менша ніж між, наприклад, 2 та 3. Тому при використанні такого набору чисел, крок зміни бажаності майже однаковий.

Аналогічно можна реалізувати і результати, де отриманим числовим значенням в діапазоні 0...1 будуть ставитися у відповідність інтуїтивно зрозумілі вербальні оцінки (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 – Вербальна шкала для вхідних даних (критеріїв)

Вербальне значення	Відповідне числове значення
незадовільний	0
мінімальний	1
низький	2
середній	3
високий	4
ідеальний	7

Таблиця 3.2 – Вербальна шкала для виведення інформації

Числовий проміжок	Відповідне вербальне значення
[0; 0.5)	Небажаний проект
[0.5; 0.65)	Проект з низьким пріоритетом
[0.65; 0.8)	Проект з середнім пріоритетом
[0.8; 1]	Проект з високим пріоритетом

3.4 Реалізація інтерфейсу користувача

Як вказувалося в першому розділі при описі функціональних та нефункціональних вимог, система повинна бути простою у використанні, навіть для недосвідченого користувача. Специфіка системи дозволяє не створювати велике нагромадження кнопок, полів, меню. На створеній у другому розділі при моделюванні та проектуванні системи DFD діаграмі (рисунок 3.3) присутні три основні блоки: розрахунок бажаностей критеріїв

та проектів, формування вихідної інформації та виведення результатів. Кожному з цих блоків буде відповідати окреме вікно.

Хоча перший блок виконується без візуалізації для користувача, для нього необхідні вже завантажені дані. Тому на початковому екрані буде лише можливість її введення (рисунок 3.8), адже без цього немає іншого функціоналу який можна реалізувати.

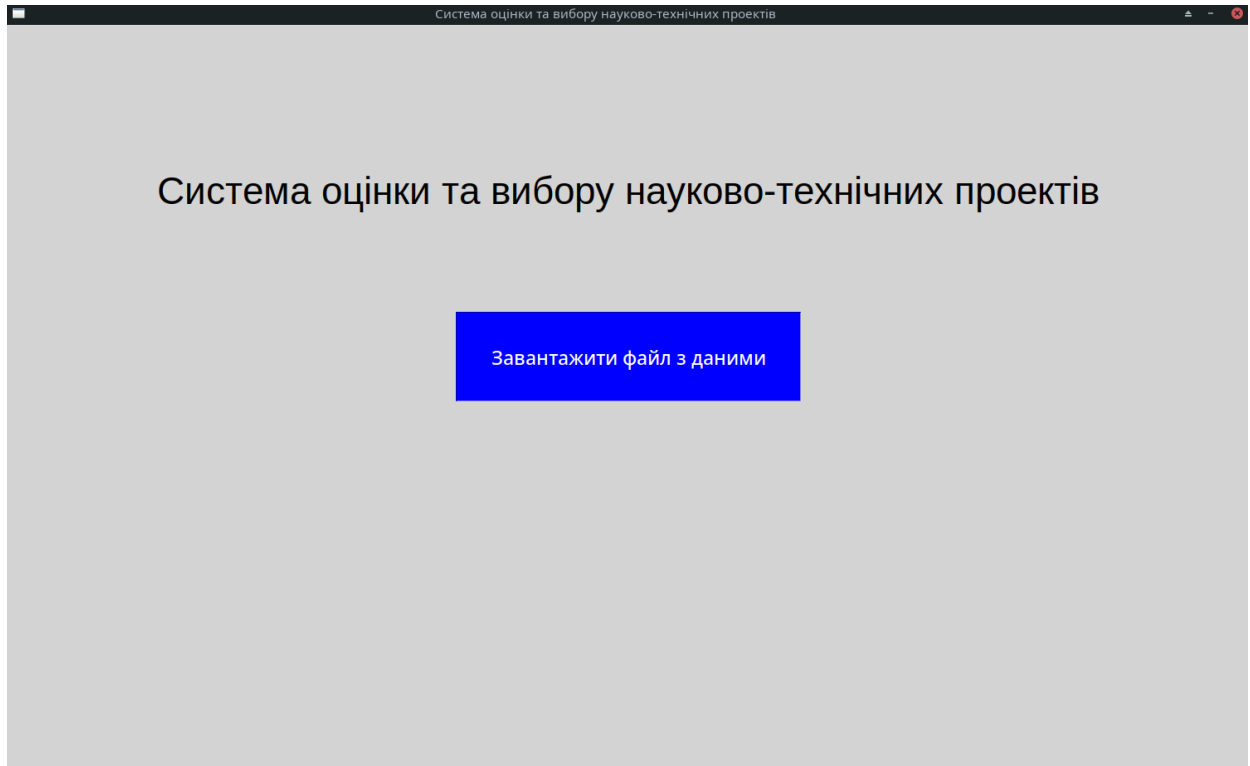


Рисунок 3.8 – Початковий екран

Наступний блок – це формування вихідної інформації. Вибір що саме система покаже на виході обирає сам користувач, тому на другому екрані після завантаження вхідних даних має бути відповідна можливість. Основними варіантами виводу інформації є:

- узагальнені оцінки проектів;
- оцінки проектів за обраними критеріями;
- оцінка окремого проекту;
- діаграма порівнянь узагальнених оцінок проектів;
- діаграма впливу критеріїв на бажаність окремого проекту.

Для кожного з пунктів необхідно створити окрему кнопку для виклику функції, яка буде виводити інформацію у відповідному заданому форматі (рисунок 3.9).

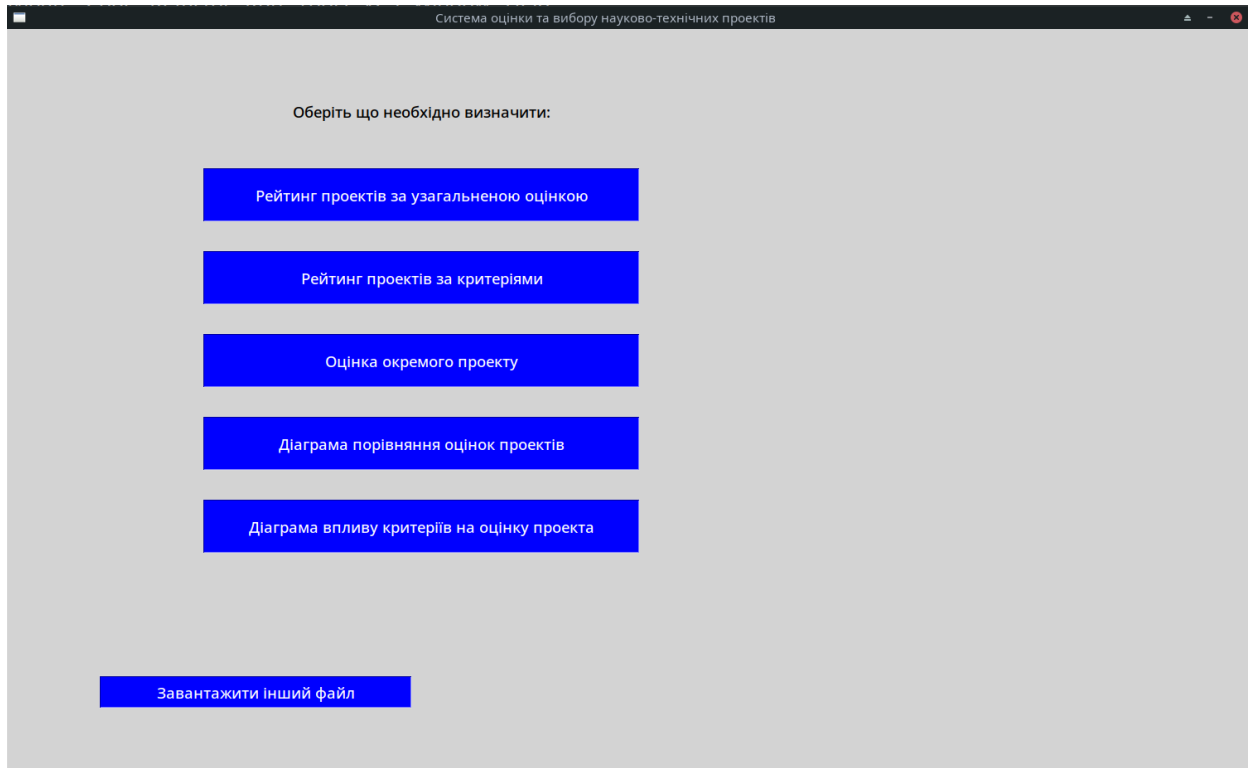


Рисунок 3.9 – Вибір вихідної інформації

Для варіантів «оцінки проектів за обраними критеріями», «оцінка окремого проекту» та «діаграма впливу критеріїв на бажаність окремого проекту» необхідно додатково визначити певну інформацію. Для цього непотрібно створювати нове вікно, а можна просто розташовувати у вільній поруч області додаткові параметри вибору при активації відповідних кнопок. Для варіантів з вибором критеріїв необхідно створити об'єкти типу `tkinter.Checkbutton()` для множинного вибору (користувач зможе переглянути результат за одним та більше критеріїв, рисунок 3.10). Для варіантів де потрібно взяти окремий проект слід використати `ttk.Combobox()` для вибору єдиного об'єкта.

Також на цьому етапі досить важливо реалізувати можливість наново завантажити вхідні дані без перезапуску системи. Для цього створюємо та розташовуємо кнопку «Завантажити нові вхідні дані».

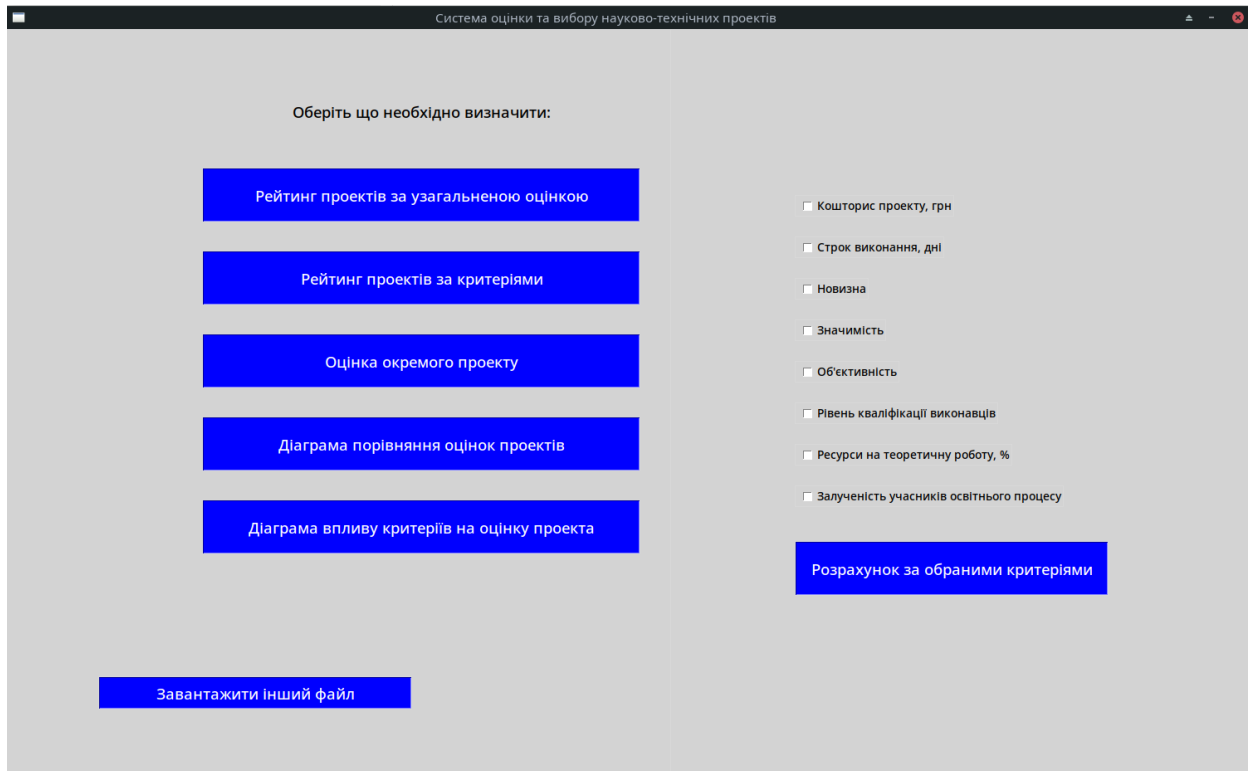


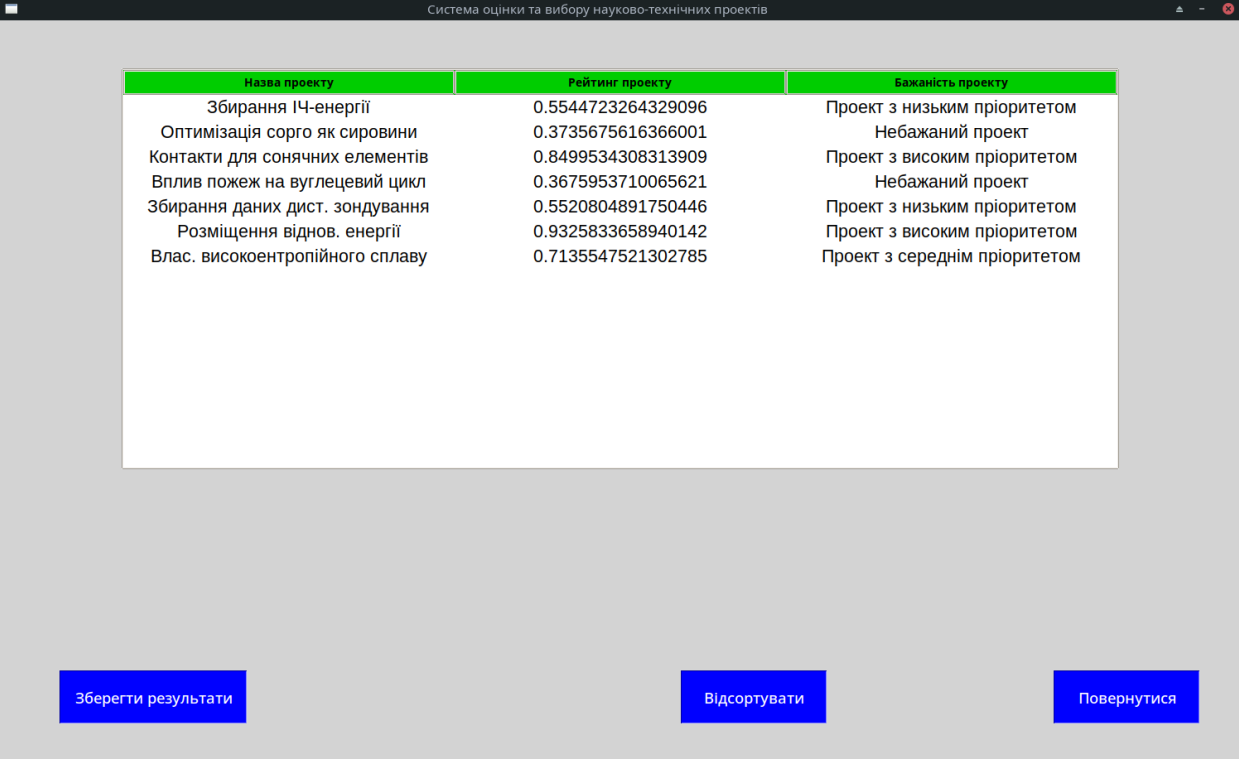
Рисунок 3.10 – Приклад розташування додаткових параметрів вибору

Також на цьому етапі досить важливо реалізувати можливість заново завантажити вхідні дані без перезапуску системи. Для цього створюємо та розташовуємо кнопку «Завантажити нові вхідні дані».

Останній третій блок відповідає за безпосереднє представлення результатів користувачу. Звичайно, при виборі різних варіантів на попередньому кроці, будуть різні зовнішні види інтерфейсу зі своєю специфікою. Але в загальному випадку буде будуватися додатковий фрейм поверх існуючого, де відобразатиметься необхідна інформація (приклад на рисунку 3.11). Обов'язковою умовою є присутність кнопки повернення на попередній фрейм вибору вихідної інформації, адже це дозволить не перезавантажувати систему після кожного виводу інформації, а працювати багато разів у єдиній сесії з тими самими вхідними даними. Для зручності

використання додатково реалізована функція сортування результатів за рейтингом.

Також, як вказано у функціональних вимогах, система повинна надавати користувачу можливість завантажити результат. Для цього створена кнопка «Зберегти результати». При натисканні користувач вводить назву файлу в якому будуть записані дані. Стандартний формат для завантаження «*.txt» (приклад на рисунку 3.12), але користувач може явно вказати інший. Наприклад, у файл електронних таблиць система записує всі дані в різні комірки, що робить результат зручним для читання і подальшої роботи.



Назва проекту	Рейтинг проекту	Бажаність проекту
Збирання ІЧ-енергії	0.5544723264329096	Проект з низьким пріоритетом
Оптимізація сорго як сировини	0.3735675616366001	Небажаний проект
Контакти для сонячних елементів	0.8499534308313909	Проект з високим пріоритетом
Вплив пожеж на вуглецевий цикл	0.3675953710065621	Небажаний проект
Збирання даних дист. зондування	0.5520804891750446	Проект з низьким пріоритетом
Розміщення віднов. енергії	0.9325833658940142	Проект з високим пріоритетом
Влас. високоентропійного сплаву	0.7135547521302785	Проект з середнім пріоритетом

Рисунок 3.11 – Приклад екрану з вихідними даними

Розміщення віднов. енергії 0.9998147293151166 Проект з високим пріоритетом
Збирання ІЧ-енергії 0.9850816172605985 Проект з високим пріоритетом
Оптимізація сорго як сировини 0.9850816172605985 Проект з високим пріоритетом
Збирання даних дист. зондування 0.9362535302788091 Проект з високим пріоритетом
Контакти для сонячних елементів 0.8726643721784989 Проект з високим пріоритетом
Влас. високоентропійного сплаву 0.7462304402408255 Проект з середнім пріоритетом
Вплив пожеж на вуглецевий цикл 0.5858205730580374 Проект з низьким пріоритетом

Рисунок 3.12 – Приклад збереженого результату

3.5 Тестування роботи системи та аналіз отриманих результатів

Одним із ключових етапів розробки програмного забезпечення є тестування готового продукту. У ході виконання даної роботи використовуватиметься підхід чорної скриньки. Тестові дані формуватимуться стохастичним (випадковим) шляхом та аналізом граничних даних.

У випадку стохастичного тестування замість завантаження файлів сформуємо тестові дані за допомогою генерації випадкових чисел безпосередньо в системі. Для цього реалізуємо додатковий блок, який заповнюватиме необхідні масиви значеннями за допомогою модуля `random`. Перевіривши роботу системи на згенерованій вибірці критичних помилок виявлено не було.

Наступним кроком проведемо тестування шляхом аналізу граничних даних. При такому підході необхідно вручну сформувати вхідні дані (рисунок 3.13) таким чином, щоб охопити якомога більшу кількість критичних точок: максимальні та мінімальні допустимі значення, нулі, некоректно введені дані, потенційні логічні помилки.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	№ критерію	Назва критерію	значення	min	max	Тип функції: одностороння(1), двостороння(2)	Оптимум (для двосторонньої)	Коефіцієнт важливості	Коефіцієнт кривизни (для двосторонньої)	
1										
2	1	Кошторис проекту, грн	0	0	0	1		0		
3	2	Строк виконання, дні	80	120	80	1		-5		
4	3	Новизна	високий	низький	високий	інше		9		
5	4	Значимість	ідеальний	мінімальний	середній	1		4		
6	5	Об'єктивність	високий	високий	високий	1				
7	6	Рівень кваліфікації виконавців	високий	низький	високий	1		3		
8	7	Ресурси на теоретичну роботу, %	11	10	10	2	16		4	-7
9	8	Залученість учасників освітнього процесу	мінімальний	низький	низький	2	невизначено	3	9	

Рисунок 3.13 – Приклад вхідних даних для тестування шляхом аналізу граничних даних

В результаті тестування на граничних даних, критичних помилок виявлено не було. Всі помилки пов'язані з некоректними даними були оброблені. Неправильна вхідна інформація користувача замінена на підходящу з виведенням відповідного повідомлення користувачу (рисунок 3.14).

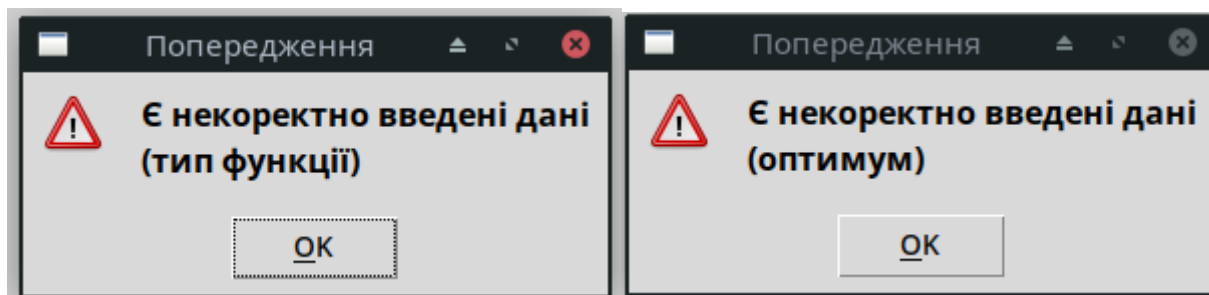
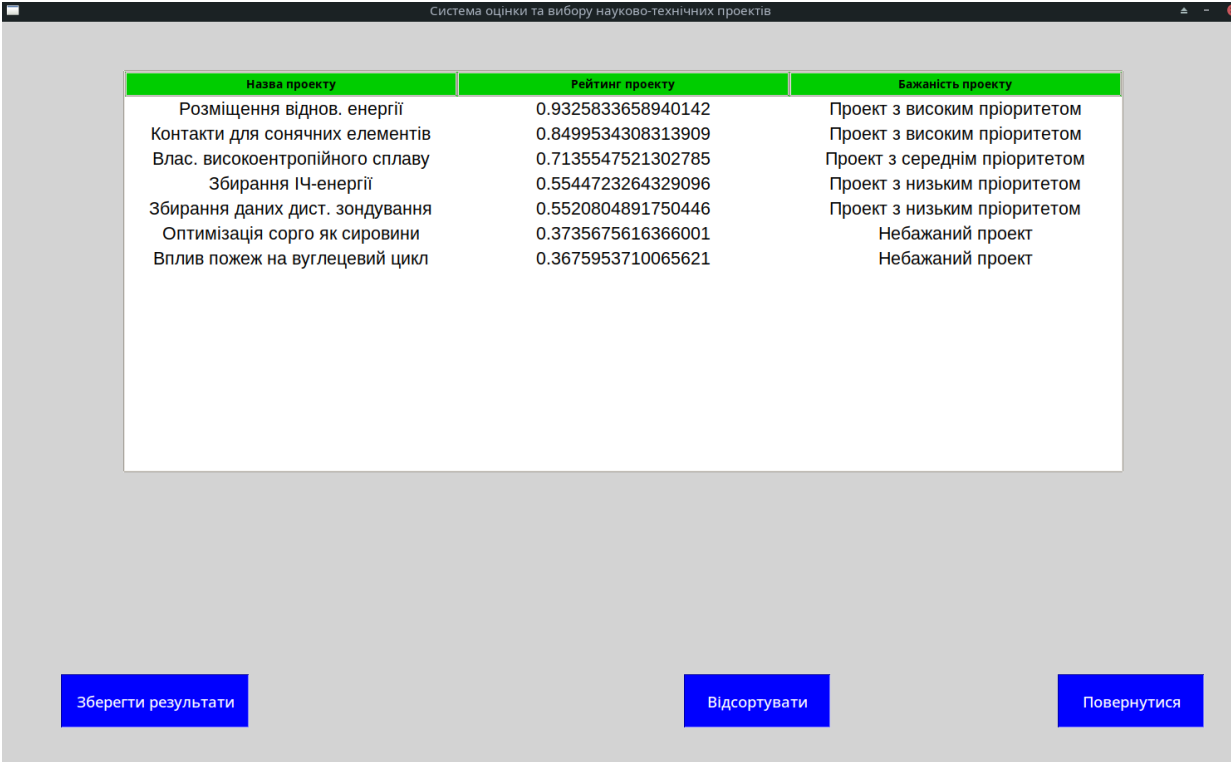


Рисунок 3.14 – Повідомлення про некоректні вхідні дані

По завершенню процесу тестування методом чорної скриньки з випадково згенерованими значеннями та шляхом аналізу граничних даних, можна створити повноцінний тестовий приклад з рядом проектів для їх оцінки, порівняння та вибору. В цьому випадку значення будуть підбиратися не для перевірки коректності роботи системи, а з точки зору логіки потенційної практичної задачі. Всі вхідні дані для даного тестового прикладу наведені в додатку А. Потенційна практична задача, яку може вирішити дана система виглядає наступним чином: на конкурсний відбір для фінансування подані 7 проектів, серед яких необхідно визначити найбільш ефективні з

точки зору майбутньої підтримки та проаналізувати сильні й слабкі сторони кандидатів. Комісія експертів визначає критерії на основі яких буде проводитися оцінювання, а також їх коефіцієнти важливості та межі оптимальних значень. У випадку з двостороннім обмеженням також за необхідністю задається оптимум (у випадку якщо він не вказаний система розраховуватиме його як середину між нижньою та верхньою оптимальними межами). Згідно цих даних формується шаблонний аркуш електронної таблиці та, за необхідності змінюється для окремих випадків (приклад зображений на рисунку 3.13, на даному етапі пустою залишатиметься колонка «значення»). Далі експерти проводять безпосереднє оцінювання всіх проектів за визначеними критеріями і заносять результати у відповідні для кожного кандидату аркуші електронної таблиці.

Далі будуть представлені всі варіанти виводу даних доступні для користувача системи. На рисунку 3.15 представлено виведення бажаності, рейтингу проектів за узагальненою оцінкою.



Назва проекту	Рейтинг проекту	Бажаність проекту
Розміщення віднов. енергії	0.9325833658940142	Проект з високим пріоритетом
Контакти для сонячних елементів	0.8499534308313909	Проект з високим пріоритетом
Влас. високоентропійного сплаву	0.7135547521302785	Проект з середнім пріоритетом
Збирання ІЧ-енергії	0.5544723264329096	Проект з низьким пріоритетом
Збирання даних дист. зондування	0.5520804891750446	Проект з низьким пріоритетом
Оптимізація сорго як сировини	0.3735675616366001	Небажаний проект
Вплив пожеж на вуглецевий цикл	0.3675953710065621	Небажаний проект

Рисунок 3.15 – Рейтинг проектів за узагальненою оцінкою

Рейтинг проектів за критеріями (рисунок 3.17). При виборі проектів для підтримки може виникнути ситуація коли потрібно визначити найкращі варіанти по певному окремому критерію чи набору з кількох (приклад вибору на рисунку 3.16). Наприклад, необхідно профінансувати не лише найкращий проект за узагальненою оцінкою, а також варіант з найкращими показниками новизни, значимості та об'єктивності. В такому випадку користувач самостійно обирає критерії які будуть враховуватися при формуванні оцінки.

Кошторис проекту, грн
 Строк виконання, дні
 Новизна
 Значимість
 Об'єктивність
 Рівень кваліфікації виконавців
 Ресурси на теоретичну роботу, %
 Залученість учасників освітнього процесу

Розрахунок за обраними критеріями

Рисунок 3.16 – Вибір критеріїв для оцінювання

Система оцінки та вибору науково-технічних проектів

Назва проекту	Рейтинг проекту	Бажаність проекту
Збирання ІЧ-енергії	0.37115147731569037	Небажаний проект
Оптимізація сорго як сировини	0.23486565312504962	Небажаний проект
Контакти для сонячних елементів	0.797399856691261	Проект з середнім пріоритетом
Вплив пожеж на вуглецевий цикл	0.23486565312504962	Небажаний проект
Збирання даних дист. зондування	0.398282620594642	Небажаний проект
Розміщення віднов. енергії	0.9241612729779077	Проект з високим пріоритетом
Влас. високоентропійного сплаву	0.629394639258557	Проект з низьким пріоритетом

Зберегти результати Відсортувати Повернутися

Рисунок 3.17 – Рейтинг проектів за критеріями

Далі оцінка окремого проекту (рисунок 3.19), де користувач може дізнатися рейтинг певного обраного варіанту (приклад вибору на рисунку 3.18) та його бажаність за кожним критерієм та проаналізувати за рахунок який показників проект отримав відповідну оцінку. За допомогою такого варіанту виведення результатів можна проаналізувати вплив критеріїв на узагальнений показник бажаності проекту. В даному прикладі «Розміщування відновлювальної енергії» отримав досить високий результат. Це сталося, в першу чергу, за рахунок високих оцінок по критеріям «рівень кваліфікації виконавців» та «залученість учасників освітнього процесу». Якщо обирати що необхідно підтягнути, то це «значимість» та «строк виконання», які мають найгіршу часткову бажаність серед усіх критеріїв.

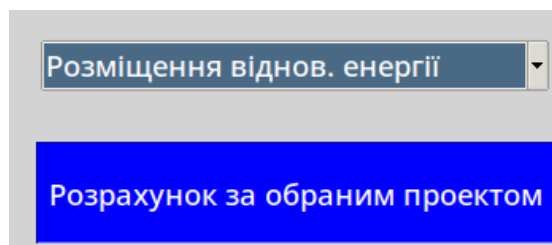


Рисунок 3.18 – Вибір проекту для отримання даних по всім критеріям

Система оцінки та вибору науково-технічних проектів

Оцінка окремого проекту
Проект "Розміщення віднов. енергії"

Назва критерію	Рейтинг по критерію
Кошторис проекту, грн	0.9644928770802869
Строк виконання, дні	0.8000107130043536
Новизна	0.9932847020678415
Значимість	0.8000107130043536
Об'єктивність	0.9932847020678415
Рівень кваліфікації виконавців	0.9999938558065223
Ресурси на теоретичну роботу, %	0.9996356349102079
Залученість учасників освітнього процесу	1

Загальний рейтинг проекту: 0.9325833658940142

Зберегти результати

Повернутися

Рисунок 3.19 – Оцінка окремого проекту

Наступні варіанти будуть присвячені побудові діаграм для кращого візуального сприйняття інформації. Перша з них у вигляді стовпчикової для порівняння узагальнених оцінок проектів.

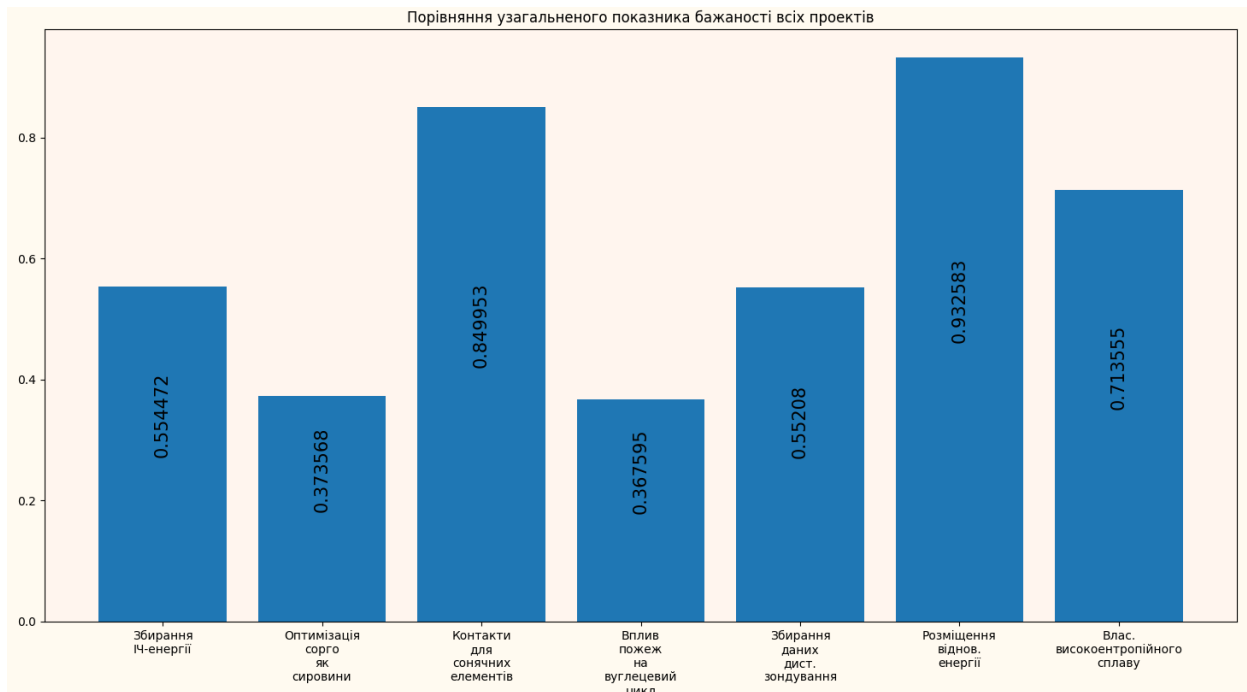


Рисунок 3.20 – Порівняння узагальненого показника бажаності всіх проектів;

Як легко можна побачити на рисунку 3.20, проект «Розміщення відновлюваної енергії» отримав найкращу узагальнену оцінку, а «Збирання даних дистанційним зондуванням» – найменшу.

Останній варіант – діаграма впливу критеріїв на оцінку окремого проекту. За допомогою неї можна легко побачити які критерії приносять найбільшу бажаність, які – найменшу та зробити відповідні висновки врахувавши вплив коефіцієнтів важливості.

Вибір проекту для побудови діаграми користувач робить аналогічно до випадку з виводом оцінок по окремому критерію (рисунок 3.18).



Рисунок 3.21 – Діаграма впливу критеріїв на оцінку окремого проекту

На рисунку 3.21 зображено як різні критерії впливають на загальний показник проекту. З даної діаграми можна зробити висновок, що варіант «Розміщення відновлюваної енергії» отримав таку високу оцінку, в першу чергу, за рахунок високого рівня об'єктивності майбутнього дослідження та грамотного розподілу ресурсів на теоретична та практичну частини роботи, його значущості, рівню кваліфікації виконавців та кошторису. Також можна робити висновок, що новизна даного проекту не вразила експертів, також великий строк виконання не дозволяє отримати ще більшу узагальнену оцінку.

Як результат, в даному тестовому прикладі комісія експертів провела оцінювання по визначеним критеріям та, за допомогою системи, отримала узагальнені оцінки по всіх проектах, а також ряд іншої, потенційно важливої, інформації. Експерти визначили найбільш бажаний для підтримки проект – «Розміщення відновлюваної енергії», розібрали які кандидати за певними

критеріями отримали найкращі результати та який вплив на загальну оцінку проектів мають різні критерії.

3.6 Висновки до третього розділу

Третій розділ даної кваліфікаційної роботи присвячений проектуванню та розробці системи оцінки та вибору науково-технічних проектів. Була розроблена архітектура та побудовані ряд діаграм, таких як IDEF0, її декомпозиція, діаграми компонентів, прецедентів. Також створена блок-схема, що відображає роботу системи, на основі якої програмно реалізовувалися функції.

Наступним етапом стала програмна реалізація основних функцій, а саме: завантаження і обробка вхідних даних, розрахунок бажаностей критеріїв з одностороннім та двостороннім обмеженнями, обчислення узагальненого показника бажаності проекту. Для зручності роботи з системою реалізовано інтерфейс користувача.

По завершенню процесу розробки було проведено тестування методом чорної скриньки на випадкових та граничних значеннях, під час якого критичних помилок виявлено не було. Останнім етапом стала перевірка роботи системи на повноцінному тестовому прикладі який імітує реальну практичну задачу. Отже у ході роботи над третім розділом була розроблена система оцінки та вибору науково-технічних проектів.

ВИСНОВКИ

У першому розділі даної кваліфікаційної роботи була проаналізована предметна область, а саме наукові і науково-технічні проекти та їх оцінка й вибір. Продемонстроване практичне значення на прикладі конкурсу молодих вчених від МОН. Були розглянуті методи багатокритеріальної оцінки та вибору, а також описані наявні технічні засоби для вирішення подібної задачі. В результаті аналізу, найкращим методом оцінки наукових та науково-технічних проектів була обрана узагальнена функція бажаності Харрінгтона. Однією з основних причин такого вибору стало те, що на відміну від інших розглянутих методів, за допомогою даної функції існує можливість визначення глобальної оцінки для кожного об'єкта незалежно від значень критеріїв представлених альтернатив у частковому випадку. Обґрунтована актуальність роботи у зв'язку з відсутністю технічних засобів, які б дозволили проводити ефективну оцінку та вибір науково-технічних проектів обраним методом. Також була сформульована постановка задачі, висунуті функціональні та нефункціональні вимоги до системи, описаний орієнтовний формат вихідної інформації.

У другому розділі була представлена математична модель оцінки та вибору науково-технічних проектів. Детальніше описаний теоретичний матеріал про узагальнену функцію бажаності Харрінгтона. Розглянуті випадки з односторонніми (зростаючими та спадаючими) і двосторонніми обмеженнями. Описаний процес розрахунку узагальненого показника бажаності. Представлені способи покращення методу, такі як реалізація несиметричного двостороннього обмеження та можливість використання коефіцієнтів важливості для критеріїв при розрахунку загального показника бажаності. Також виділений перелік основних критеріїв які можуть застосовуватися у процесі оцінки та вибору наукових і науково-технічних

проектів та будуть використані для тестування системи й демонстрації її роботи.

Третій розділ присвячений проектуванню та розробці системи оцінки та вибору науково-технічних проектів. Була розроблена архітектура та побудовані ряд діаграм, таких як IDEF0, її декомпозиція, діаграми компонентів, прецедентів, а також блок-схема, що відображає роботу системи. Наступним етапом стала програмна реалізація основних функцій, а саме: завантаження і обробка вхідних даних, розрахунок бажаностей критеріїв з одностороннім та двостороннім обмеженнями, обчислення узагальненого показника бажаності проекту. Для зручності роботи з системою реалізовано інтерфейс користувача. По завершенню процесу розробки було проведене тестування методом чорної скриньки на випадкових та граничних значеннях, під час якого критичних помилок виявлено не було. Останнім етапом стала перевірка роботи системи на повноцінному тестовому прикладі який імітує реальну практичну задачу. Отже у ході виконання даної кваліфікаційної роботи була розроблена система оцінки та вибору науково-технічних проектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] – ПРОЕКТ ЗАКОНУ УКРАЇНИ. Про внесення змін до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність».
<https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/5863>
- [2] – Самохвалов Ю. Я., Бурба О. І. Оцінка ефективності наукових та науково-технічних проектів на основі узагальненої функції Харрінгтона. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Том 4 №50 (2018).
- [3] – Сайт Міністерства освіти та науки, розділ з науковими проектами.
<https://mon.gov.ua/ua/nauka/yevrointegraciya/dvostoronni-naukovi-konkursi/rezultati-konkursiv>
- [4] – Сайт Міністерства освіти та науки України, стаття «Затверджено 54 проекти робіт молодих вчених на 2021 рік».
<https://mon.gov.ua/ua/news/zatverdzheno-54-proyekti-robit-molodih-vchenih-na-2021-rik>
- [5] – Сайт Міністерства освіти та науки України, стаття «Наступного року МОН профінансує майже 200 проектів молодих вчених на 100 млн грн — за 4 роки бюджет конкурсу збільшили в 8 разів».
<https://mon.gov.ua/ua/news/nastupnogo-roku-mon-profinansuye-majzhe-200-proyektiv-molodih-vchenih-na-100-mln-grn-za-4-roki-byudzheth-konkursu-zbilshili-v-8-raziv>
- [6] – Онлайн-ресурс «Підручники для студентів онлайн». Методи багатокритеріальної оцінки.
https://stud.com.ua/31899/menedzhment/metodi_bagatokriterialnoyi_otsinki
- [7] – Файловий архів студентів StudFiles. Метод ідеальної точки.
<https://studfile.net/preview/2266953/>
- [8] – Srinivasan V., Shocker A. D. Linear programming techniques for multidimensional analysis of preference // Psychometrica, 38. — 1973. с. 337-342.

- [9] – Harrington Edwin C., Jr. The Desirability Function. *Industrial Quality Control*. – April 1965. с. 494 – 498.
- [10] – Нечипорук О. В. Методика рейтингової оцінки інвестиційної привабливості промислових підприємств. Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст (75)». с. 275-284.
- [11] – Шутяк Ю. В. Використання функції бажаності для оцінки економічної безпеки підприємства. Наукові студії. Випуск 7. с. 147-154.
- [12] – Онлайн-ресурс «Навчальні матеріали онлайн». Метод аналізу ієрархій як інструмент для прийняття рішень при стратегічному плануванні.
https://pidru4niki.com/15660721/menedzhment/metod_analizu_iyerarhiy_instrument_dlya_priynyattya_rishen_pri_strategichnomu_planuvanni
- [13] – Castillo E. D. Modified Desirability Functions for Multiple Response Optimization. *Journal of Quality Technology*. 1996, Vol.28, No.3. с. 337-345.
- [14] – Результати конкурсів. Міністерство освіти і науки України.
<https://mon.gov.ua/ua/nauka/yevrointegraciya/dvostoronni-naukovi-konkursi/rezultati-konkursiv>

ДОДАТКИ

Додаток А

Вхідні дані для тестового прикладу

Назва критерію	Нижня оптимальна межа	Верхня оптимальна межа	Тип функції	Оптимум (для двостороннього обмеження)	Коефіцієнт важливості
Кошторис проекту, грн	200000	50000	1		1
Строк виконання, дні	200	80	1		1
Новизна	мінімальний	ідеальний	1		2
Значимість	мінімальний	ідеальний	1		2
Об'єктивність	низький	ідеальний	1		2
Рівень кваліфікації виконавців	мінімальний	високий	1		1
Ресурси на теоретичну роботу, %	10	30	2	16	1
Залученість учасників освіт. процесу	незадовільний	низький	2	мінімальний	0.5

Значення критеріїв по проектах

Критерій	Збирання ІЧ-енергії	Оптимізація сорго як сировини	Контакт для сонячних елементів	Вплив пожеж на вуглецевий цикл	Збирання даних дист. зондування	Розміщення віднов. енергії	Влас. високоентропійного сплаву
Коштори с проекту	123000	150000	100000	120000	90000	86000	110000
Строк виконання	90	150	80	120	110	140	120
Новизна	низький	низький	високий	низький	середній	ідеальний	високий
Значимість	високий	високий	ідеальний	високий	високий	високий	середній
Об'єктивність	високий	середній	високий	середній	середній	ідеальний	високий
Рівень кваліф. виконав.	високий	високий	високий	середній	високий	ідеальний	високий
Ресурси на теорію	20	20	25	10	13	17	11
Залучен. учасників освітнього процесу	мінімальний	низький	мінімальний	низький	незадовільний	мінімальний	мінімальний