

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «Система підтримки прийняття рішень для оптимізації  
портфеля соціальних проектів розвитку громад»

Виконав: студент групи Іт-61

Спеціальності 126 «Інформаційні системи та  
технології»

(шифр і назва)

Вовк Юрій Васильович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Татомир А.В.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Тимочко В.О.

(Прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ-2024**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Другий (магістерський) рівень вищої освіти  
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

д.т.н., проф. А.М. Тригуба

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Вовку Юрію Васильовичу

1. Тема роботи: «Система підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад»

Керівник роботи Татомир Андрій Володимирович, доцент  
затверджені наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані для оптимізації портфелів соціальних проектів розвитку громад; методи оптимізації розподілу ресурсів; програмні бібліотеки Python.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) \_\_\_\_\_

Вступ.

1. Аналіз сучасних підходів та інформаційних систем для управління портфелями проектів і завдання кваліфікаційної роботи.

2. Вибір засобів та аналіз методів для створення системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.

3. Обґрунтування раціонального методу оцінки пріоритетів соціальних проектів на основі створення програмного забезпечення.

4. Результати створення системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових слайдів): аналіз сучасних підходів та інформаційних систем для управління портфелями проектів і завдання кваліфікаційної роботи; вибір засобів та аналіз методів для створення системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад; обґрунтування раціонального методу оцінки пріоритетів соціальних проектів на основі створення програмного забезпечення; результати створення системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад; економічна ефективність.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	<i>Татомир А.В. доцент кафедри інформаційних технологій</i>		
5	<i>Тимочко В.О., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання

12 вересня 2024 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>12.09-20.09.24</i>	
2	<i>Виконання другого розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>21.09-14.10.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>15.10-10.11.24</i>	
4.	<i>Написання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>11.11-20.11.24</i>	
5.	<i>Оцінення ефективності запропонованої системи</i>	<i>21.11-30.30.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів ілюстраційного матеріалу</i>	<i>01-04.12.24</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>05-10.12.24</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Вовк Ю.В.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Татомир А.В.  
(підпис)

УДК 004.94:352.354

Система підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.

Вовк Ю.В. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, ЛНУП, 2024.

Кваліфікаційна робота: 79 с. текст. част., 15 рис., 6 табл., 15 арк. ілюстраційного матеріалу, 30 джерел.

Проведено аналіз сучасних підходів до управління портфелями проектів. Обґрунтовано доцільність використання інформаційних систем та технології для управління портфелями проектів. Виконано аналіз існуючого програмного забезпечення для управління проектами. Подана архітектура програмного забезпечення для оптимізації портфелів проектів. Сформульовано завдання кваліфікаційної роботи. Обґрунтована концептуальна модель системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад. Здійснено вибір засобів та методів для системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад. Описано методи аналізу ієрархій (АНР), TOPSIS та генетичний алгоритм (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів. Здійснено підготовку даних про соціальні проекти. Створено функції на основі АНР, TOPSIS, АНР + LP та генетичного алгоритму для оцінки пріоритетних соціальних проектів. Подано результати вибору кращого методу для оцінки пріоритетів соціальних проектів. Розроблено вікно користувача системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад. Розроблено функціональні модулі системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад . Подано результати розрахунку економічної ефективності. Розроблено заходи щодо покращення умов праці під час створення системи підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, програмні модулі, оптимізація, портфель проектів, розвиток громад.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЯМИ ПРОЕКТІВ І ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	8
1.1. Аналіз сучасних підходів до управління портфелями проектів.....	8
1.2. Доцільність використання інформаційних систем та технології для управління портфелями проектів .....	10
1.3. Аналіз існуючого програмного забезпечення для управління проектами	13
1.4. Архітектура програмного забезпечення для оптимізації портфелів проектів .....	22
1.5. Завдання кваліфікаційної роботи .....	25
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЗАСОБІВ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОРТФЕЛЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ ГРОМАД.....	27
2.1. Концептуальна модель системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад .....	27
2.2. Вибір засобів для створення системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад .....	29
2.3. Вибір методів для системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.....	32
2.3.1. Метод аналізу ієрархій (АНР).....	33
2.3.2. Метод TOPSIS .....	35
2.4. Генетичний алгоритм (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів .....	37
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ПРІОРИТЕТІВ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ НА ОСНОВІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	41
3.1. Підготовка даних про соціальні проекти.....	41

3.2. Створення функції АНР для оцінки пріоритетних соціальних проектів .	43
3.3. Створення функції TOPSIS для оцінки пріоритетних соціальних проектів	45
3.4. Створення функції АНР + LP для оптимізації розподілу ресурсів.....	46
3.5. Створення функції генетичного алгоритму для оптимізації розподілу ресурсів.....	48
3.6. Результати вибору кращого методу для оцінки пріоритетів соціальних проектів .....	50

#### РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОРТФЕЛЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ ГРОМАД..... 53

4.1. Розробка вікна користувача системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад .....	53
4.2. Розробка функціональних модулів системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад .....	56
4.3. Результати розрахунку економічної ефективності від використання системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.....	59

#### РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....

5.1. Аналіз шкідливих чинників під час розробки системи підтримки прийняття рішень .....	62
5.2. Розробка заходів щодо покращення умов праці під час створення системи підтримки прийняття рішень .....	64
5.3. Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час роботи за комп'ютером.....	66
5.4. Розробка заходів щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	69

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ..... 71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 76

## ВСТУП

Сучасне суспільство переживає період інтенсивного розвитку, в якому важливо забезпечити сталість та підвищення якості життя громад. Розвиток громади включає в себе різноманітні сфери діяльності, включаючи інфраструктурні проекти, освітні та культурні ініціативи, охорону здоров'я, соціальну підтримку і багато інших аспектів [1; 6]. Цей процес вимагає залучення ресурсів і управління проектами розвитку громади для досягнення максимального соціального, економічного і культурного впливу.

Інформаційні системи в сучасному світі стали ключовим інструментом для ефективного управління та прийняття рішень в різних сферах. У контексті розвитку громад, проектування та впровадження інформаційних систем стає надзвичайно важливим завданням, яке може сприяти оптимізації процесів планування та реалізації проектів, а також забезпечити взаємодію між учасниками розвитку громади, забезпечуючи більшу прозорість та координацію [28].

Розробка системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфелів соціальних проектів розвитку громад є актуальною і доцільною завданням із множини причин. За допомогою системи підтримки прийняття рішень можливо здійснювати аналіз та вибір оптимальних проектів для реалізації, що дозволяє оптимізувати використання обмежених ресурсів, таких як фінанси, час та людські ресурси [22]. Система підтримки прийняття рішень допомагає ідентифікувати проекти, які мають найбільший потенціал для покращення добробуту у громаді, і сприяє їх успішній реалізації, що веде до більшого соціального, економічного і культурного впливу. Вона створює сприятливі умови для залучення різних зацікавлених сторін, включаючи владу, громадські організації та мешканців, у процес планування та моніторингу розвитку громади. Система підтримки прийняття рішень сприяє підвищенню прозорості та відкритості в управлінні проектами розвитку громади, що сприяє більшій довірі та співпраці між всіма учасниками.

# РОЗДІЛ 1.

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЯМИ ПРОЕКТІВ І ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

### 1.1. Аналіз сучасних підходів до управління портфелями проектів

Сьогодні широко використовується загальновідомий стандарт PMI [27], який регламентує процеси управління портфелями проектів, що слід виконувати за погодженням вищого керівництва організацій. Життєвий цикл окремих портфельів базується на процесах постійного аналізу та обґрунтуванні змін до стратегії. Усі зазначені процеси управління портфелями проектів поділяють на дві групи, до яких належать процеси вирівнювання (aligning) та процеси моніторингу і управління (monitoring and control) (рис. 1.1).

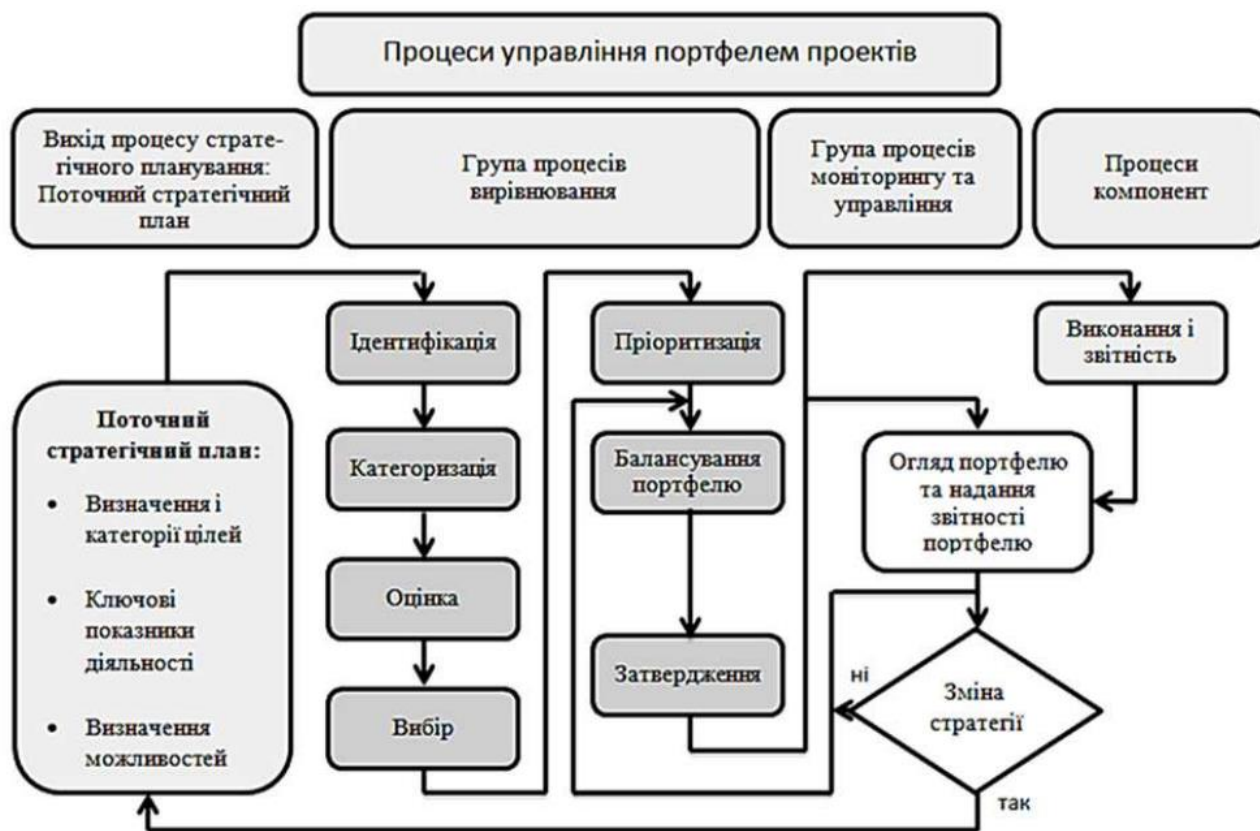


Рисунок 1.1 – Взаємозв’язки між процесами управління портфелями проектів відповідно до стандарту PMI [27]



У стандарті PMI процеси управління портфелями проєктів є універсальними і вони не залежать від предметної галузі, де реалізуються окремі портфелі. Це унеможливує якомога повне відображення особливостей портфелів гібридних проєктів автотранспортних підприємств та їх мінливого проєктного середовища. Окрім того, цим стандартом не передбачені процеси інтегрування портфелів у операційну діяльність, оскільки для їх реалізації використовуються спільні ресурси. Також у ньому не виділяють процеси управління цінністю, що є досить вагомими для ефективної реалізації портфелів гібридних проєктів автотранспортних підприємств.

У роботі [23] автори окреслюють основні задачі управління портфелями проєктів і виділяють процеси, яких вони стосуються. При цьому зазначають, що актуальними у різних прикладних галузях є задачі визначення ефективності проєктів у портфелях, формування ефективних портфелів проєктів, узгодження ресурсів відносно окремих проєктів, а також оперативного прийняття управлінських рішень щодо портфелів проєктів. З-поміж них науковцями виділено процеси формування ефективних портфелів проєктів і для них виконано класифікацію механізмів та методів, як інструментарію для створення управлінських моделей (рис. 1.2).

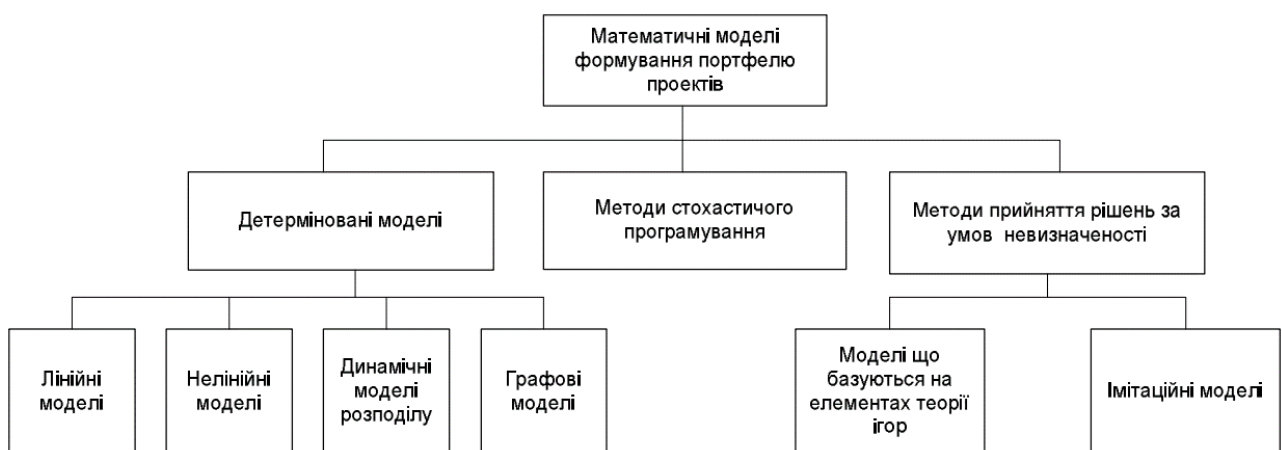


Рисунок 1.2 – Механізми та методи для створення моделей формування ефективних портфелів проєктів [23]

При цьому автори роботи [26] доводять, що використовувані механізми та методи для створення моделей формування ефективних портфелів проєктів є неефективними, оскільки не враховують формальні та неформальні критерії оцінювання конфігурації портфелів проєктів. Зокрема, стосовно портфелів гібридних проєктів автотранспортних підприємств варто оцінювати можливі варіанти конфігурації портфелів за критеріями цінності та ризику, які є узагальнюючими та задовольняють вимоги стейкхолдерів.

## **1.2. Доцільність використання інформаційних систем та технологій для управління портфелями проєктів**

Управління портфелями проєктів – складна, комплексна дисципліна, що вимагає певного рівня організаційної зрілості, а також відповідної автоматизованої підтримки. PPM стає настійною необхідністю для великих організацій, де ведеться багато проєктів, і можливість їх консолідованого планування і виконання для досягнення максимальної віддачі від інвестицій стає одним з найважливіших чинників ефективності бізнесу.

Управління портфелями може бути конкурентною перевагою компаній, для яких критичними є терміни випуску нової продукції на ринок і забезпечення якості за належного контролю витрат. Для держструктур важливий високий рівень фінансової ефективності проєктів, що реалізуються, який дає змогу забезпечити PPM. Свідченням затребуваності управління портфелями є жорстка конкурентна ситуація на ринку програмних PPM – систем згідно з дослідженням аналітиків Gartner і Forrester. За їхніми даними, швидке зростання цього ринку відзначається приблизно з середини 2016 р.

Окрім випуску нових версій продуктів і аносування великих угод зі злиття і придбання, у сфері автоматизації PPM почали з'являтися пропозиції моделі «програма як послуга» (Software-as-a-Service, SaaS), що говорить про

виникнення необхідності в таких рішеннях не лише у великих, але і у середніх і малих підприємств.

Програмне забезпечення як послуга (SaaS) дозволяє користувачам підключатися до хмарних програм і використовувати їх через Інтернет. Типовими прикладами є електронна пошта, календарі та офісні інструменти (наприклад, Microsoft Office 365). SaaS надає повне програмне рішення, яке ви купуєте на основі оплати за використання у постачальника хмарних послуг (рис. 1.3).

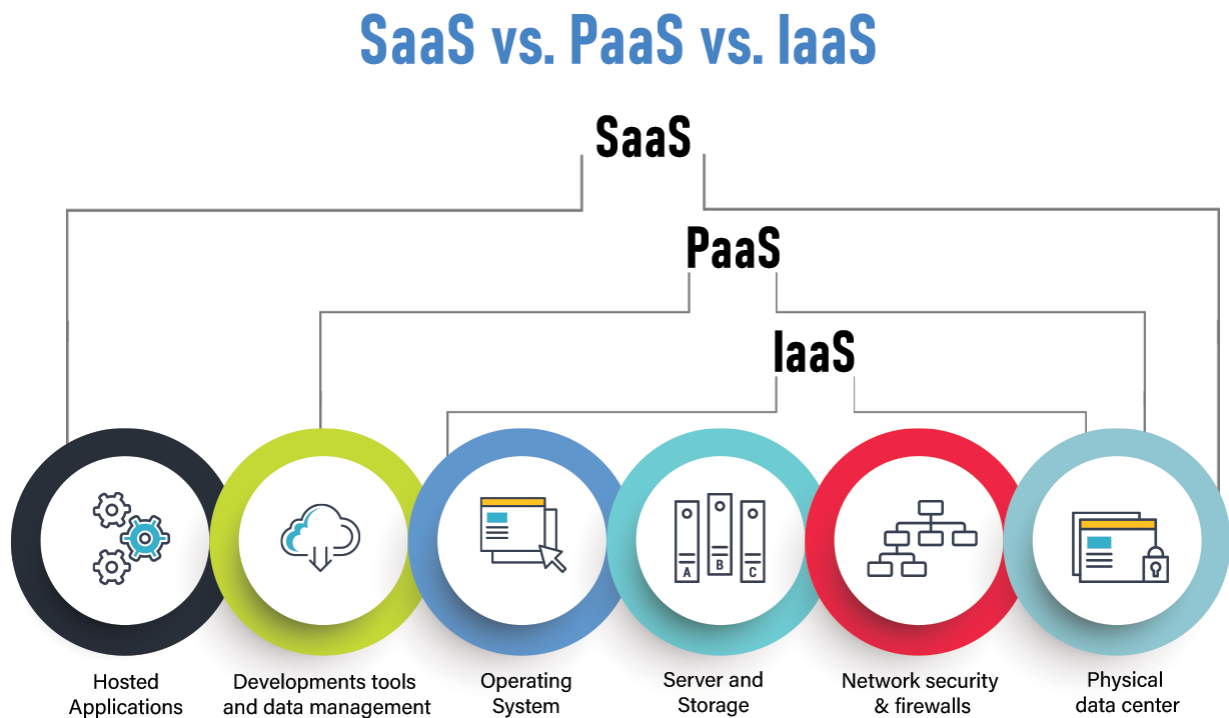


Рисунок 1.3 – Механізми та методи для створення моделей формування ефективних портфелів проєктів [22]

Сучасні системи PPM, природно, походять із автоматизованої підтримки дисципліни управління проєктами. Перші такі програми з'явилися в 70-х роках на мейнфреймах, незабаром услід за ними виникли і рішення для настільних систем, що фактично привело до демократизації проєктного менеджменту. Новий інструментарій став дуже популярним і сприяв поширенню самої дисципліни управління проєктами. Як це часто є на IT-ринках, що стрімко розвиваються, перші серйозні пропозиції в області PPM зробили нішові

компанії, проте потім нова функціональність 123 зацікавила більших гравців і почався процес придбань. Інтерес до PPM виявили як провідні представники ринку рішень для управління проектами, так і виробники комплексних систем ІТ управління.

Найпомітніші рішення на перших етапах розвитку ринку PPM, як вважають аналітики Forrester, розробили компанії Niku, Pacific Edge і Mercury Interactive. Сьогодні система Niku Clarity стала частиною портфеля продуктів SA, а Pacific Edge купила компанія Serena, розробником засобів управління життєвим циклом застосувань.

Компанія Mercury, свого часу лідер у сфері тестування програмного забезпечення, вийшла на ринок PPM завдяки купівлі Kintana, а з кінця 2006 року сама стала частиною HP. Відомий виробник інструментарію для управління проектами, компанія Primavera Systems, також у кінці 2006 придбала компанію ProSight, щоб посилити свої пропозиції в області PPM.

На думку аналітиків Forrester, сьогодні консолідація на ринку PPM загалом завершена, і тепер його представники зосередять свою увагу на розширенні й вдосконаленні функціональності своїх продуктів. Системи управління портфелем проектів забезпечують підтримання основних процесів циклу життя PPM і надають засоби для оцінювання проектів, вимірювання і відстежування витрат, планування ресурсів, звітності з виконання портфеля, а також для управління окремими проектами і підтримання методологій управління проектами і портфелями. Важливою відмінністю систем PPM від рішень з управління проектами є можливість інтегрального представлення і аналізу даних за окремими проектами. Є і цілий ряд перспективних сфер, де системи PPM ще вимагають розвитку. Так, у Forrester відзначають недостатні аналітичні можливості сучасних рішень.

У системах PPM агрегуються показники ефективності виконання проектів у портфелі, і на базі таких консолідованих метрик можна створити системи, що повідомлятимуть про досягнення певних граничних значень, наприклад, витрат бюджету або конфліктів з ресурсів, які можуть спричинити

негативний вплив на проект. Динамічний аналіз за принципом «що – якщо» також здатний дати корисну інформацію для роботи з портфелем. Поліпшення вимагають і можливості перерозподілу кадрових ресурсів між проектами. На думку аналітиків, інструментів ідентифікації аномальних ситуацій тут вже недостатньо, потрібні засоби для створення і аналізу різних сценаріїв призначення фахівців на проекти.

У Gartner вважають, що в системах PPM необхідно реалізувати структурованіший підхід до управління ризиками, а також відзначають важливість ефективного підтримання комунікацій у процесі управління портфелем. Середовище управління портфелем потребує постійної комунікації між усіма зацікавленими сторонами – система повинна підтримувати не лише формальні процедури роботи з певними документами або спільного відстеження проблем, але і онлайн-дискусії між різними учасниками управління портфелем, забезпечуючи необхідний контроль доступу до даних з проектів і портфелів.

### **1.3. Аналіз існуючого програмного забезпечення для управління проектами**

#### **Project planner reader** *(Безкоштовна програма)*

Project Planner Reader – простий у використанні безкоштовний додаток, який дозволяє відкривати та переглядати файли, створені за допомогою Smartworks Project Planner (формат PPR) або Microsoft Project (формат MPP). Project Planner Reader не має жодних інструментів редагування, але має безліч налаштованих параметрів перегляду та друку інформації.

Task ID	Task Name	Links	Start	Finish	Duration	Status	Precede	Owner	Resources	Actual C
1	Contracts		01/06/08	01/06/08	1.0 d	New Task				0.000
9	Document Review & Revi...		02/06/08	04/07/08	33.0 d	New Task				0.000
17	Bids & Contracts		07/07/08	07/08/08	32.0 d	New Task				0.000
26	Grading & Building Permits		07/07/08	29/07/08	23.0 d	New Task				0.000
42	Site Work		23/07/08	31/07/08	9.0 d	New Task				0.000
48	Foundation		01/08/08	03/09/08	34.0 d	New Task				0.000
49	Layout footings		01/08/08	01/08/08	1.0 d	New Task	47 FS		concretesub	0.000
50	Dig Footings & Install ...		04/08/08	04/08/08	1.0 d	New Task	49 FS		concretesub	0.000
51	Footing Inspection		04/08/08	04/08/08	0.0 c	New Task			buildinginsp	0.000
52	Pour footings		05/08/08	05/08/08	1.0 d	New Task	51 FS		concretesub	0.000
53	Pin Footings		06/08/08	06/08/08	1.0 d	New Task	52 FS		civilenginee	0.000
54	Stock Block, Mortar, S...		07/08/08	07/08/08	1.0 d	New Task	53 FS		blockmasor	0.000
55	Build Block Foundation		08/08/08	28/08/08	15.0 d	New Task	53 FS, 54		blockmasor	0.000
56	Foundation Certification		28/08/08	28/08/08	0.0 c	New Task			civilenginee	0.000
57	Draw #1 (Location Sur...		28/08/08	28/08/08	0.0 c	New Task	56 FS		tender30	0.000
58	Fill Block Cores w/ Co...		29/08/08	29/08/08	1.0 d	New Task	55 FS		blockmasor	0.000
59	Steel Delivery		01/09/08	01/09/08	1.0 d	New Task	58 FS		steelsupplie	0.000
60	Set Lintels, Bolts, Cap ...		02/09/08	03/09/08	2.0 d	New Task	59 FS		blockmasor	0.000
61	Lumber Delivery		01/09/08	01/09/08	1.0 d	New Task	58 FS		blockmasor	0.000

Рисунок 1.4 – Вікно додатку Project Planner Reader

Серед основних функціональних можливостей та особливостей Project Planner Reader відзначимо (неповний список):

- ✓ Перегляд завдань проекту, такі як: ідентифікатори завдань, імена, посилання, дата початку та закінчення, тривалість, статус, власник, ресурси та фактична вартість.
- ✓ Відображення додаткових даних про завдання, наприклад залежність, інформацію про зміну стану або примітки до завдання.
- ✓ Можливість перегляду ресурсів (імена користувачів та ідентифікатори, групи, типи, статус, підрозділи, адреси електронної пошти) та їх сортування за будь-якою групою.
- ✓ Можливість фільтрації задач за різними критеріями: незавершені завдання ресурсів, критичні, документовані, відстаючі чи етапні завдання.
- ✓ Текстовий пошук як за планом проекту загалом, і за ресурсами.
- ✓ Перегляд діаграм Ганта в MPP-проектах з можливістю включення/вимкнення ліній сітки, переходу до певної дати, виведення списку завдань, створених/змінених протягом останнього тижня, двох тижнів чи місяця.
- ✓ Складання звітів на місці для зведення проекту, критичних/непочатих/відстаючих/поточних/завершених завдань, а також звітів

із ресурсів. Передбачена можливість створення звітів за тимчасовим діапазоном, вибраним у календарі.

✓ Виведення графіків для оцінки проекту, витрат, використання ресурсів, загальної інформації та аналізу PERT. Можна налаштувати параметри оцінки, такі як встановлення запланованого, фактичного, оптимістичного, песимістичного, реалістичного або розрахункового режиму графіка PERT, побудова графіка в залежності від кількості завдань чи годин або з урахуванням свят.

✓ Дані проекту, які показують загальну кількість завдань порівняно зі статусом завдання, власниками або часом виконання, або користувачами порівняно з часом завершення, можуть відображатися у вигляді кругової, гістограми, лінійної або покрокової діаграми (у двомірному або тривимірному режимі).

✓ Документи можна переглядати та роздруковувати з інформацією, отриманою у будь-якому режимі перегляду. Якщо на комп'ютері встановлено віртуальний принтер PDF, можна буде зберігати проекти у вигляді PDF-документів. Коли справа доходить до друку діаграм Ганта, відповідний інструмент дає можливість вибрати діапазон дат, налаштувати роздільну здатність, вибрати елементи для друку, виключивши інші (ідентифікатор завдання, ім'я, статус або власник), а також увімкнути або виключити зведені завдання.

Програма Project Planner Reader може функціонувати серед будь-яких ОС Windows, починаючи з XP.

### ***Rationalplan viewer (Безкоштовна програма)***

RationalPlan Viewer – універсальна програма, що дозволяє відкривати не тільки файли Microsoft Project, а й інших менеджерів проектів. Якщо коротко, програма забезпечує можливість перегляду еволюції проектів у найдрібніших деталях та їх експорту до інших форматів.

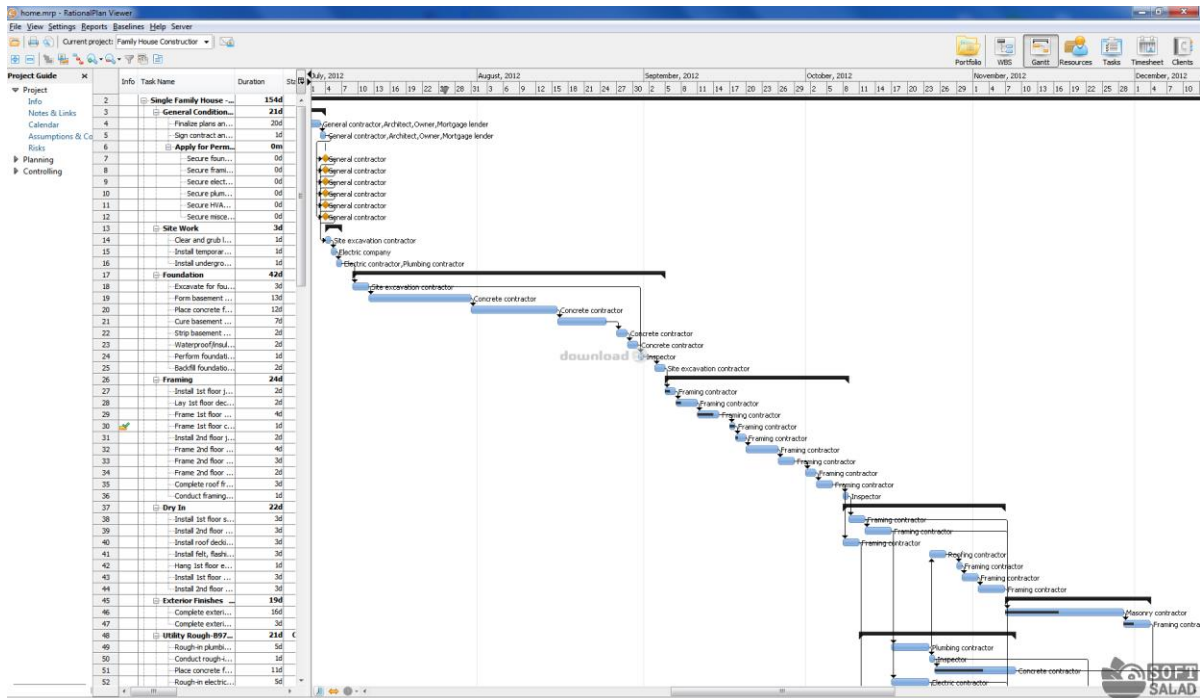


Рисунок 1.5 – Вікно програми RationalPlan Viewer

Серед основних можливостей RationalPlan Viewer виділимо:

- ✓ Найявність ряду зручних функцій для аналізу та перевірки еволюції проектів без внесення будь-яких додаткових змін.
- ✓ Створення діаграм Ганта та спеціалізованих діаграм, що дозволяє планувати проекти з самого початку, розподіляти необхідні ресурси, створювати бюджетні плани та встановлювати час його початку та закінчення.
- ✓ Перегляд графіків, ресурсів, завдань та бюджетних планів, що дозволяє користувачеві переглянути загальні витрати, заплановані завдання та необхідні матеріали.
- ✓ Відображення детальної інформації, необхідної для перегляду проектів та діаграм.
- ✓ Кожен проект розбивається в RationalPlan Viewer на 5 основних категорій: «Інформація», «Примітки та посилання», «Календар», «Допущення та обмеження» та «Ризики». Таким чином, користувач може переглядати назву проекту, виділений бюджет, передбачувану дату початку проекту, особисті нотатки, заплановані події, робочий час та ризики, які можуть виникнути під час виконання проекту.



✓ Можливість аналізувати призначені ресурси для кожного працівника, загальні витрати на кожну задачу, виділені матеріали та необхідне обладнання.

✓ Відображення робочих годин на день, тиждень або місяць, робочих одиниць, валюти та дат.

✓ Можливість зміни кольору для кожного завдання, налаштування параметрів сервера електронної пошти та додавання облікових записів хмарних сховищ, включаючи Dropbox, Google Drive або SkyDrive.

Програма RationalPlan Viewer призначена для встановлення на комп'ютери під керуванням Windows 2000 та вище.

### Seavus project viewer (Платна програма)

Seavus Project Viewer – професійна програма для ведення проектів, яка є аналогом менеджера Microsoft Project. Вона платна, але в неї передбачено пробний період використання у 30 днів. Відмінною особливістю Seavus Project Viewer є підтримка 6 типів файлів, які використовуються як контейнер для проектів: MPP, SSV, MDB, MPD, XML та MPX.

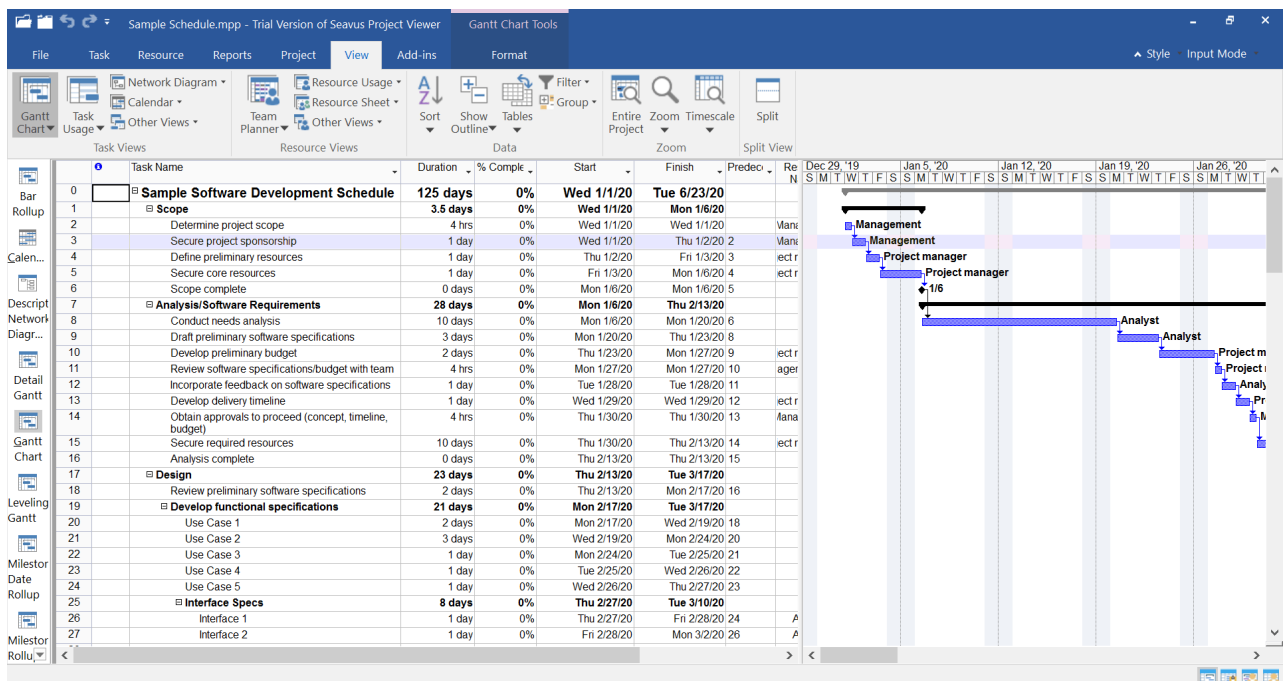


Рисунок 1.6 – Графічний інтерфейс Seavus Project Viewer

Графічний інтерфейс Seavus Project Viewer дуже нагадує такий у Microsoft Project. Менеджер підтримує усі уявлення, доступні в MS Project.

Стрічковий інтерфейс дозволяє легко перемикатися між ключовими функціями програми, такими як «Завдання», «Ресурс», «Звіти», «Проект», «Перегляд» та «Формат». Є навіть підтримка сенсорних пристроїв, і користувач може швидко перейти до сенсорного режиму роботи прямо з графічного інтерфейсу.

Програма Seavus Project Viewer дозволяє перемикатися між декількома уявленнями даних проекту: діаграма Ганта, мережна діаграма, календар, діаграма ресурсів, лист, діаграма відносин, форма, тимчасова шкала та планувальник групи. Гістограми, лінійні та кругові діаграми надають інформацію про завдання, ресурси та призначення (рис. 1.7).

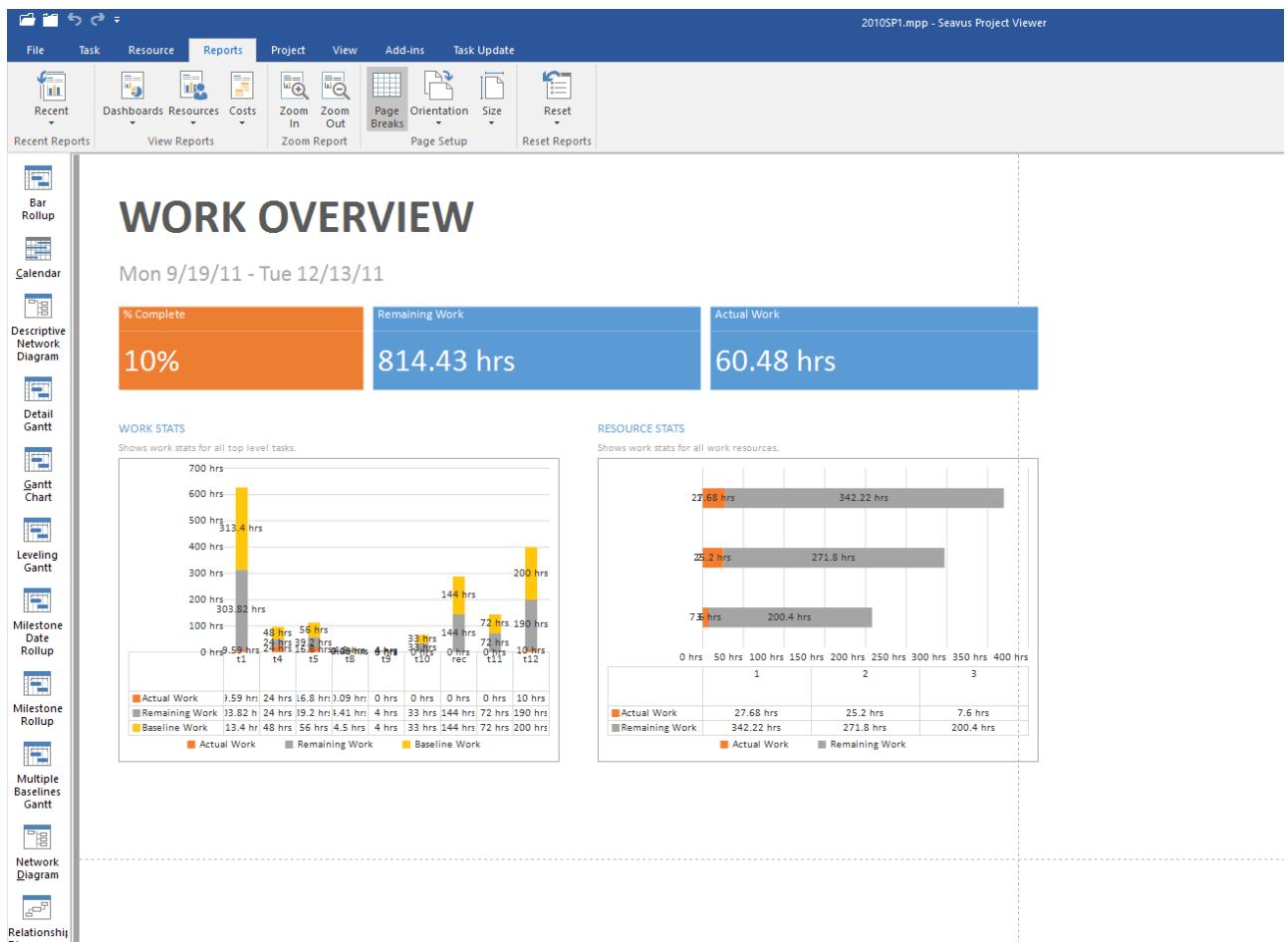


Рисунок 1.7 – Інформація про завдання, ресурси та призначення у Seavus Project Viewer

Додаток показує короткий огляд всіх виконаних і решти завдань через панель інструментів. Крім того, користувач може перевірити фактичні робочі та решта годин, стан всіх ресурсів (фактичні, решта і базові трудовитрати), а також відхилення від первісної вартості завдань і виділених під проект ресурсів.

Для подання звітом про робоче навантаження можна використовувати різні періоди часу. Використання ресурсів та часу може бути показано у днях, тижнях, місяцях чи кварталах. Фільтри завдань можуть застосовуватися для сортування інформації щодо виконаних завдань, перевищення бюджету, діапазону дат, незавершених завдань, віх, вкладень, термінів та інших критеріїв.

### Open workbench (Безкоштовна програма)

Open WorkBench – безкоштовне програмне забезпечення, яке допомагає користувачам керувати робочими групами та командами, оптимізувати завдання та графіки та гармонійно організувати робочий процес. Серед основних можливостей програми – підтримка проектів формату MPP.

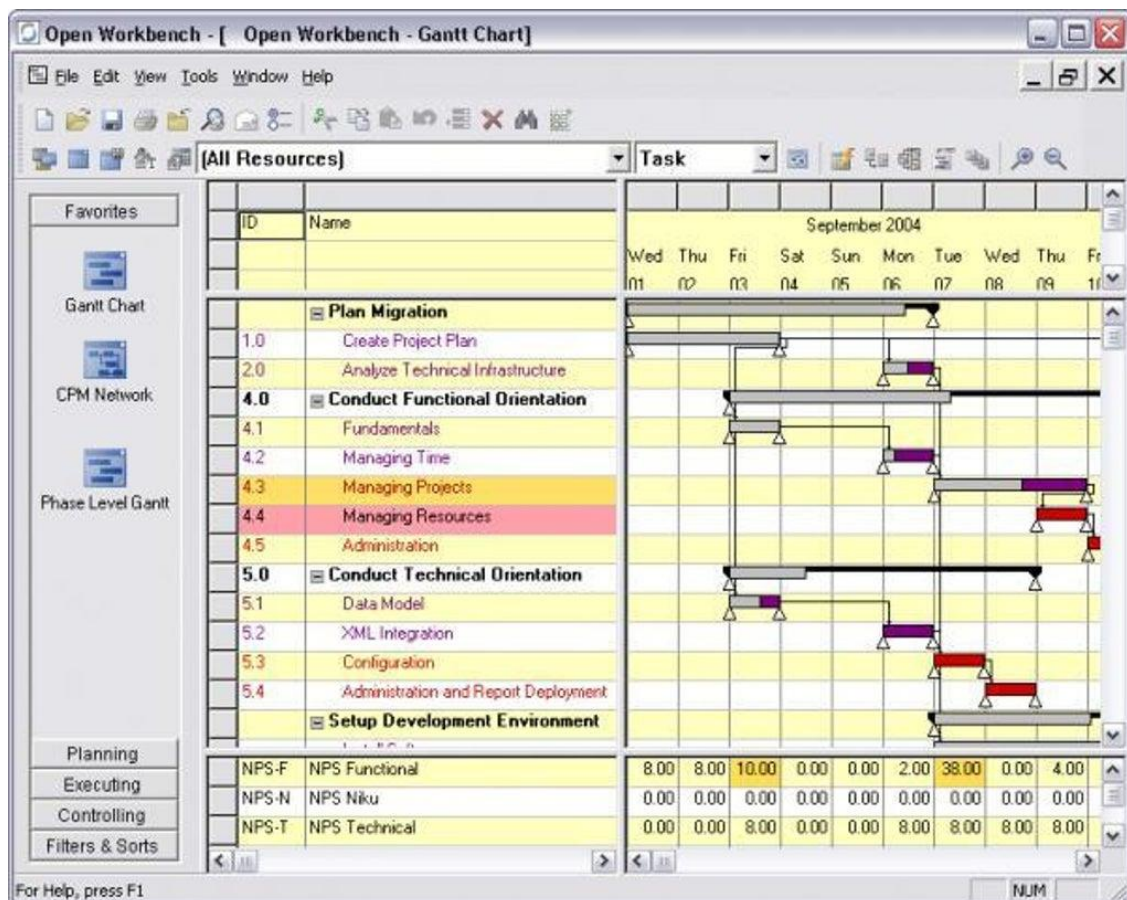


Рисунок 1.8 – Графічний інтерфейс Open WorkBench

Ключові функції програми Open WorkBench:

✓ Планування проекту. Open Workbench може створювати плани структури проекту, включаючи дії, завдання та етапи. Програмне забезпечення також демонструє залежність у проекті та керує ними. Коли проекти стають більшими, Open Workbench може створювати підпроекти з посиланнями всередині на основний проект.

✓ Управління ресурсами. Програма Open Workbench також використовується для керування людськими ресурсами. Додаток визначає такі ресурси, як працівники, обладнання, матеріали чи витрати. Воно також призначає членів команди до роботи над завданнями і визначає розподіл ресурсів.

✓ Контроль проекту. Завдяки різним звітам, у яких чітко представлені статус та відсотки, користувач може краще контролювати проект. Також Open Workbench представляє діаграму Ганта, яка ілюструє проект, запланований шляхом визначення завдань та тимчасової шкали.

✓ Також відзначимо функцію «Auto-plan», яка допомагає організувати графік осіб, які приймають рішення та оптимізувати завдання. Більше того, додаток Open Workbench здатний автоматично розраховувати критичні шляхи і навіть оцінювати здійсненність проекту.

Програма Open Workbench не є вимогливою до комп'ютерних ресурсів. Працює програма серед операційних систем Windows XP і вище.

### **Ganttproject** *(Безкоштовна програма)*

**GanttProject** – мультиплатформна програма, що працює у Windows, Linux та macOS. Цей безкоштовний програмний продукт, за словами його автора, розроблений спеціально для того, щоб допомогти користувачам краще управляти своїм часом та ресурсами. Але нам більше цікавий той факт, що GanttProject підтримує відкриття файлів MPP.

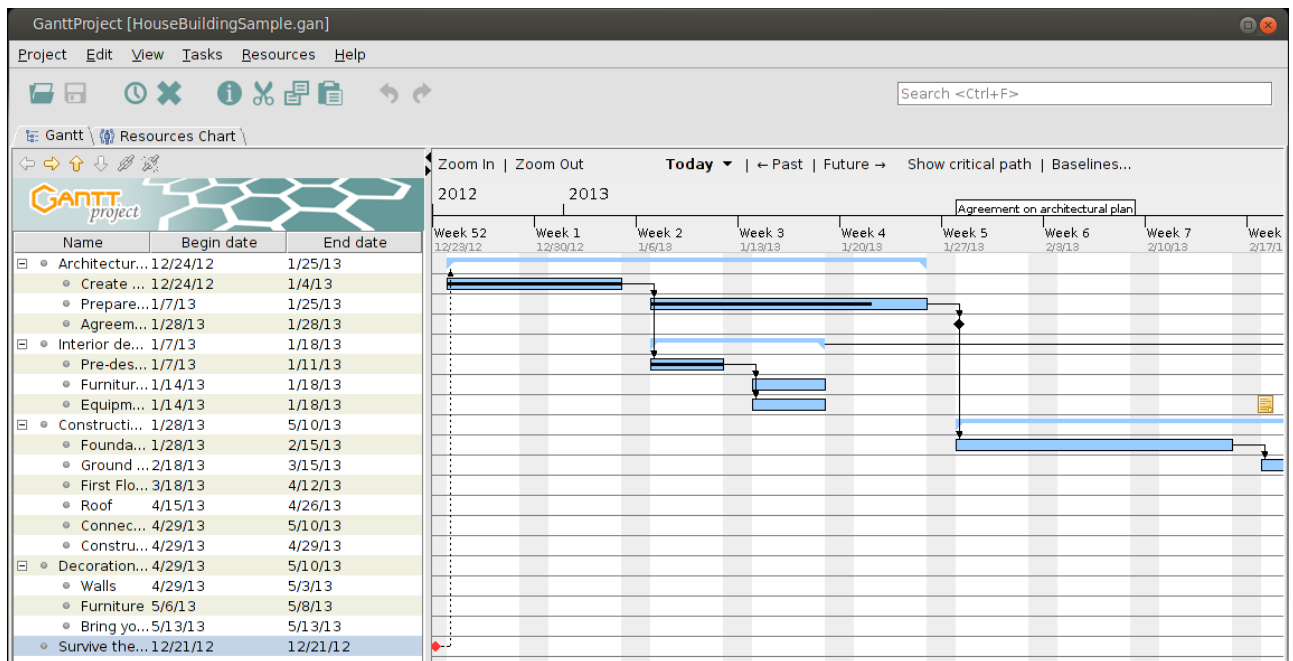


Рисунок 1.9 – Графічний інтерфейс GanttProject

Ось основні можливості та особливості цієї програми:

- ✓ Багатовкладний інтерфейс, що дозволяє користувачеві швидко перемикатися між згенерованими діаграмами Ганта та ресурсами.
- ✓ Можливість створення/відображення необмеженої кількості завдань, які можна додавати разом з такими детальними даними, як дата початку, крайній термін, пріоритет, необхідні ресурси та координатор. Якщо потрібно виділити деякі важливі завдання, можна використовувати систему кодування кольорів (тобто виділяти їх назви потрібним кольором).
- ✓ Ресурси для виконання поставлених завдань зазвичай відносяться до людської складової, тому користувач може додавати важливу інформацію, як ім'я, телефон, адресу електронної пошти, роль у проекті, робочі та вихідні дні.
- ✓ Журналування будь-яких непередбачених помилок чи збоїв, що виникли у процесі реалізації завдання чи проекту загалом.
- ✓ GanttProject включає невеликий інструмент пошуку, який допоможе швидше шукати завдання та/або ресурси за ключовими словами.

✓ Користувач може створювати діаграми PERT (метод оцінки та огляду проекту), які показують, які завдання необхідно виконати, щоб завершити проект.

✓ Усі збережені дані та створені діаграми можна експортувати на жорсткий диск у форматах GAN, XML, PNG, JPG, HTML та PDF. Крім того, можливий імпорт даних у проект із GAN, XML, TXT та CSV.

Програма GanttProject призначена для встановлення на комп'ютери під керуванням Windows Vista або вище. В системі також має бути встановлена віртуальна машина Java Runtime (якщо така відсутня, її можна буде встановити разом з GanttProject).

#### **1.4. Архітектура програмного забезпечення для оптимізації портфелів проектів**

Програмна архітектура включає в себе опис елементів, з яких будуються системи, взаємодія між цими елементами, структурами, які визначають їх склад, і обмеження на ці моделі.

Програмна архітектура складається лише з двох частин:

*Компоненти.* Компонент являє собою модуль програмного забезпечення, що виконує деякі функції під час виконання. Прикладами компонентів можуть бути програми, об'єкти, процеси, клієнти та сервера, бази даних і т.д.

*З'єднувачі.* З'єднувач являє собою механізм, який виступає посередником комунікації, координації та співробітництва між компонентами. З'єднувачі описують взаємодії між цими компонентами.

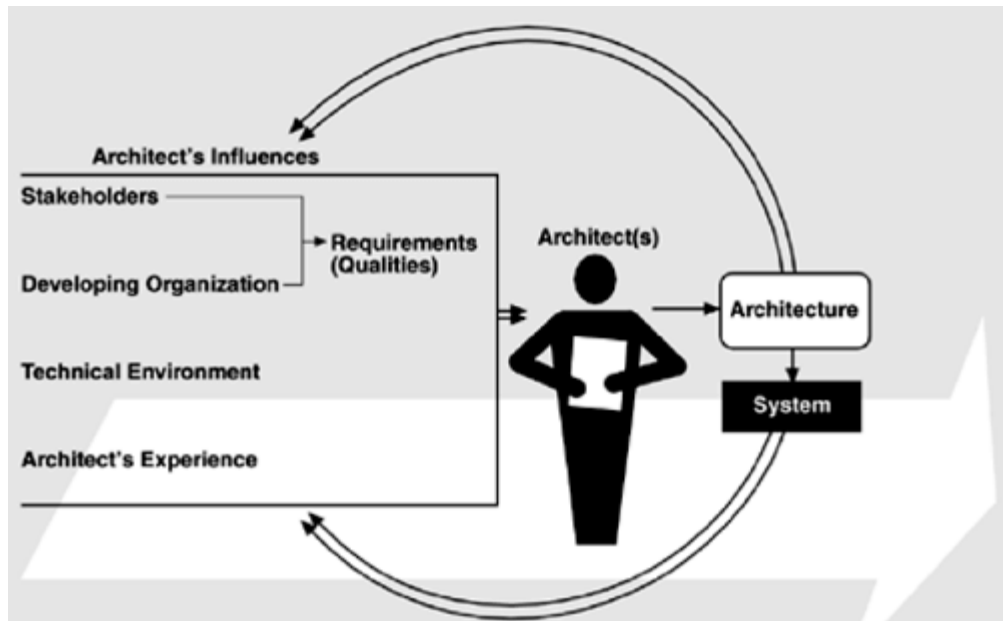


Рисунок 1.10 – Формування архітектури програмного забезпечення

Архітектура програмного забезпечення для оптимізації портфелів проектів включає наступні складові:

*Інтерфейс користувача.* Сучасні програми для оптимізації портфелів проектів мають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє користувачам легко взаємодіяти з системою. Це може бути веб-інтерфейсом або десктопною програмою.

*База даних.* Для збереження і управління інформацією про проекти та їх характеристики (бюджет, строки, ресурси і т. д.) використовується база даних. База даних містить дані про всі проекти, які розглядаються для підключення до портфелю.

*Моделювання та аналіз.* Система має аналітичні модулі, які дозволяють користувачам проводити різноманітні аналізи та сценарійне моделювання для визначення оптимального складу портфелю проектів. Ці модулі можуть використовувати методи оптимізації, аналізу чутливості, прийняття рішень та інші інструменти для підтримки рішень.

*Інтеграція з іншими системами.* Для ефективного управління портфелем проектів, фінансовими системами, системами управління ресурсами людських

ресурсів і т.д. д. Це дозволяє автоматизувати обмін даними між програмними засобами та забезпечити узгодженість інформації.

*Оптимізація і вибір портфелю.* Система повинна мати можливість оптимізувати портфель проектів, враховуючи критерії різних, таких як стратегічні цілі, бюджетні обмеження, терміни та ризики. Це може бути досягнуто за допомогою алгоритмів оптимізації, які обчислюють оптимальний набір проектів для включення в портфель.

*Моніторинг та звітність.* система повинна надавати інструменти для моніторингу виконання проектів у рамках портфелю та для створення звітів для різних цікавих сторінок. Це повністю відстежувати прогрес та виявляти можливості аномалій.

*Безпека і доступ до даних.* Забезпечення безпеки даних є критичним аспектом для програмного забезпечення управління портфелем проектів. Важливо мати контроль доступу до інформації та забезпечувати захист від несанкціонованого доступу та втрати даних.

*Розширюваність.* Програмне забезпечення повинно бути розширеним, щоб зменшити обсяг проектів і змінити потребу користувачів. Це може бути досягнуто за допомогою модульної архітектури.

*Підтримка користувачів.* Важливо надавати підтримку користувачам, надавати навчання та допомагати вирішувати додаткові проблеми, пов'язані з використанням програмного забезпечення.

Програмне забезпечення для оптимізації портфелів проектів організаціям ефективного вибору та управління проектами, забезпечуючи виконання стратегічних цілей та оптимізацію ресурсів. такі системи розвиваються, щоб вирішити конкретні потреби та вимоги різних галузей та організацій.



## 1.5. Завдання кваліфікаційної роботи

Для виконання кваліфікаційної роботи нами вибрана тема «Система підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад».

*Мета роботи* – розробка та впровадження системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад, що дозволить підвищити ефективність управління проектами та оптимізувати використання ресурсів.

Відповідно до мети слід вирішити наступні завдання у роботі:

1. проаналізувати існуючі методи та інструменти для оцінки та оптимізації портфеля проектів.
2. дослідити переваги та недоліки методів аналізу ієрархій (АНР) та генетичних алгоритмів (GA) для прийняття рішень.
3. розробити функціональні модулі системи, що включають модуль оцінки пріоритетів проектів та модуль оптимізації розподілу ресурсів.
4. реалізувати інтерфейс користувача, який забезпечить зручність введення даних та відображення результатів.
5. провести тестування та оцінку економічної ефективності впровадженої системи на прикладі портфеля соціальних проектів.

Під час виконання роботи використовувалися такі методи дослідження:

- ✓ Аналіз літературних джерел – для вивчення існуючих підходів до оцінки та оптимізації портфеля соціальних проектів.
- ✓ Метод аналізу ієрархій (АНР) – для оцінки пріоритетів проектів за різними критеріями.
- ✓ Метод генетичних алгоритмів (GA) – для оптимізації розподілу ресурсів між проектами.
- ✓ Математичне моделювання – для розробки алгоритмів та функціональних модулів системи підтримки прийняття рішень.

- ✓ Експериментальні дослідження – для тестування системи та оцінки її ефективності.

- ✓ Методи візуалізації даних – для відображення результатів розрахунків та оптимізації у вигляді графіків і таблиць.

*Об'єкт дослідження* – процеси управління портфелем соціальних проектів розвитку громад.

*Предмет дослідження* – методи та інструменти оптимізації портфеля проектів з використанням системи підтримки прийняття рішень.

Очікувані результати:

- ✓ розробка ефективної системи підтримки прийняття рішень, яка дозволить підвищити точність оцінки пріоритетів проектів та оптимізувати розподіл ресурсів;

- ✓ зниження витрат на планування та підвищення загальної ефективності реалізації проектів;

- ✓ підвищення прозорості процесу прийняття рішень та забезпечення кращої інтеграції різних методів оцінки та оптимізації.

## РОЗДІЛ 2.

### ВИБІР ЗАСОБІВ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОРТФЕЛЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ РОЗВИТКУ ГРОМАД

#### 2.1. Концептуальна модель системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проєктів розвитку громад

Система підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимізації портфеля соціальних проєктів розвитку громад є комплексним інструментом, що допомагає керівництву громад та зацікавленим сторонам приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу ресурсів і пріоритезації проєктів. Розроблена нами концептуальна модель описує основні компоненти, зв'язки між ними та процеси, необхідні для ефективної реалізації СППР (рис. 2.1).

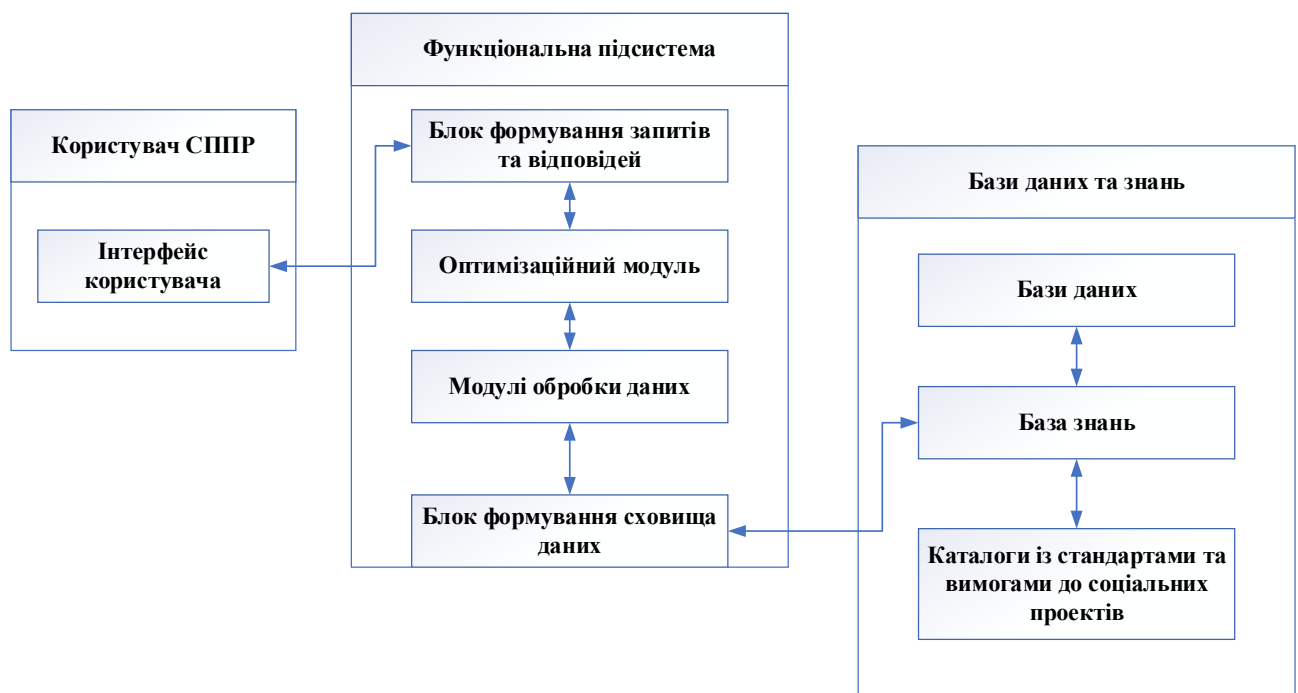


Рисунок 2.1 – Концептуальна модель системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проєктів розвитку громад

До основних компонент системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад належать користувацький інтерфейс, функціональна підсистема та база даних і знань.

Щодо бази даних, до у ній формуються вхідні дані. До них належать параметри соціальних проектів (опис проектів, їх вартість, передбачувані соціальні результати, тривалість виконання, ризики тощо), ресурсні обмеження (доступний бюджет, людські ресурси, матеріали) та інформація про громаду: (демографічні дані, соціально-економічний стан, потреби громади).

База знань передбачає використання даних про попередні соціальні проекти та на їх основі створення моделей. Також у неї належать моделі оцінювання впливу проектного середовища та оцінення ризиків. Окрім того, використовуються рекомендації та сценарії оптимального розподілу ресурсів.

До модулів обробки даних належить 3 основні модулі – аналізу даних, оцінки соціальних проектів та їх моделювання. Модуль аналізу даних забезпечує обробку та аналіз вхідних даних, включаючи застосування статистичних методів і моделей машинного навчання. Модуль оцінки проектів використовує критерії оцінки для визначення пріоритетів соціальних проектів (наприклад, соціальний вплив, відповідність стратегії розвитку). Модуль моделювання дозволяє моделювати різні сценарії виконання портфеля соціальних проектів і оцінювати їх ефективність.

Оптимізаційний модуль використовує алгоритми оптимізації (лінійне програмування, евристичні методи) для визначення найкращого набору соціальних проектів з урахуванням ресурсних обмежень і цільових показників.

Інтерфейс користувача передбачає використання дашборду та інструментів для створення звітів. Дашборд являє собою інтерактивний інтерфейс для перегляду даних, результатів аналізу та моделювання. Інструменти для створення звітів забезпечують генерацію звітів з детальними рекомендаціями щодо вибору соціальних проектів.

Процес функціонування системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад передбачає:

1. збір і введення даних – користувач вводить необхідну інформацію про проекти та обмеження;
2. аналіз вхідних даних – система автоматично аналізує введені дані, використовуючи історичні дані та моделі оцінки;
3. оцінка проектів – модуль оцінки визначає пріоритети проектів за допомогою багатокритеріальної оцінки;
4. симуляція сценаріїв – створюються та оцінюються альтернативні сценарії реалізації портфеля;
5. оптимізація портфеля – оптимізаційний модуль пропонує найефективніший набір проектів;
6. Прийняття рішення та звітність – користувач отримує рекомендації та формує остаточне рішення.

Концептуальна модель СППР для оптимізації портфеля соціальних проектів спрямована на підвищення ефективності використання ресурсів, максимізацію соціального впливу та підтримку стійкого розвитку громад. Її впровадження дозволяє створити прозорий і обґрунтований процес прийняття рішень.

## **2.2. Вибір засобів для створення системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад**

Для створення системи підтримки прийняття рішень (СППР), яка буде реалізована у вигляді окремої програми з вікном користувача, необхідно ретельно підібрати засоби розробки. Це забезпечить ефективне функціонування системи, її зручність для користувачів і відповідність усім вимогам щодо обробки даних та візуалізації результатів.

Вибір мови програмування є ключовим аспектом для забезпечення гнучкості, функціональності та зручності використання СППР. У цьому контексті Python є оптимальним вибором завдяки таким перевагам:

1. великий набір бібліотек – Python має потужні бібліотеки для обробки даних (Pandas, NumPy), аналізу (Scikit-learn), симуляцій (SimPy), оптимізації (SciPy, PuLP), а також для створення користувацьких інтерфейсів (Tkinter, PyQt);
2. легкість використання – Python має простий синтаксис, що полегшує розробку складних програм;
3. сумісність і інтеграція – Python легко інтегрується з іншими мовами та платформами, що дозволяє використовувати додаткові функції та ресурси.

У подальшому слід виконати вибір бібліотек для обробки даних та аналізу отриманих результатів і їх візуалізації. Для обробки та аналізу даних у процесі функціонування СППР будуть використані такі бібліотеки:

1. Pandas – забезпечує швидку та ефективну обробку табличних даних, дозволяє виконувати фільтрацію, агрегацію та аналіз даних;
2. NumPy – використовується для роботи з масивами даних і проведення математичних операцій;
3. Scikit-learn – надає інструменти для оцінки проектів за допомогою багатокритеріальної оцінки та аналізу історичних даних;
4. SimPy – дозволяє реалізувати симуляційне моделювання для оцінки різних сценаріїв;
5. SciPy/PuLP – використовуються для реалізації оптимізаційних алгоритмів, які допомагають знайти найефективніший набір проектів.

Також нами здійснено вибір інструментів для створення користувацького інтерфейсу. Для створення вікна користувача, яке дозволить взаємодіяти з системою, доцільно використовувати:

1. Tkinter – стандартна бібліотека Python для створення графічних інтерфейсів. Вона проста у використанні і підходить для розробки основних функціональних інтерфейсів;

2. PyQt/PySide – надають ширший набір функцій для створення більш складних інтерфейсів, включаючи можливості для інтерактивної візуалізації даних;

3. Dash – бібліотека для створення веб-додатків, що дозволяє інтерактивно відображати результати аналізу та оптимізації.

У подальшому узгоджується процес функціонування системи підтримки прийняття рішень. Процес функціонування СППР для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад включає кілька етапів. На першому етапі користувач вводить необхідну інформацію про проекти та обмеження через графічний інтерфейс. Ця інформація включає дані про бюджет, тривалість проектів, соціальні впливи та інші параметри.

У подальшому система автоматично аналізує введені дані, використовуючи історичні дані та моделі оцінки. На цьому етапі використовуються бібліотеки Pandas та Scikit-learn для попередньої обробки та аналізу даних, що дозволяє виявити ключові показники ефективності проектів.

Модуль оцінки проектів використовує багатокритеріальні методи, щоб визначити пріоритети проектів. Це може включати оцінку за критеріями соціального впливу, економічної ефективності та ризиків. Використання Scikit-learn дозволяє застосовувати різні алгоритми для ранжування проектів.

На етапі моделювання сценаріїв створюються альтернативні сценарії реалізації портфеля, які моделюються за допомогою бібліотеки SimPy. Сценарії дозволяють оцінити можливі ризики та вигоди різних комбінацій проектів, що допомагає користувачеві краще зрозуміти потенційні результати.

Оптимізаційний модуль, побудований на базі бібліотек SciPy та PuLP, проводить аналіз отриманих даних і пропонує найбільш ефективний набір проектів для реалізації, враховуючи всі задані обмеження. Цей етап забезпечує максимальну ефективність розподілу ресурсів.

На фінальному етапі користувач отримує звіт із рекомендаціями щодо реалізації проектів. Інтерфейс відображає результати аналізу, оцінку та

оптимізацію проектів. Можливість експорту звітів у зручному форматі дозволяє легко представити дані зацікавленим сторонам.

Вибір Python та відповідних бібліотек забезпечує створення ефективної СППР для оптимізації портфеля соціальних проектів. Використання таких засобів, як Tkinter, PyQt, Pandas та SciPy, дозволяє розробити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і потужний аналітичний інструмент, що задовольняє потреби користувачів у зручному доступі до даних та прийнятті обґрунтованих рішень.

### **2.3. Вибір методів для системи підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад**

Розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громади вимагає вибору відповідних методів аналізу та оптимізації. Використання коректних методів забезпечить максимальну ефективність і точність процесу прийняття рішень. У цьому розділі розглянемо кілька альтернативних варіантів методів, які можуть бути використані, і визначимо їх переваги та недоліки.

Пропонується використовувати багатокритеріальні методи аналізу рішень. Багатокритеріальні методи є важливими для оцінки соціальних проектів, які мають різні аспекти впливу та цілі. До найпоширеніших методів належать ті, які представлені на рис. 2.2.

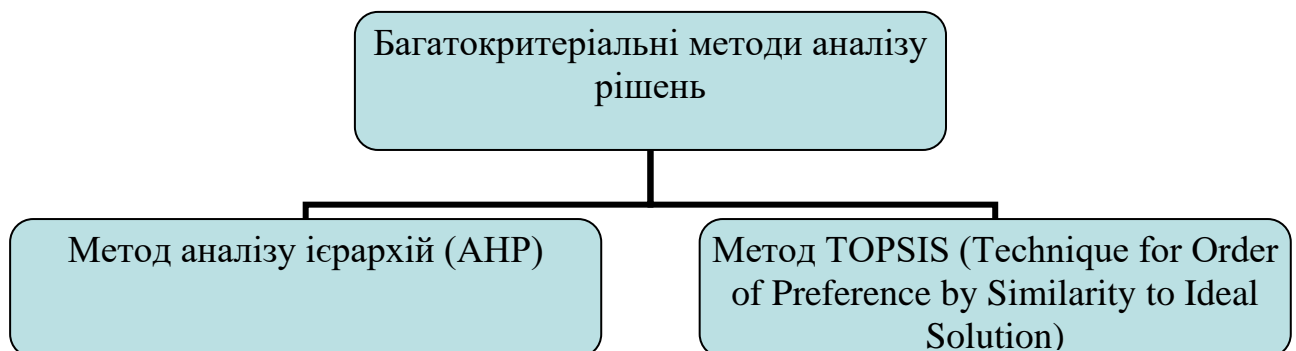


Рисунок 2.2 – Багатокритеріальні методи аналізу рішень



### 2.3.1. Метод аналізу ієрархій (АНР)

Схема методу аналізу ієрархій (АНР) представлена на рис. 2.3.

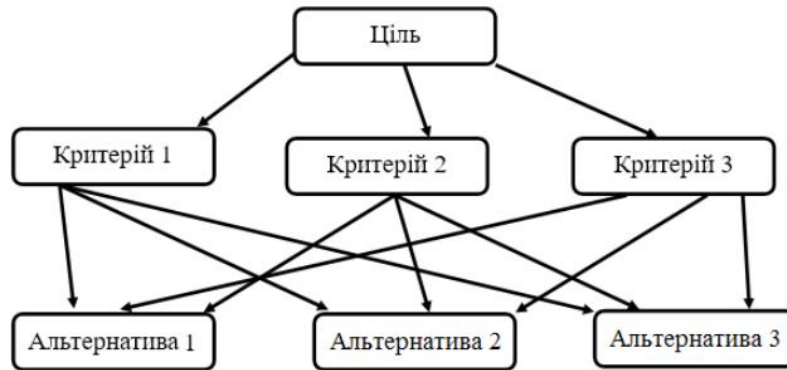


Рисунок 2.3 – Схема методу аналізу ієрархій (АНР)

Основні етапи методу аналізу ієрархій (АНР) під час підтримки прийняття рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад описано нижче.

Етап 1. Формулювання ієрархічної структури. Ієрархія будується з трьох рівнів:

- Рівень 1 – Головна мета (оптимізація портфеля проектів);
- Рівень 2 – Критерії оцінки (соціальний вплив, вартість, ризики);
- Рівень 3 – Альтернативи (проекти).

Етап 2. Створення матриці парних порівнянь критеріїв. Матриця парних порівнянь будується для оцінки відносної важливості кожного критерію. Наприклад, для трьох критеріїв маємо:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 \end{bmatrix}, \quad (2.1)$$

де  $a_{ij}$  – відносна важливість критерію  $i$  відносно критерію  $j$ .

Етап 3. Обчислення ваг критеріїв. Насамперед будуємо матрицю парних порівнянь для критеріїв.

Таблиця 2.1 – Матриця парних порівнянь для критеріїв

	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3
Критерій 1	1		
Критерій 2		1	
Критерій 3			1

Обчислюємо ваги критеріїв шляхом нормалізації матриці:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad \text{де } i = 1, \dots, n, \quad (2.2)$$

де  $w_i$  – вага критерію  $i$ .

Етап 4. Створення матриць парних порівнянь для альтернатив. Для кожного критерію створюється окрема матриця парних порівнянь альтернатив. Наприклад, для критерію  $k$  маємо:

$$B^{(k)} = \begin{bmatrix} 1 & b_{12}^{(k)} & \dots & b_{1m}^{(k)} \\ \frac{1}{b_{12}^{(k)}} & 1 & \dots & b_{2m}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{b_{1m}^{(k)}} & \frac{1}{b_{2m}^{(k)}} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (2.3)$$

Етап 5. Обчислення локальних пріоритетів альтернатив. Обчислюємо ваги альтернатив за кожним критерієм:

$$w_j^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}^{(k)}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m b_{ij}^{(k)}} \quad \text{для } j = 1, \dots, m, \quad (2.4)$$

Етап 6. Обчислення загальних пріоритетів альтернатив. Загальні пріоритети альтернатив обчислюються за формулою:

$$P_j = \sum_{k=1}^n w_k \cdot w_j^{(k)}, \quad (2.5)$$

де  $P_j$  – загальний пріоритет альтернативи  $j$ ,  $w_k$  – вага критерію  $k$ .

Етап 7. Вибір найкращої альтернативи. Альтернатива з найбільшим значенням  $P_j$  вважається найкращою для реалізації.

Перевагами методу аналізу ієрархій (АНР) є те, що він забезпечує структуровану оцінку, дозволяє включити суб'єктивні оцінки експертів. Добре підходить для проектів з різними критеріями оцінки.

Недоліки методу аналізу ієрархій (АНР) є те, що він залежність від експертної оцінки може вносити суб'єктивність у результати, що вимагає залучення висококваліфікованих експертів.

Використання методу АНР для визначення пріоритетів соціальних проектів та оцінки їхньої важливості забезпечує врахування соціальних, економічних та екологічних чинників проектного середовища.

### 2.3.2. Метод TOPSIS

Опишемо основні етапи методу TOPSIS під час підтримки рішень оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громади. Метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) використовується для оцінки та ранжування альтернатив, визначаючи, наскільки близька кожна альтернатива до ідеального рішення.

Етап 1. Нормалізація матриці рішень. Нормалізуємо матрицю рішень, щоб усі значення показників були порівнянними:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{для } i=1, \dots, m; j=1, \dots, n, \quad (2.6)$$

де  $x_{ij}$  – значення показника  $j$  для альтернативи  $i$ .

Етап 2. Зважена нормалізація матриці. Зважуємо нормалізовану матрицю, використовуючи ваги критеріїв (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Нормалізована матриця рішень

	Критерій 1	Критерій 2	...	Критерій n
Альтернатива 1			...	
Альтернатива 2			...	
...	...	...	...	...
Альтернатива m			...	

Зважуємо нормалізовану матрицю, використовуючи ваги критеріїв  $w_j$ :

$$V_{ij} = w_j \cdot R_{ij} \quad \text{для } i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n, \quad (2.7)$$

Етап 3. Визначення ідеального та антиідеального рішень. Знаходимо ідеальне  $A^+$  та антиідеальне  $A^-$  рішення:

$$A^+ = \{\max(V_{ij}) \text{ для критеріїв вигоди}; \min(V_{ij}) \text{ для критеріїв витрат}\}, \quad (2.8)$$

$$A^- = \{\min(V_{ij}) \text{ для критеріїв вигоди}; \max(V_{ij}) \text{ для критеріїв витрат}\}. \quad (2.9)$$

Етап 4. Обчислення відстаней до ідеального та антиідеального рішень. Обчислюємо відстані від кожної альтернативи до ідеального та антиідеального рішень за допомогою евклідової метрики:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - A_j^+)^2} \quad \text{для } i = 1, \dots, m. \quad (2.10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - A_j^-)^2} \quad \text{для } i = 1, \dots, m. \quad (2.11)$$

Етап 5. Обчислення коефіцієнта близькості до ідеального рішення. Обчислюємо коефіцієнт близькості  $C_i$ :

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad \text{для } i = 1, \dots, m. \quad (2.12)$$

Етап 6. Ранжування альтернатив. Альтернативи ранжуються за значенням  $C_i$ , де найвищий коефіцієнт вказує на найкращу альтернативу для реалізації.

Метод TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) має переваги – дозволяє обирати найкращий варіант, що є найбільш близьким до ідеального рішення. Метод є відносно простим у застосуванні та інтерпретації.

Недоліки методу TOPSIS – потребує нормалізації даних, що може ускладнювати застосування при великій кількості критеріїв.

Використання методу TOPSIS підходить для порівняння різних соціальних проектів і вибору оптимального варіанту, враховуючи багатокритеріальні показники.

#### 2.4. Генетичний алгоритм (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів

Оптимізаційні методи використовуються для знаходження найкращого рішення з урахуванням заданих обмежень і цілей. Пропонується у нашій системі підтримки прийняття рішень використовувати генетичний алгоритм (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів (рис. 2.4).

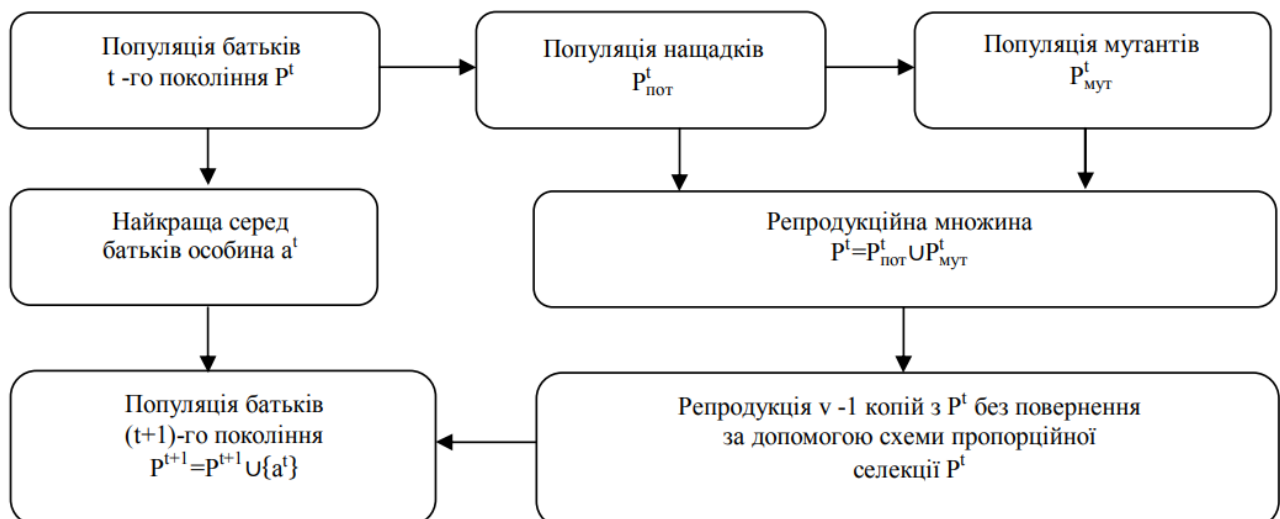


Рисунок 2.4 – Схема генетичного алгоритму (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів

Генетичний алгоритм (GA) – це метод оптимізації, що імітує процес природного відбору. Він використовується для знаходження найкращих рішень у складних багатовимірних задачах, таких як оптимізація портфеля соціальних проектів. Нижче наведено основні етапи роботи генетичного алгоритму.

Етап 1. Ініціалізація популяції. Створюється початкова популяція можливих рішень (хромосом). Кожна хромосома представляє можливий набір проектів у портфелі (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Приклад початкової популяції

Хромосома	Проект 1	Проект 2	Проект 3	...	Проект n
Хромосома 1	1	0	1	...	1
Хромосома 2	0	1	0	...	1
...	...	...	...	...	...
Хромосома m	1	1	0	...	0

де 1 означає включення проекту в портфель, а 0 – виключення.

Етап 2. Оцінка пристосованості (Fitness). Для кожної хромосоми обчислюється функція пристосованості, що визначає її ефективність за критеріями (наприклад, соціальний вплив, бюджетні обмеження).

$$F(x) = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot P_i) \quad \text{для всіх включених проектів } i. \quad (2.13)$$

де  $w_i$  – вага проекту  $i$ , а  $P_i$  – його оцінка.

Етап 3: Вибір (Selection). Вибираються хромосоми для створення нової популяції на основі їхньої пристосованості. Методи відбору можуть включати турнірний відбір або рулетковий метод.

$$P(x_i) = \frac{F(x_i)}{\sum_{j=1}^m F(x_j)}. \quad (2.14)$$

де  $P(x_i)$  – ймовірність вибору хромосоми  $i$ .

Етап 4: Схрещування (Crossover). Обрані хромосоми обмінюються частинами для створення нащадків. Приклад одноточкового схрещування:

$$\begin{aligned}
 \text{Parent 1: } & (1,0,1,|0,1,1) \\
 \text{Parent 2: } & (0,1,0,|1,0,0) \\
 \text{Offspring 1: } & (1,0,1,1,0,0) \\
 \text{Offspring 2: } & (0,1,0,0,1,1)
 \end{aligned} \quad (2.15)$$

Етап 5. Мутація. Нащадки зазнають випадкових змін, щоб запобігти передчасній конвергенції алгоритму.

$$x_{i,j}^{\text{new}} = \begin{cases} -x_{i,j}, & \text{з ймовірністю } p_{\text{mutation}} \\ x_{i,j}, & \text{інакше end} \end{cases} \quad (2.16)$$

де  $p_{\text{mutation}}$  – ймовірність мутації.

Етап 6. Оновлення популяції. Нова популяція замінює попередню, і процес повторюється до досягнення умов зупинки (фіксоване число поколінь або досягнення прийняттого результату) (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Оновлена популяція після схрещування та мутації

Хромосома	Проект 1	Проект 2	Проект 3	...	Проект n
Хромосома 1	1	1	0	...	1
Хромосома 2	0	0	1	...	1
...	...	...	...	...	...
Хромосома m	1	1	1	...	0

Етап 7. Вибір найкращого рішення. Після завершення ітерацій вибирається хромосома з найвищим значенням функції пристосованості як оптимальний портфель соціальних проектів:

$$x^* = \arg \max_{x_i \in \text{Population}} F(x_i). \quad (2.17)$$

Переваги генетичного алгоритму (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів є те, що він підходить для складних задач оптимізації, де інші методи неефективні. Мають можливість знаходити наближені рішення для великих нелінійних задач.

Недоліками генетичного алгоритму (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів є висока обчислювальна складність, результати можуть варіюватися.

Вибір методів залежить від конкретних потреб і ресурсів проекту. Для базового рішення можна використовувати комбінацію методу аналізу ієрархій (АНР) для оцінки пріоритетних соціальних проектів і лінійного програмування (LP) для оптимізації розподілу ресурсів. Для складніших моделей рекомендується використовувати генетичні алгоритми (GA) у поєднанні з методами прогнозування, такими як нейронні мережі, для підвищення точності оцінок.

Цей підхід забезпечить гнучкість, точність і ефективність СППР, дозволяючи приймати оптимальні рішення щодо управління портфелем соціальних проектів розвитку громади.



### РОЗДІЛ 3.

## ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ПРІОРИТЕТІВ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ НА ОСНОВІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1. Підготовка даних про соціальні проекти

Підготовка даних про соціальні проекти є одним із перших етапів створення системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів. На цьому етапі здійснюється формування вихідних даних, які надалі використовуються у процесі оцінки, аналізу та оптимізації. Розглянемо підходи та методи для ініціалізації даних, які дозволяють підготувати проекти для подальшої обробки методами аналізу, такими як метод аналізу ієрархій (АНР), метод TOPSIS, лінійне програмування (LP) та генетичний алгоритм (GA).

Перед початком роботи важливо визначити критерії, за якими оцінюватимуться проекти. Критерії можуть включати:

- соціальний вплив проекту;
- вартість реалізації проекту;
- ризики, пов'язані з реалізацією;
- очікувана тривалість виконання.

Після визначення критеріїв необхідно призначити ваги кожному з них. Це можна зробити шляхом експертного оцінювання або за допомогою спеціалізованих методів, таких як АНР. Ваги відображають значущість кожного критерію у загальному процесі оцінювання проектів. Наприклад, ваги можуть бути представлені як вектор:

$$w = [w_1, w_2, w_3, w_4]. \quad (3.1)$$

де  $w_i$  – вага критерію  $i$ . Сума всіх ваг дорівнює 1.

Після визначення критеріїв та їх ваг проводиться ініціалізація даних для кожного проекту. Для цього формується матриця даних, у якій кожен рядок

відповідає окремому проекту, а кожен стовпець – значенню проекту за відповідним критерієм. Матриця наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Початкова матриця даних про соціальні проекти

Проект	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3	Критерій 4
Проект 1	7.5	5.2	6.8	4.1
Проект 2	6.1	7.8	5.4	3.7
Проект 3	8.3	6.5	7.1	5.9
Проект 4	5.9	7.0	4.8	4.5
Проект 5	6.7	6.2	5.9	4.3

Значення в таблиці можуть бути отримані на основі аналізу даних, оцінок експертів або інших джерел. Ці значення можуть відображати, наприклад, бали від 1 до 10, де 1 – мінімальна оцінка, а 10 – максимальна.

Щоб забезпечити порівнянність значень за різними критеріями, здійснюється нормалізація даних. Це необхідно, оскільки критерії можуть мати різні одиниці вимірювання (наприклад, вартість у грошових одиницях, соціальний вплив у балах). Формула для нормалізації кожного значення матриці виглядає наступним чином:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}. \quad (3.2)$$

де  $x_{ij}$  – значення критерію  $j$  для проекту  $i$ ;  $m$  – загальна кількість проектів.

Нормалізація дозволяє привести значення до спільної шкали від 0 до 1.

Для моделювання та тестування методів для системи підтримки прийняття рішень іноді використовуються випадкові дані. Це дозволяє оцінити ефективність алгоритмів та методів при різних вихідних умовах. Генерація випадкових даних здійснюється за допомогою спеціалізованих бібліотек, таких як NumPy в Python. Для створення випадкових значень щодо соціальних проектів може бути виконане наступним чином, як представлено на рис. 3.1.

```

# Sample data for projects
num_projects = 5
criteria_weights = [0.4, 0.3, 0.2, 0.1] # Example weights for criteria
projects = {
    f'Project {i+1}': [random.uniform(0, 10) for _ in range(len(criteria_weights))]
    for i in range(num_projects)
}

```

Рисунок 3.1 – Код для створення випадкових значень щодо соціальних проектів

Такий підхід дозволяє створювати різні набори даних для аналізу та оптимізації. Він особливо корисний для тестування роботи алгоритмів в

Етап підготовки даних про соціальні є важливим компонентом у процесі створення ефективної системи підтримки прийняття рішень. Правильна підготовка даних, включаючи визначення критеріїв, нормалізацію значень та генерацію тестових наборів, забезпечує основу для застосування методів аналізу та оптимізації, що дозволяють приймати об'єктивні рішення та ефективно розподіляти ресурси в портфелі соціальних проектів.

### **3.2. Створення функції АНР для оцінки пріоритетних соціальних проектів**

Метод аналізу ієрархій (АНР) є одним із найпопулярніших методів багатокритеріальної оцінки для визначення пріоритетів серед альтернатив. АНР дозволяє структурувати складні рішення у вигляді ієрархії та забезпечує оцінку значущості кожного елемента шляхом порівняння їх попарно. У цьому розділі описано функцію для оцінки пріоритетних соціальних проектів за допомогою методу АНР, реалізовану в середовищі Python.

Функція для розрахунку пріоритетних соціальних проектів за допомогою методу АНР складається з кількох кроків: нормалізації матриці критеріїв, обчислення зважених сум для проектів та отримання остаточних пріоритетів (рис. 3.2).

```
# Method 1: AHP for priority evaluation

def ahp_priority_evaluation(projects, criteria_weights):
    scores = {}
    for project, values in projects.items():
        weighted_sum = sum(value * weight for value, weight in zip(values, criteria_weights))
        scores[project] = weighted_sum
    return scores
```

Рисунок 3.2 – Код функції для розрахунку пріоритетних соціальних проектів за допомогою методу АНР

У коді, що представлений на рис. 3.2 використано наступні умовні позначення, де «projects» – словник, де ключі – назви проектів, а значення – списки оцінок проектів за кожним критерієм, «criteria\_weights» – список ваг для кожного критерію.

Функція обчислює зважену суму оцінок для кожного проекту, яка використовується для визначення його пріоритету.

Для обчислення пріоритетних соціальних проектів значення оцінок за критеріями нормалізуються. Це дозволяє привести всі оцінки до єдиної шкали, що робить їх порівнянними.

Формула для нормалізації має вигляд:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}. \quad (3.3)$$

де  $R_{ij}$  – нормалізоване значення критерію  $j$  для проекту  $i$ ;  $x_{ij}$  – значення критерію;  $m$  – загальна кількість проектів.

Для кращого розуміння результатів оцінки проектів за допомогою АНР можна використовувати графічне відображення (рис. 3.3).

```
# Display results as a table
print("Comparison of Project Evaluation Methods:\n")
print(results_df)

# Plot results
plt.figure(figsize=(16, 12))

plt.subplot(4, 1, 1)
plt.bar(results_ahp.keys(), results_ahp.values(), color='blue', alpha=0.7)
plt.title('AHP Method Results')
plt.xlabel('Projects')
plt.ylabel('Scores')
```

Рисунок 3.3 – Код візуалізації використання методу АНР

Цей графік дозволяє порівняти пріоритети проектів та вибрати найбільш значущі для подальшої реалізації.

### 3.3. Створення функції TOPSIS для оцінки пріоритетних соціальних проектів

Метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – це метод багатокритеріальної оптимізації, який дозволяє визначити пріоритети проектів, оцінюючи їх віддаленість від ідеального та антиідеального рішень. Цей метод використовується для того, щоб знайти альтернативу, яка знаходиться найближче до позитивного ідеалу і найдалі від негативного.

Функція для оцінки пріоритетних соціальних проектів за методом TOPSIS реалізована на Python і виконує всі зазначені вище етапи (рис. 3.4).

```
# Method 2: TOPSIS for priority evaluation

def topsis_priority_evaluation(projects, criteria_weights):
    # Step 1: Normalize decision matrix
    matrix = np.array(list(projects.values()))
    norm_matrix = matrix / np.sqrt((matrix ** 2).sum(axis=0))

    # Step 2: Weighted normalized matrix
    weighted_matrix = norm_matrix * criteria_weights

    # Step 3: Determine ideal and anti-ideal solutions
    ideal_solution = np.max(weighted_matrix, axis=0)
    anti_ideal_solution = np.min(weighted_matrix, axis=0)

    # Step 4: Calculate distances
    distances_to_ideal = np.sqrt(((weighted_matrix - ideal_solution) ** 2).sum(axis=1))
    distances_to_anti_ideal = np.sqrt(((weighted_matrix - anti_ideal_solution) ** 2).sum(axis=1))

    # Step 5: Calculate closeness coefficients
    closeness_coefficients = distances_to_anti_ideal / (distances_to_ideal + distances_to_anti_ideal)

    return {f'Project {i+1}': closeness_coefficients[i] for i in range(len(closeness_coefficients))}
```

Рисунок 3.4 – Код функції для розрахунку пріоритетних соціальних проектів за допомогою методу TOPSIS

Функція обчислює коефіцієнт близькості для кожного проекту, що використовується для визначення пріоритету.

Нормалізація матриці дозволяє привести оцінки проектів до єдиної шкали, що робить їх порівнянними між собою.

При цьому використовується формула (3.2) для нормалізації.

Ідеальне рішення  $A^+$  та антиідеальне рішення  $A^-$  визначаються відповідно за формулами (2.8) та (2.9).

Евклідова відстань до ідеального  $D_i^+$  та антиідеального  $D_i^-$  рішень розраховується за формулами (2.10) та (2.11).

Коефіцієнт близькості  $C_i$  визначається за формулою (2.12). Для наочного представлення результатів оцінки використовують графічні засоби (рис. 3.5).

```
plt.subplot(4, 1, 2)
plt.bar(results_topsis.keys(), results_topsis.values(), color='green', alpha=0.7)
plt.title('TOPSIS Method Results')
plt.xlabel('Projects')
plt.ylabel('Closeness Coefficient')
```

Рисунок 3.5 – Код візуалізації використання методу TOPSIS

Графік дозволяє побачити, який проект має найбільшу близькість до ідеального рішення та може бути рекомендований для реалізації.

### **3.4. Створення функції АНР + LP для оптимізації розподілу ресурсів**

Метод комбінування аналізу ієрархій (АНР) та лінійного програмування (LP) є потужним інструментом для оптимізації розподілу ресурсів у портфелі соціальних проектів. Використання АНР допомагає оцінити пріоритети проектів на основі багатокритеріальної оцінки, тоді як LP забезпечує оптимізацію розподілу ресурсів відповідно до обмежень бюджету та інших ресурсних обмежень.

Для реалізації цієї функції необхідно спочатку обчислити пріоритети соціальних проектів за допомогою АНР, а потім використати отримані оцінки для побудови моделі лінійного програмування (рис. 3.6).

```
# Method 3: AHP + LP for resource allocation optimization

def ahp_lp_optimization(projects, criteria_weights, budget=50):
    scores = ahp_priority_evaluation(projects, criteria_weights)
    c = [-score for score in scores.values()] # Objective: maximize scores

    # Creating a constraint matrix (each project cost represented as a single row)
    a_ub = np.eye(num_projects)
    b_ub = [budget] * num_projects

    result = linprog(c, A_ub=a_ub, b_ub=b_ub, bounds=(0, 1), method='highs')
    if result.success:
        allocation = {f'Project {i+1}': result.x[i] for i in range(num_projects)}
        return allocation
    else:
        return {f'Project {i+1}': 0 for i in range(num_projects)}
```

Рисунок 3.6 – Код функції для розрахунку пріоритетних соціальних проектів за допомогою методів АНР + LP

У коді, що представлений на рис. 3.2 використано наступні умовні позначення, де «`ahp_priority_evaluation()`» – функція для розрахунку пріоритетних соціальних проектів на основі АНР, «`ahp_lp_optimization()`» – функція, яка поєднує результати АНР із лінійним програмуванням для оптимізації розподілу ресурсів, «`c`» – коефіцієнти цільової функції (від’ємні значення для максимізації), «`a_ub`» і «`b_ub`» – матриця обмежень і вектор правих частин обмежень відповідно, «`bounds`» – межі для змінних (0 або 1, тобто проект включений чи ні).

Задача лінійного програмування формується наступним чином, що цільова функція забезпечує максимізацію суми пріоритетів обраних проектів:

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i. \quad (3.4)$$

де  $w_i$  – пріоритет проекту  $i$ ;  $x_i$  – змінна, яка показує, чи обраний  $i$ -й проект.

При цьому використано обмеження, яке стосується того, що загальний бюджет не перевищує заданого значення:

$$\sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i \leq B. \quad (3.5)$$

де  $c_i$  – вартість  $i$ -го проекту;  $B$  – доступний бюджет.

Поєднання якісних і кількісних оцінок АНР забезпечує об’єктивне оцінювання проектів, а LP оптимізує їх розподіл. Існує можливість адаптації під різні критерії та обмеження. Забезпечується знаходження оптимального рішення у короткі строки завдяки LP.

Результати представляються у вигляді діаграми, що ілюструє, які проекти обрані для реалізації (рис. 3.7).

```
plt.subplot(4, 1, 3)
plt.bar(results_ahp_lp.keys(), results_ahp_lp.values(), color='purple', alpha=0.7)
plt.title('AHP + LP Method Results')
plt.xlabel('Projects')
plt.ylabel('Allocation')
```

Рисунок 3.7 – Код візуалізації використання методів АНР + LP

Ця візуалізація надає наочне уявлення про те, які проекти були обрані для реалізації в межах заданого бюджету.

### 3.5. Створення функції генетичного алгоритму для оптимізації розподілу ресурсів

Генетичний алгоритм (GA) є еволюційним методом оптимізації, який імітує природний процес відбору, мутації та схрещування для пошуку оптимальних рішень. Цей підхід добре підходить для задач оптимізації розподілу ресурсів, де потрібно знайти найкращий розподіл у межах визначених обмежень. Розглянемо, як застосувати GA для оптимізації портфеля соціальних проектів (рис. 3.8).



```

# Method 4: Genetic Algorithm for optimization
def ga_optimization(projects, criteria_weights, population_size=10, generations=50, mutation_rate=0.1):
    population = [np.random.randint(2, size=num_projects) for _ in range(population_size)]
    for generation in range(generations):
        fitness_scores = [sum(individual[i] * sum(projects[f'Project {i+1}'][j] * criteria_weights[j] for j in range(len(criteria_weights)))) for i in range(len(population))]
        selected_individuals = random.choices(population, weights=fitness_scores, k=population_size // 2)
        offspring = []
        for i in range(0, len(selected_individuals), 2):
            if i + 1 < len(selected_individuals):
                crossover_point = random.randint(1, num_projects - 1)
                offspring.append(np.concatenate((selected_individuals[i][:crossover_point], selected_individuals[i+1][crossover_point:]))
                offspring.append(np.concatenate((selected_individuals[i+1][:crossover_point], selected_individuals[i][crossover_point:]))
        for child in offspring:
            if random.random() < mutation_rate:
                mutation_point = random.randint(0, num_projects - 1)
                child[mutation_point] = 1 - child[mutation_point]
        population = selected_individuals + offspring
    best_solution = max(population, key=lambda x: sum(x[i] * sum(projects[f'Project {i+1}'][j] * criteria_weights[j] for j in range(len(criteria_weights))))
    return best_solution

# Results for each method
results_ahp = ahp_priority_evaluation(projects, criteria_weights)
results_topsis = topsis_priority_evaluation(projects, criteria_weights)
results_ahp_lp = ahp_lp_optimization(projects, criteria_weights)
results_ga = ga_optimization(projects, criteria_weights)

ga_scores = {
    f'Project {i+1}': sum(results_ga[i] * sum(projects[f'Project {i+1}'][j] * criteria_weights[j] for j in range(len(criteria_weights)))) for i in range(num_projects)
}

```

Рисунок 3.8 – Код функції для розрахунку пріоритетних соціальних проектів за допомогою генетичного алгоритму (GA)

Функція GA включає всі етапи процесу оптимізації, починаючи з ініціалізації популяції та закінчуючи вибором найкращого рішення.

У кодї, що представлений на рис. 3.2 використано наступні умовні позначення, де «population» – початкова популяція рішень, «fitness\_scores» – список значень пристосованості кожної хромосоми, «selected\_individuals» – відбір найбільш пристосованих хромосом для подальшого схрещування, «offspring» – нові хромосоми, створені шляхом схрещування, «mutation\_rate» – ймовірність мутації генів, «best\_solution» – найкраще знайдене рішення після завершення всіх поколінь.

Функція пристосованості обчислюється як сума зважених оцінок проектів, включених до хромосоми:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{j=1}^m (w_j \cdot P_{ij}). \quad (3.6)$$

де  $x_i$  – значення гена (0 або 1),  $w_j$  – вага  $j$ -го критерію;  $P_{ij}$  – оцінка  $i$ -го проекту за  $j$ -м критерієм.

Для демонстрації результатів пропонується використовувати графічні засоби (3.9).

```
plt.subplot(4, 1, 4)
plt.bar(ga_scores.keys(), ga_scores.values(), color='red', alpha=0.7)
plt.title('Genetic Algorithm (GA) Results')
plt.xlabel('Projects')
plt.ylabel('Scores')
```

Рисунок 3.9 – Код візуалізації використання генетичного алгоритму (GA)

Ця візуалізація показує, які проекти були обрані для реалізації після виконання алгоритму GA.

### 3.6. Результати вибору кращого методу для оцінки пріоритетів соціальних проектів

Нами проаналізовано результати роботи чотирьох методів оцінки та оптимізації пріоритетів соціальних проектів: методу аналізу ієрархій (АНР); методу TOPSIS; комбінації АНР з лінійним програмуванням (АНР + LP) та генетичного алгоритму (GA). Розглянемо переваги та недоліки кожного з них, а також зробимо висновки щодо найбільш підходящого методу для застосування у практиці.

На основі виконання коду були побудовані графіки (рис. 3.10) та отримано таблицю 3.2 із результатами.

Таблиця 3.2 – Порівняння результатів використання методів для оцінки соціальних проектів

Проект	АНР	TOPSIS	АНР + LP	GA
Project 1	3.639811	0.461454	1.0	20.746179
Project 2	6.052141	0.711515	1.0	20.746179
Project 3	5.815322	0.539419	1.0	20.746179
Project 4	5.415204	0.573433	1.0	20.746179
Project 5	3.463513	0.400824	1.0	20.746179

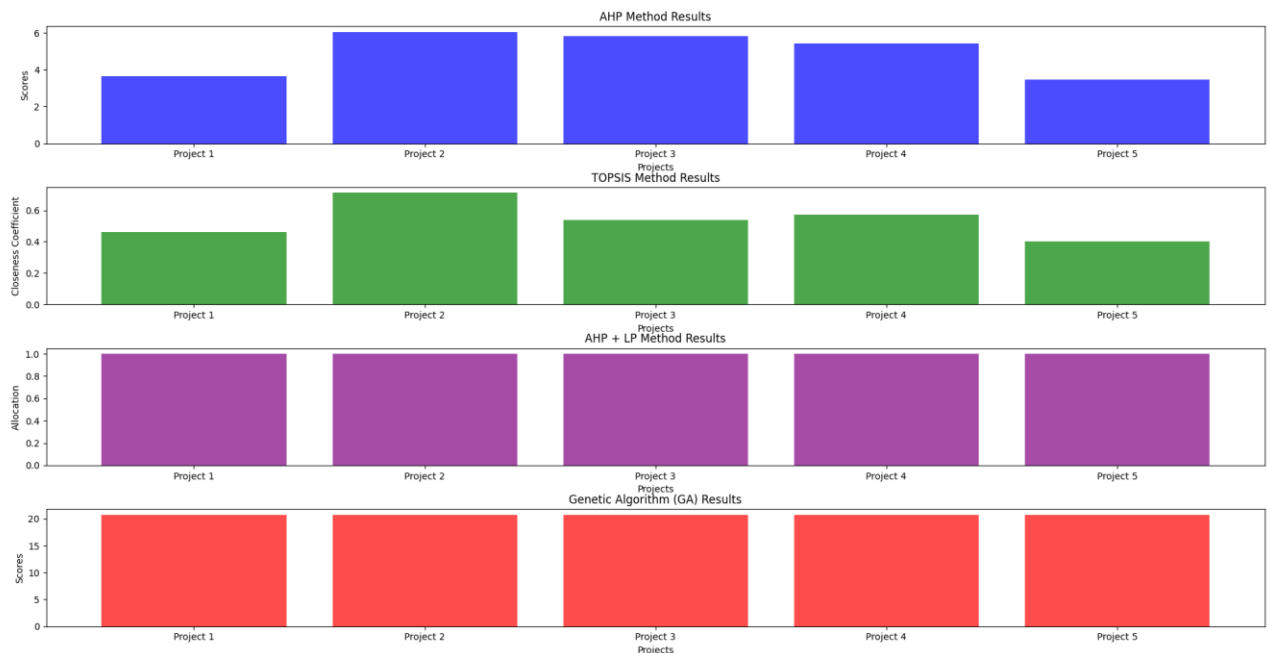


Рисунок 3.10 – Графіки із результатами використання методів для оцінки соціальних проектів

На графіках (рис. 3.10), побудованих для кожного методу, були представлені наступні критерії. Графік із методом АНР (рис. 3.10, а) відображає зважені суми оцінок соціальних проектів, що показують їх пріоритетність відповідно до заданих критеріїв і ваг. Графік із методом TOPSIS (рис. 3.10, б) відображає коефіцієнти близькості кожного соціального проекту до ідеального рішення, що дозволяє побачити їхню відносну позицію на шкалі віддаленості від оптимального рішення. Графік із методами АНР + LP (рис. 3.10, в) демонструє розподіл ресурсів на основі пріоритетів, визначених методом АНР, і подальшої оптимізації за допомогою лінійного програмування. Значення на графіку показують, які проекти отримали ресурси (значення 1) та які ні (значення 0). Графік із методом GA (рис. 3.10, г) відображає результати оптимізації соціальних проектів генетичним алгоритмом, де значення показують суми оцінок соціальних проектів за обраною їх комбінацією, що були знайдені алгоритмом для досягнення максимальної пристосованості.

Метод АНР надав можливість оцінити соціальні проекти, базуючись на зважених критеріях, що дозволяє отримати чітке розуміння їх пріоритетів. АНР забезпечив диференційовану оцінку проектів, показуючи, що найвищі бали

отримали проекти 2 та 3 (відповідно 6.052141 та 5.815322). Це свідчить про те, що АНР добре підходить для оцінки, де важливо враховувати відносну важливість критеріїв.

Метод TOPSIS показав результати у вигляді коефіцієнтів близькості до ідеального рішення, де найбільш пріоритетним став проект 2 (0.711515). Цей метод дозволяє оцінювати проекти за їх віддаленістю від ідеального та антиідеального рішень, що робить його корисним для практичних застосувань, коли важливо враховувати як позитивні, так і негативні аспекти.

Методи АНР + LP, що являє комбінація АНР та лінійного програмування показали, що всі проекти отримали однаковий результат (1.0), що вказує на рівний розподіл ресурсів відповідно до заданих обмежень. Цей метод корисний для забезпечення оптимального розподілу ресурсів на основі пріоритетів, але може показувати однакові результати у випадку обмежених ресурсів.

Метод GA показав стабільно високі результати (20.746179 для всіх проектів), що свідчить про його здатність знаходити оптимальні рішення у складних задачах. GA забезпечує гнучкість у розв'язанні багатовимірних задач та враховує багато обмежень одночасно.

Виходячи з аналізу результатів, метод АНР добре підходить для початкової оцінки проектів та розуміння їх пріоритетів, тоді як TOPSIS надає додаткову інформацію щодо їх близькості до ідеального рішення. Метод АНР + LP корисний для оптимізації розподілу ресурсів, але є менш гнучким у складних ситуаціях. Генетичний алгоритм є найбільш потужним і адаптивним інструментом для складних задач оптимізації, але вимагає значних обчислювальних ресурсів.

На підставі виконаних досліджень встановлено, що слід використовувати комбінований підхід, при якому АНР застосовується для початкової оцінки, а GA – для складніших задач оптимізації розподілу ресурсів між соціальними проектами розвитку громад.

## РОЗДІЛ 4.

### РЕЗУЛЬТАТИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОРТФЕЛЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ ГРОМАД

#### **4.1. Розробка вікна користувача системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад**

Розробка вікна користувача є дуже важливим етапом у створенні системи підтримки прийняття рішень (СППР), яка використовується для оптимізації портфеля соціальних проектів. Головною метою цього процесу є забезпечення інтуїтивного та ефективного інтерфейсу, який дозволяє користувачам вводити дані, проводити розрахунки та переглядати результати у зрозумілому вигляді. Розглянемо основні етапи розробки вікна користувача для такої системи.

Перш ніж розпочати розробку, нами було визначено основні вимоги до функціоналу та зовнішнього вигляду вікна користувача. Вікно має бути зручним для використання навіть для користувачів з мінімальним рівнем технічної підготовки. Система повинна передбачати можливість введення початкових даних про проекти з чіткими підписами до полів. Результати розрахунків та оптимізації мають бути представлені у вигляді таблиць та графіків. Користувачеві необхідно забезпечити кнопки для запуску розрахунків, очищення полів та збереження результатів. Логічна структура вікна з чітким розділенням на вкладки для введення даних, відображення результатів розрахунків і оптимізації.

Вікно користувача складається з трьох основних вкладок:

1. Вкладка «Введення даних» (рис. 4.1). Вона вміщує поле для введення кількості соціальних проектів. Таблиця введення початкових даних з можливістю редагування значень.

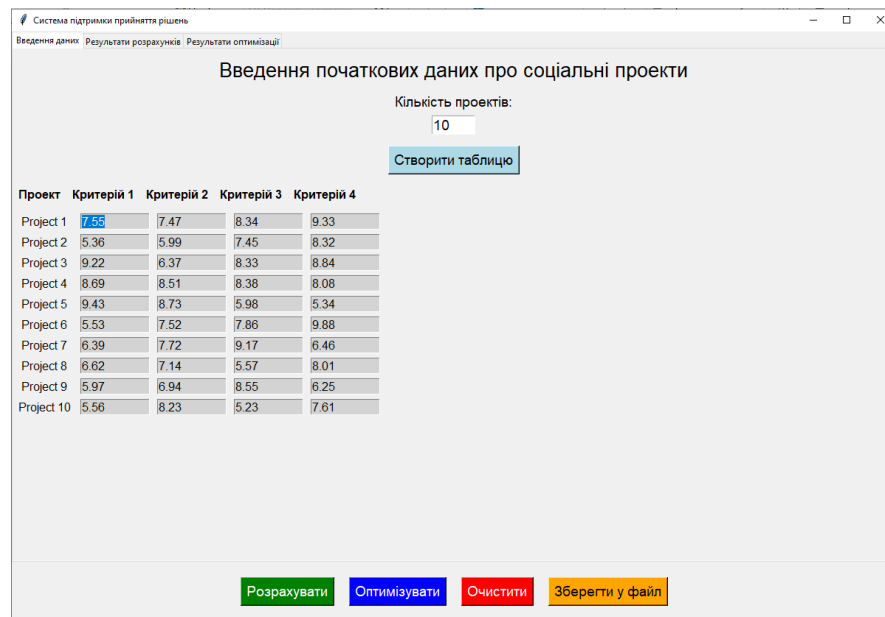


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд вікна користувача СППР для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад із вкладкою «Введення даних»

Таблиця має підписи стовпців для чіткого розуміння, що саме вводиться (критерії оцінки). Кнопки «Створити таблицю», «Розрахувати», «Очистити», та «Зберегти у файл».

Вкладка «Введення даних» є основною для користувача, оскільки саме тут здійснюється введення початкових параметрів. Після введення кількості проектів автоматично генерується таблиця, в якій кожен рядок представляє окремий проект, а стовпці відповідають за критерії оцінки.

Для забезпечення зручності використання таблиці, в ній передбачено попередні значення, які виділені сірим фоном та можуть бути змінені користувачем. Під таблицею розміщено кнопку «Створити таблицю» – ініціалізує створення таблиці з полями для введення даних. Кнопка «Розрахувати» запускає процес розрахунку за методом АНР. Кнопка «Очистити» очищує всі поля введення та результати. Кнопка «Зберегти у файл» дозволяє користувачеві зберегти результати розрахунків та оптимізації у текстовий файл.

2. Вкладка «Результати розрахунків» (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд вікна користувача СППР для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад із вкладкою «Результати розрахунків»

Відображає графік, який показує результати розрахунків за методом аналізу ієрархій (АНР). Також має текстове поле для виведення детальної інформації про результати розрахунку.

Вкладка «Результати розрахунків» відображає результати розрахунків за методом АНР. Графік показує відносні пріоритети проектів, що дозволяє користувачеві візуально оцінити, які проекти мають вищий пріоритет для включення у портфель. Під графіком розташоване текстове поле, де детально описуються отримані результати та їх інтерпретація.

3. Вкладка «Результати оптимізації» (рис. 4.3). Вона вміщує графік, який демонструє оптимізований розподіл ресурсів між проектами. Також має текстове поле для рекомендацій та пояснень щодо оптимізованого портфеля проектів.

Вкладка «Результати оптимізації» демонструє результати застосування генетичного алгоритму для оптимізації розподілу ресурсів. Графік показує, як ресурси були розподілені серед проектів для досягнення оптимального балансу між критеріями. Текстове поле містить рекомендації для менеджерів щодо прийняття подальших рішень на основі отриманих результатів.

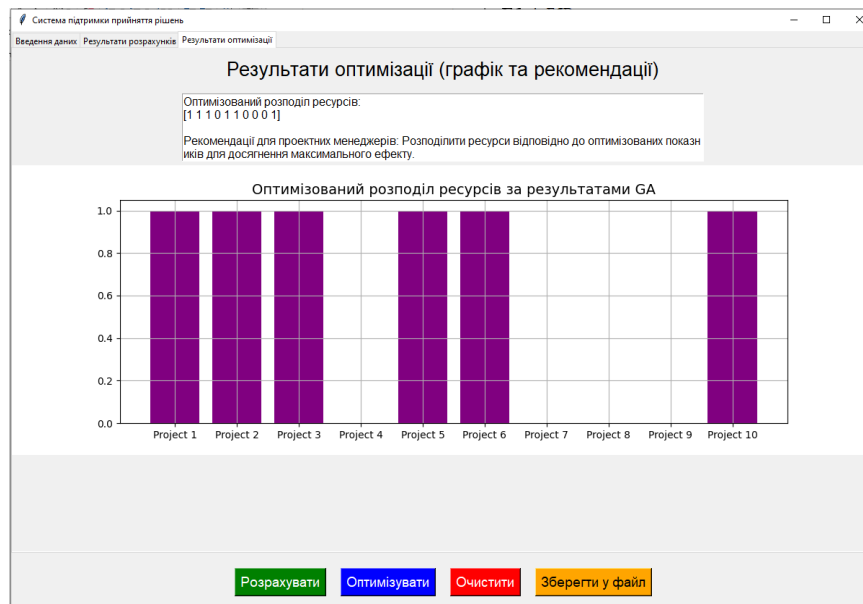


Рисунок 4.3 – Загальний вигляд вікна користувача СППР для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад із вкладкою «Результати оптимізації»

Реалізація інтерфейсу передбачає використання бібліотеки Tkinter для створення вкладок і елементів, а також бібліотеки Matplotlib для побудови графіків. Для інтерактивних функцій, таких як очищення полів і збереження результатів, були додані відповідні функції.

Створене вікно користувача сприятиме легкій роботі з системою підтримки прийняття рішень, дозволяючи користувачам швидко вводити дані, виконувати розрахунки та отримувати візуальні результати для подальшого аналізу.

#### **4.2. Розробка функціональних модулів системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад**

Розробка функціональних модулів є основним етапом у створенні системи підтримки прийняття рішень (СППР), яка допомагає оптимізувати



портфель соціальних проектів. Нами описано основні функціональні модулі системи, що реалізовані за допомогою мови програмування Python з використанням її бібліотек.

Нами розроблена функція для обчислення пріоритетів методом АНР. Метод аналізу ієрархій (АНР) є основним інструментом для оцінки пріоритетів проектів на основі заданих критеріїв. Наведений нижче фрагмент коду демонструє, як реалізується ця функція (рис. 4.4).

```
def ahp_priority_evaluation(projects, criteria_weights):
    scores = {}
    for project, values in projects.items():
        weighted_sum = sum(value * weight for value, weight in zip(values, criteria_weights))
        scores[project] = weighted_sum
    return scores
```

Рисунок 4.4 – Фрагмент коду із функцію для обчислення пріоритетів методом АНР

Ця функція приймає на вхід словник проектів із їхніми значеннями по критеріях та вагові коефіцієнти критеріїв. Вона обчислює підсумковий пріоритет кожного проекту шляхом множення значень критеріїв на відповідні ваги та повертає результати у вигляді словника.

Нами розроблена функція для оптимізації розподілу ресурсів методом генетичного алгоритму (GA). Генетичний алгоритм є ефективним методом для розв’язання задач оптимізації, де необхідно знаходити найкращий розподіл ресурсів між проектами. Фрагмент коду нижче описує реалізацію функції GA (рис. 4.5).

```
def ga_optimization(projects, criteria_weights, population_size=10, generations=50, mutation_rate=0.1):
    num_projects = len(projects)
    population = [np.random.randint(2, size=num_projects) for _ in range(population_size)]

    for generation in range(generations):
        fitness_scores = [
            sum(individual[i] * sum(projects[f'Project {i+1}'][j] * criteria_weights[j] for j in range(len(criteria_weights))) for i in range
            for individual in population
        ]
        selected_individuals = random.choices(population, weights=fitness_scores, k=population_size // 2)
        offspring = []
        for i in range(0, len(selected_individuals), 2):
            if i + 1 < len(selected_individuals):
                crossover_point = random.randint(1, num_projects - 1)
                offspring.append(np.concatenate((selected_individuals[i][:crossover_point], selected_individuals[i+1][crossover_point:]))
                offspring.append(np.concatenate((selected_individuals[i+1][:crossover_point], selected_individuals[i][crossover_point:]))
            for child in offspring:
                if random.random() < mutation_rate:
                    mutation_point = random.randint(0, num_projects - 1)
                    child[mutation_point] = 1 - child[mutation_point]
            population = selected_individuals + offspring
        best_solution = max(population, key=lambda x: sum(
            x[i] * sum(projects[f'Project {i+1}'][j] * criteria_weights[j] for j in range(len(criteria_weights))) for i in range(num_projects)
        ))
    return best_solution
```

Рисунок 4.5 – Фрагмент коду реалізацію функції GA

Ця функція створює початкову популяцію випадкових рішень, виконує кросовер та мутації для створення нових поколінь і знаходить найкраще рішення після заданої кількості ітерацій.

Нами розроблена функція для відображення графіків результатів. Графіки є важливою частиною відображення результатів для користувача. Використання бібліотеки Matplotlib дозволяє побудувати інформативні візуалізації. Приклад функції для відображення графіка результатів методу АНР подано на рис. 4.6.

```
def display_ahp_graph(ahp_results):
    for widget in graph_frame2.wininfo_children():
        widget.destroy()

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(12, 4))
    ax.bar(ahp_results.keys(), ahp_results.values(), color='blue')
    ax.set_title('Результати розрахунку за методом АНР', fontsize=14)
    ax.grid(True)

    canvas = FigureCanvasTkAgg(fig, master=graph_frame2)
    canvas.draw()
    canvas.get_tk_widget().pack()
```

Рисунок 4.6 – Фрагмент коду функції для відображення графіка результатів методу АНР

Ця функція очищає фрейм перед побудовою нового графіка та використовує Matplotlib для відображення даних про пріоритети проектів.

Також нами розроблено інтерактивні функції для взаємодії з користувачем. Окрім функцій для розрахунків і відображення результатів, система має включати інтерфейсні функції для роботи з користувачем, такі як очищення полів введення та збереження результатів у файл (рис. 4.7).

```
def clear_all():
    for entry_set in data_entries:
        for entry in entry_set:
            entry.delete(0, tk.END)
    for widget in graph_frame2.wininfo_children():
        widget.destroy()
    results_text2.delete("1.0", tk.END)
    for widget in graph_frame3.wininfo_children():
        widget.destroy()
    results_text3.delete("1.0", tk.END)
    results_text3.insert("1.0", "Тут буде відображено")
```

Рисунок 4.7 – Фрагмент коду функції очищення полів

Таким чином, розробка функціональних модулів СППР охоплює реалізацію обчислювальних алгоритмів, відображення результатів у зручному для користувача форматі та інтерактивних функцій для підтримки ефективної взаємодії з системою. Завдяки цим модулям користувачі можуть здійснювати аналіз та оптимізацію портфеля проектів із максимальною точністю та зручністю.

### **4.3. Результати розрахунку економічної ефективності від використання системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад**

Оцінка економічної ефективності від впровадження системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад базується на порівнянні витрат та отриманих вигод від використання системи. Ефективність може бути оцінена за допомогою формул, що враховують зниження витрат та підвищення прибутковості за рахунок оптимізації ресурсів.

Загальна економічна ефективність ( $E_E$ ) використання СППР розраховується за формулою:

$$E_E = \frac{B_\partial}{C_{\text{вит}}} \times 100\% . \quad (4.1)$$

де  $B_\partial$  – сумарні економічні вигоди від використання СППР;  $C_{\text{вит}}$  – сукупні витрати на впровадження та експлуатацію СППР.

Виконуємо визначення складових вигод та витрат. Загальні витрати  $C_{\text{вит}}$  включають:

- початкові витрати на розробку та впровадження системи  $C_{\text{пот}}$  ;
- експлуатаційні витрати на підтримку системи  $C_{\text{екп}}$  .

$$C_{\text{вум}} = C_{\text{пот}} + C_{\text{експ}}. \quad (4.2)$$

Загальні вигоди  $B_{\delta}$  включають економію коштів за рахунок оптимізації та підвищення ефективності управління проектами:

$$B_{\delta} = \sum_{i=1}^n (\Delta P_i + \Delta E_i). \quad (4.3)$$

де  $\Delta P_i$  – приріст прибутку від реалізації  $i$ -го соціального проекту;  $\Delta E_i$  – зменшення витрат на реалізацію  $i$ -го соціального проекту.

Виконаємо розрахунок економічної ефективності для портфеля з трьох проектів із наступними параметрами:

- початкові витрати на розробку системи  $C_{\text{роз}} = 50000$  грн.
- витрати на експлуатацію системи  $C_{\text{екс}} = 10000$  грн/рік.
- приріст прибутку та зменшення витрат для кожного проекту:
  - Проект 1 –  $\Delta P_1 = 15000$  грн,  $\Delta E_1 = 5000$  грн.
  - Проект 2 –  $\Delta P_2 = 20000$  грн,  $\Delta E_2 = 8000$  грн.
  - Проект 3 –  $\Delta P_3 = 18000$  грн,  $\Delta E_3 = 7000$  грн.

Виконаємо розрахунок загальних витрат:

$$C_{\text{вум}} = 50000 + 10000 = 60000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок загальних вигод:

$$B_{\delta} = (15000 + 5000) + (20000 + 8000) + (18000 + 7000) = 73000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економічної ефективності:

$$E_E = \frac{73000 - 60000}{60000} \times 100\% = \frac{13000}{60000} \times 100\% \approx 21.67\%$$

Таким чином, економічна ефективність використання системи підтримки прийняття рішень становить приблизно 21.67%, що свідчить про доцільність впровадження даної системи для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку економічної ефективності від використання системи підтримки прийняття рішень

Параметр	Значення (грн)
Початкові витрати ( $C_{роз}$ )	50000
Витрати на експлуатацію ( $C_{екс}$ )	10000
Загальні витрати ( $C_{вит}$ )	60000
Приріст прибутку та економія ( $B_{\delta}$ )	73000
Економічна ефективність ( $E_E$ )	21.67%

Отримані результати демонструють, що впровадження СППР дозволяє значно знизити витрати та підвищити економічну ефективність управління портфелем проектів. Завдяки оптимізації розподілу ресурсів і зниженню витрат на реалізацію проектів, система допомагає досягти позитивного фінансового результату.

## РОЗДІЛ 5.

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **5.1. Аналіз шкідливих чинників під час розробки системи підтримки прийняття рішень**

Розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад включає в себе оцінку потенційних шкідливих і небезпечних чинників, які можуть вплинути на процес створення та експлуатації системи. Ці чинники повинні бути враховані на етапі планування та розробки для мінімізації ризиків і забезпечення безпеки команди розробників і користувачів.

Під час розробки СППР можуть виникати різні шкідливі чинники, які можна класифікувати за фізичними, хімічними, біологічними та психофізіологічними складовими. У таблиці 5.1 представлена характеристика кожного з цих чинників.

Постійний шум від серверів, комп'ютерної техніки та іншого обладнання може спричинити головний біль і зниження продуктивності. Рекомендується використовувати шумопоглинаючі матеріали та розміщувати обладнання у спеціально обладнаних приміщеннях.

Хоча вібрація від сучасної комп'ютерної техніки є мінімальною, довготривала робота може призвести до неприємних відчуттів у руках та пальцях. Рекомендується використовувати ергономічні пристрої.

Постійна робота за комп'ютером може підвищувати ризик впливу електромагнітного випромінювання. Для мінімізації впливу рекомендується дотримуватись безпечної відстані від монітора та використовувати спеціальні захисні екрани.

Використання різних засобів для очищення та обслуговування техніки може спричинити контакт із хімічними речовинами, які є подразниками.

Рекомендується використовувати рукавички та провітрювати приміщення після використання хімічних засобів.

Таблиця 5.1 – Характеристика небезпечних та шкідливих чинників

Чинники	Складова	Характеристика
Фізичні	Шум	Підвищений рівень шуму від обладнання, що працює.
	Вібрація	Вібрації при роботі з комп'ютерною технікою.
	Електромагнітне випромінювання	Випромінювання від моніторів та інших електронних пристроїв.
Хімічні	Хімічні речовини	Використання засобів для очищення техніки, що містять хімічні речовини.
Біологічні	Мікроорганізми	Потенційне зараження через спільне користування технікою.
Психофізіологічні	Емоційне напруження	Стрес під час роботи над складними завданнями.
	Перевтома	Підвищене навантаження через тривалий час роботи.
	Зорове навантаження	Напруга очей через роботу за монітором.

Спільне використання клавіатур, мишок та інших пристроїв може спричинити розповсюдження мікроорганізмів. Регулярна дезінфекція обладнання є необхідною мірою безпеки.

Робота над складними завданнями, особливо в умовах обмеженого часу, може спричинити стрес. Важливо планувати робочий процес з урахуванням перерв та розподілу завдань. Тривала робота без перерв може призвести до зниження продуктивності та погіршення здоров'я. Рекомендується дотримуватись режиму роботи з регулярними перервами. Тривала робота за

комп'ютером може призвести до втоми очей та зниження зору. Використання спеціальних екранів для зменшення навантаження на очі та дотримання правил роботи за монітором є необхідними заходами.

Аналіз та врахування зазначених чинників під час розробки СППР допоможуть знизити ризики для команди розробників та забезпечити безпеку під час експлуатації системи.

## **5.2. Розробка заходів щодо покращення умов праці під час створення системи підтримки прийняття рішень**

Під час розробки системи підтримки прийняття рішень (СППР) важливо створити безпечні та комфортні умови праці для команди розробників. Забезпечення належних умов допоможе не тільки зберегти здоров'я працівників, але й підвищити продуктивність роботи. Нижче наведені заходи щодо покращення умов праці та їхні характеристики (табл. 4.2).

Розробка заходів щодо покращення умов праці включає комплексні рішення, що охоплюють фізичні, організаційні, психологічні та технічні аспекти.

Робоче середовище може мати високий рівень шуму через обладнання, таке як комп'ютери, принтери тощо. Використання спеціальних панелей або звукоізоляційних матеріалів допоможе значно знизити рівень шуму, що сприятиме кращій концентрації.

Довготривала робота за комп'ютером може супроводжуватись невеликою вібрацією, що впливає на руки та зап'ястя. Використання меблів з антивібраційними елементами та спеціальних килимків під клавіатуру і мишу допоможе уникнути дискомфорту.

Робота за комп'ютером пов'язана з впливом електромагнітного випромінювання. Для зменшення цього впливу рекомендується



використовувати захисні екрани та забезпечувати достатню відстань між користувачем і монітором.

Таблиця 5.2 – Заходи щодо покращення умов праці

Заходи	Складова	Характеристика
Контроль шуму	Фізичні	Використання шумопоглинаючих матеріалів для зниження рівня шуму.
Антивібраційні заходи	Фізичні	Використання меблів і техніки з антивібраційними елементами.
Захист від випромінювання	Фізичні	Використання захисних екранів для моніторів та дотримання відстані.
Провітрювання приміщення	Організаційні	Регулярне провітрювання для забезпечення свіжого повітря.
Використання безпечних засобів	Хімічні	Використання безпечних засобів для очищення техніки.
Дезінфекція обладнання	Біологічні	Регулярне очищення клавіатур, мишок та іншого спільного обладнання.
Забезпечення перерв	Психофізіологічні	Планування регулярних перерв для уникнення перевтоми.
Ергономіка робочих місць	Організаційні	Використання ергономічних стільців, столів і правильне розміщення екранів.
Навчання та тренінги	Психологічні	Проведення тренінгів зі зниження стресу та покращення емоційного стану.
Спеціальні захисні окуляри	Психофізіологічні	Використання окулярів для зниження навантаження на очі.

Для підтримки здорового мікроклімату важливо регулярно провітрювати приміщення або використовувати системи вентиляції. Це дозволяє зменшити накопичення вуглекислого газу та підтримувати комфортну атмосферу.

Під час очищення техніки важливо використовувати засоби, які не містять агресивних хімічних речовин. Це знижує ризик подразнення шкіри та дихальних шляхів.

Спільне використання обладнання вимагає регулярної дезінфекції для запобігання поширенню бактерій та вірусів. Використання антисептичних серветок та інших безпечних засобів дозволяє зберегти чистоту.

Для уникнення перевтоми рекомендується дотримуватись режиму праці з короткими перервами кожні 1-2 години. Це допомагає зберегти концентрацію та продуктивність протягом робочого дня.

Використання ергономічних меблів, що підтримують правильну поставу та зменшують навантаження на м'язи, є важливим аспектом зниження ризику травм та дискомфорту під час роботи.

Проведення тренінгів та навчальних сесій з управління стресом сприяє покращенню психологічного стану працівників і знижує рівень стресу під час виконання завдань.

Використання спеціальних окулярів, що знижують напругу на очі під час роботи за монітором, допомагає уникнути втоми та зберегти зір.

Реалізація цих заходів дозволить забезпечити комфортні та безпечні умови праці під час розробки СППР, що сприятиме збереженню здоров'я працівників і підвищенню ефективності роботи.

### **5.3. Розробка логічно–імітаційної моделі процесу виникнення травм під час роботи за комп'ютером**

Для побудови логіко–імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми під час роботи за комп'ютером складемо список

базових подій. Вони лежатимуть у основі даної моделі. Кожному пункту списку присвоюємо певне значення ймовірності виникнення. Нижче подано сам список:

1. Стан контролю з охорони праці .....  $P_1 = 0,2$ ;
2. Несерйозне відношення до проходження обслуговування комп'ютерної техніки .....  $P_2 = 0,1$ ;
3. Відсутність захисних засобів .....  $P_3 = 0,2$ ;
4. Невисока наційність .....  $P_4 = 0,03$ ;
5. Використання застарілого обладнання .....  $P_6 = 0,02$ ;
6. Пошкодження ізоляції .....  $P_7 = 0,4$ ;
7. Досвід роботи виконавця .....  $P_{12} = 0,35$ .
8. Професійний рівень виконавця .....  $P_{13} = 0,5$ ;
9. Психофізіологічний стан виконавця .....  $P_{14} = 0,083$ ;

На основі даного списку будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічне представлення якої зображено на рис. 4.1.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що входять у дану логіко-імітаційну модель процесу роботи за комп'ютером (на прикладі ймовірності отримання травми виконавця).

Ймовірність виникнення події  $P_5$  визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,003 - 0,2 \cdot 0,1 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 = 0,314$$

Ймовірність виникнення події  $P_{10}$  визначаємо так:

$$P_{10} = 0,2 + 0,1 = 0,3.$$

Ймовірність виникнення події  $P_{11}$  визначаємо:

$$P_{11} = 0,02 \cdot 0,314 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,00075.$$

Ймовірність виникнення події  $P_{15}$  визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 0,083 = 0,0145.$$

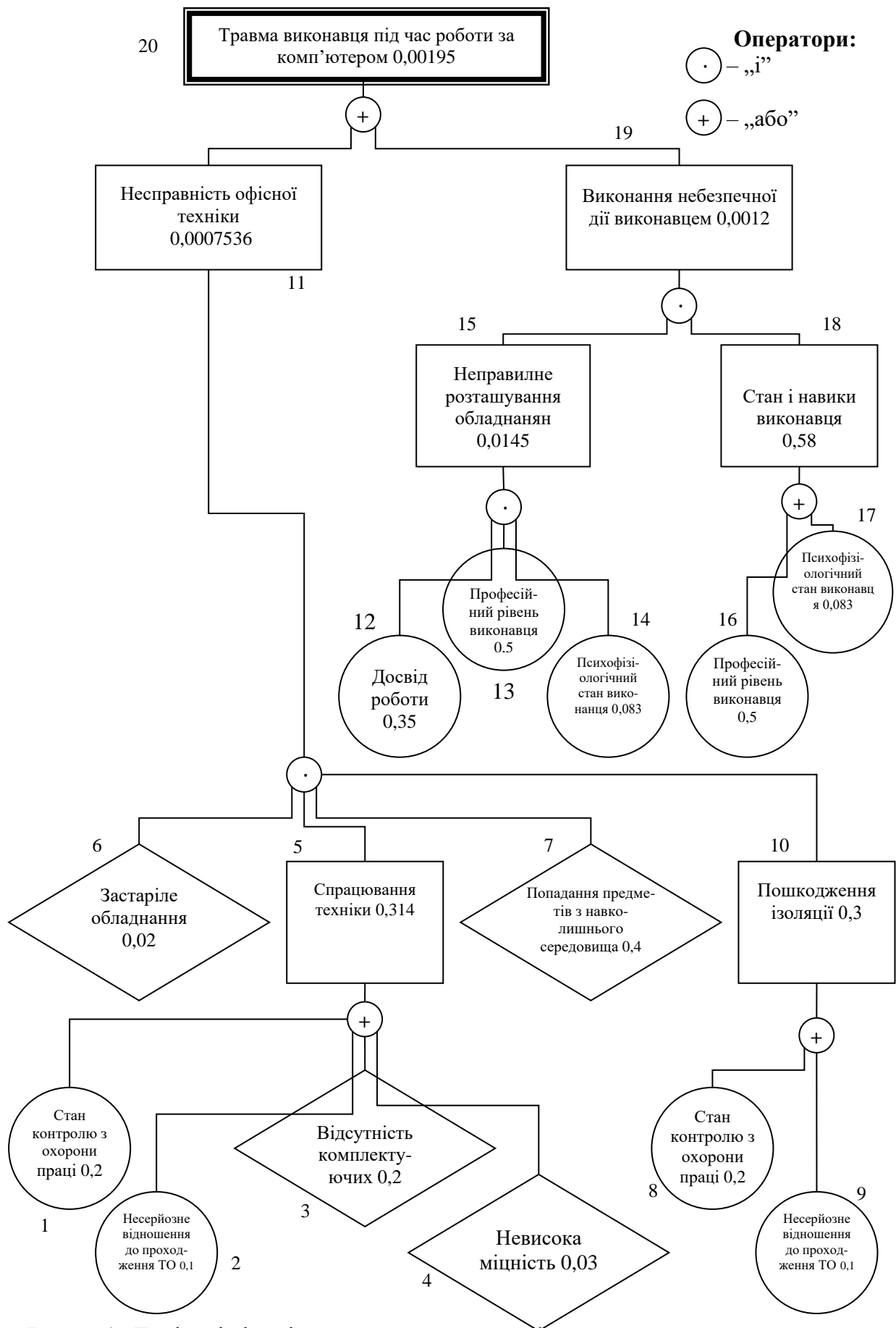


Рис. 5.1. Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час роботи за комп'ютером

Ймовірність події  $P_{18}$ :

$$P_{18} = 0,5 + 0,083 = 0,58.$$

Ймовірність події  $P_{19}$ :

$$P_{19} = 0,0145 \cdot 0,083 = 0,0012.$$

Ймовірність події  $P_{20}$ :

$$P_{20} = 0,00075 + 0,0012 = 0,00195.$$

Ймовірність травми рівна ймовірності виникнення аварії, бо остання можлива лише за умови роботи виконавця за комп'ютером.

Логічно-імплікаційна модель є ефективним інструментом для вивчення процесу виникнення травм під час роботи за комп'ютером. Вона дозволяє детально описати процес виникнення травм та оцінити ризик їх виникнення. Це може бути використано для розробки ефективних заходів щодо попередження травм.

#### **5.4. Розробка заходів щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях**

Під час розробки та впровадження системи підтримки прийняття рішень (СППР) важливо врахувати заходи щодо безпеки у разі надзвичайних ситуацій. Це дозволяє зменшити ризики для здоров'я працівників та мінімізувати потенційні втрати у разі виникнення аварійних ситуацій. Основні заходи, спрямовані на забезпечення безпеки, охоплюють підготовку персоналу, створення планів евакуації, наявність засобів пожежогасіння та забезпечення безпечних умов праці.

Основними заходами безпеки є у надзвичайних ситуаціях є розробка та впровадження плану евакуації. Для цього створюються детальні плани евакуації приміщень із зазначенням виходів, напрямків руху та зон збору. Планується розміщення планів евакуації у доступних місцях на робочих ділянках. Виконується оснащення приміщень сучасними засобами

пожежогасіння (вогнегасники, системи пожежної сигналізації). Здійснюється регулярна перевірка справності засобів пожежогасіння та їхнє оновлення.

Передбачається встановлення джерел безперебійного живлення (UPS) для забезпечення стабільної роботи обладнання під час відключень електроенергії.

Забезпечення безпеки під час надзвичайних ситуацій вимагає комплексного підходу, що охоплює як технічні, так і організаційні заходи. Виконання вищезазначених заходів дозволить створити безпечні умови для роботи команди розробників та мінімізувати ризики у разі надзвичайних ситуацій. Регулярні перевірки та тестування систем безпеки, а також навчання персоналу, допоможуть підтримувати готовність до будь-яких непередбачуваних обставин.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Виконана кваліфікаційна робота стосується розробки та впровадження системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад. Результати цього дослідження можуть сприяти підвищенню ефективності управління проектами та забезпеченню якісних інформаційних рішень для прийняття управлінських рішень у сфері розвитку громад.

Нами було проведено детальний аналіз особливостей процесу прийняття рішень для соціальних проектів. Встановлено, що оптимізація портфеля таких проектів є складним завданням через численні чинники, які впливають на їх реалізацію та успішність.

Аналіз сучасних підходів до управління портфелями проектів показав, що традиційні методи часто не забезпечують достатньої гнучкості та ефективності для швидкої адаптації до змінних умов. Інтеграція сучасних інструментів, таких як методи багатокритеріального аналізу та алгоритми оптимізації, дозволяє підвищити якість ухвалення рішень і ефективність управління портфелем проектів.

Аналіз доцільності використання інформаційних систем та технологій для управління портфелями проектів показав, що сучасні інформаційні рішення значно підвищують ефективність управління проектами. Використання таких систем забезпечує автоматизацію процесів, покращення контролю за виконанням завдань, ефективний розподіл ресурсів та гнучкість у прийнятті рішень. Впровадження інформаційних систем є необхідною умовою для успішного управління портфелями проектів у динамічному середовищі, що сприяє досягненню стратегічних цілей організації.

Аналіз існуючого програмного забезпечення для управління проектами, такого як Project Planner Reader, RationalPlan Viewer, Seavus Project Viewer, Open Workbench та GanttProject, показав, що кожен інструмент має свої переваги та обмеження. Усі ці інструменти роблять управління проектами

доступнішим та сприяють покращенню контролю над ресурсами й завданнями, але вибір конкретного рішення залежить від специфічних потреб та масштабу проекту.

Формування архітектури програмного забезпечення для оптимізації портфелів проектів є важливим етапом, що забезпечує ефективне функціонування системи. Правильно спроектована архітектура дозволяє інтегрувати різні модулі для аналізу, планування та оптимізації, забезпечуючи масштабованість, продуктивність та гнучкість у використанні. Підхід, орієнтований на модульність і використання сучасних технологій, сприяє створенню надійного середовища для управління портфелем проектів та підвищує ефективність процесів ухвалення рішень.

Розроблена нами концептуальна модель системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад є основою для ефективного управління ресурсами та підвищення якості ухвалення рішень. Вона забезпечує інтеграцію різних компонентів, таких як збір даних, оцінка проектів та оптимізація ресурсів, що сприяє підвищенню прозорості та результативності процесів управління.

Вибір засобів для створення системи підтримки прийняття рішень є важливим кроком для забезпечення її ефективності та функціональності. Використання сучасних мов програмування, таких як Python, разом із бібліотеками NumPy, pandas, matplotlib для аналізу даних та візуалізації, а також інструментів для оптимізації, таких як scipy.optimize та спеціалізовані алгоритми, дозволяє створити гнучку, масштабовану та інтегровану систему, що відповідає потребам управління портфелем соціальних проектів.

Розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громади вимагає вибору відповідних методів аналізу та оптимізації. Нами пропонується здійснювати вибір з-поміж методів аналізу ієрархій (АНП), TOPSIS та генетичного алгоритму (GA) для оптимізації портфеля соціальних проектів.



Встановлено, що застосування методу аналізу ієрархій (АНР) для оцінки пріоритетів проектів та використання генетичних алгоритмів (GA) для оптимізації розподілу ресурсів дозволяє створити гнучку та ефективну систему. Комбінація цих методів забезпечує високий рівень точності у визначенні пріоритетів і оптимальному розподілі обмежених ресурсів, що сприяє досягненню стратегічних цілей розвитку громад.

Для проведення дослідження щодо обґрунтування раціонального методу оцінки пріоритетів соціальних проектів на основі створення програмного забезпечення насамперед виконано підготовку даних про соціальні. Правильна підготовка даних, включаючи визначення критеріїв, нормалізацію значень та генерацію тестових наборів, забезпечує основу для застосування методів аналізу та оптимізації, що дозволяють приймати об'єктивні рішення та ефективно розподіляти ресурси в портфелі соціальних проектів.

Нами створена функція для розрахунку пріоритетних соціальних проектів за допомогою методу АНР, яка складається з кількох кроків: нормалізації матриці критеріїв, обчислення зважених сум для проектів та отримання остаточних пріоритетів. Функція обчислює зважену суму оцінок для кожного проекту, яка використовується для визначення його пріоритету.

Функція для оцінки пріоритетних соціальних проектів за методом TOPSIS реалізована на Python і виконує всі зазначені етапи. Це дозволяє проводити об'єктивну оцінку проектів, враховуючи множинні критерії, та забезпечує ефективне ранжування для підтримки прийняття рішень. Реалізація функції надає можливість швидкого та точного аналізу даних, що підвищує ефективність управління портфелем соціальних проектів.

Нами створено функцію, яка передбачає комбінування аналізу ієрархій (АНР) та лінійного програмування (LP), що є потужним інструментом для оптимізації розподілу ресурсів у портфелі соціальних проектів. Для реалізації цієї функції необхідно спочатку обчислити пріоритети соціальних проектів за допомогою АНР, а потім використати отримані оцінки для побудови моделі лінійного програмування (рис. 3.6).

Створення функція із використанням генетичного алгоритму GA включає всі етапи процесу оптимізації, починаючи з ініціалізації популяції та закінчуючи вибором найкращого рішення. Функція пристосованості обчислюється як сума зважених оцінок проектів, включених до хромосоми.

Нами проаналізовано результати роботи чотирьох методів оцінки та оптимізації пріоритетів соціальних проектів: методу аналізу ієрархій (АНР); методу TOPSIS; комбінації АНР з лінійним програмуванням (АНР + LP) та генетичного алгоритму (GA). На підставі виконаних досліджень встановлено, що слід використовувати комбінований підхід, при якому АНР застосовується для початкової оцінки, а GA – для складніших задач оптимізації розподілу ресурсів між соціальними проектами розвитку громад.

Написаний код та створене вікно користувача системи підтримки прийняття рішень для оптимізації портфеля соціальних проектів включає вкладки для введення даних, перегляду поточних розрахунків та результатів оптимізації, що сприяє підвищенню ефективності та прозорості процесу прийняття рішень. Реалізація інтерфейсу передбачає використання бібліотеки Tkinter для створення вкладок і елементів, а також бібліотеки Matplotlib для побудови графіків. Для інтерактивних функцій, таких як очищення полів і збереження результатів, були додані відповідні функції.

Розробка функціональних модулів системи підтримки прийняття рішень забезпечує комплексний підхід до оцінки та оптимізації портфеля соціальних проектів. Реалізовані модулі дозволяють проводити оцінку пріоритетів проектів за допомогою методу АНР, а також здійснювати оптимізацію ресурсів із використанням генетичних алгоритмів (GA). Така інтеграція підвищує ефективність управління, сприяє прийняттю обґрунтованих рішень та полегшує виконання складних обчислювальних задач. Використання мови Python та відповідних бібліотек забезпечує надійну та продуктивну роботу системи.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що економічна ефективність використання системи підтримки прийняття рішень становить

приблизно 21.67%, що свідчить про доцільність впровадження даної системи для оптимізації портфеля соціальних проектів розвитку громад.

Забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях є ключовим аспектом під час розробки та впровадження систем підтримки прийняття рішень. Впровадження комплексних заходів, таких як розробка планів евакуації, навчання персоналу, оснащення засобами пожежогасіння та забезпечення належних умов праці, сприяє зниженню ризиків та підвищенню безпеки робочого середовища. Виконання цих заходів забезпечує захист здоров'я працівників і мінімізує потенційні втрати у разі надзвичайних ситуацій, створюючи надійну та безпечну робочу атмосферу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонова, О. В. Проектування інформаційної системи оптимізації портфелів проектів розвитку громад із використанням генеративного інтелекту : монографія / О. В. Антонова. Київ : Видавничий дім «АДЕФ–Україна», 2023. 256 с. ISBN 978–617–7752–52–7.
2. Введення в машинне навчання за допомогою Python и Scikit–Learn. URL: <https://habr.com/ua/company/mlclass/blog/247751/> (дата звернення: 20.09.2024).
3. Гончаров, С. М. Генеративно–індуктивний інтелект : навч. посіб. / С. М. Гончаров, В. Г. Котельников. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 240 с. ISBN 978–966–183–802–0.
4. Гончаров, С. М. Генеративно–індуктивний інтелект у задачах оптимізації / С. М. Гончаров // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2022. № 1. С. 8–18. DOI: 10.33728/itki.2022.1.1.
5. Григорович О.В. Застосування багатошарових перцептронів для класифікації позичальників юридичних осіб. Нейронечіткі технології моделювання в економіці. Науково–аналітичний журнал. Київ, 2019. №8. С.48–64.
6. Данченко О. Б., Лепський В. В. Сучасні моделі та методи управління проектами, портфелями проектів та програмами. Управління проектами та розвиток виробництва, 2017, №29. С. 46–54.
7. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Підручник. Вид. 5–е, доповнене. Львів: Афіша, 2012. 350с.
8. Катренко А.В., Магац Д.С. Моделі та методи формування портфелів ІТ–проектів. Інформаційні системи та мережі, 2010, №699. С. 113–124.
9. Класифікація в Python з Scikit–Learn та Pandas. URL: <https://stackabuse.com/classification-in-python-with-scikit-learn-and-pandas/> (дата звернення: 17.08.2024).

10. Класифікація в Python з Scikit-Learn та Pandas. URL: <https://stackabuse.com/classification-in-python-with-scikit-learn-and-pandas/> (дата звернення: 16.09.2024).

11. Клебан Ю.В. Дослідження способів трансформації даних в контексті підвищення ефективності моделей кредитного скорингу. Нейронечіткі технології моделювання в економіці. Науково-аналітичний журнал. Київ, 2019. №8. С.94–123.

12. Коваль Н.Я., Кондисюк І.В., Тригуба А.М. Алгоритм навчання нейронної мережі для планування часу виконання робіт у гібридних проєктах. Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: Сучасні інформаційні технології: стан та перспективи розвитку : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4 червня 2021 р., м. Херсон) / за заг. ред. Г.О. Райко. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. – С. 153–156.

13. Котельников, В. Г. Генеративно-індуктивні моделі : навч. посіб. / В. Г. Котельников. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 240 с. ISBN 978–966–183–577–1.

14. Котельников, В. Г. Генеративно-індуктивні моделі для оптимізації портфелів проєктів / В. Г. Котельников // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2019. № 4. С. 11–22. DOI: 10.33728/itki.2019.4.1.

15. Котельников, В. Г. Генеративно-індуктивні системи : навч. посіб. / В. Г. Котельников. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 256 с. ISBN 978–966–183–727–3.

16. Лехман С.Д., Рублев В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. К.: Урожай, 1993. 267 с.

17. Новоселецький О.М., Якубець О.В. Моделювання кредитоспроможності юридичних осіб на основі дискримінантного аналізу та нейронних мереж. Нейронечіткі технології моделювання в економіці. Науково-аналітичний журнал. Київ, 2014. №3. С.120–151.

18. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., Демчина В. Андрушків О., Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на

процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. Вісник Львівського національного університету природокористування: агроінженерні дослідження. №24. Львів: Львів НУП, 2024. С. 123-130.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.17>

19. Тригуба А., Пташник В., Татомир А., Коваль Н.Я., Кондисюк І.В. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування складових гібридних проєктів. Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали ХХІІ Міжнародного науково-парктичного форуму, 5–7 жовтня 2021р.: у 2 т. Львів: ННВК «АТБ», 2021. Т.2. С. 96–100.

20. Тригуба А.М., Кондисюк І.В. Алгоритм оптимізації портфелів гібридних проєктів автотранспортних підприємств. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог інноваційних розробок за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 22. Львів: Львів. нац. аграр. ун–т, 2022. С. 26.

21. Тригуба А.М., Кондисюк І.В., Татомир А.В., Шолудько Я.В., Боярчук О.В. Інтелектуальна інформаційна система формування портфелів проєктів автотранспортних підприємств. Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали Х-ї міжнародної наукової конференції, присвяченої 165-річчю університету. Львів–Дубляни, 2021, С. 113–115.

22. Тригуба А.М., Мармуляк А., Маланчук О.М., Придатко О.В. Модель та програмні модулі для моніторингу процесу відбору соціальних проєктів розвитку громад. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2024, 29, 152-167.  
<https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.16>

23. Тригуба А.М., Мармуляк А., Маланчук О.М., Тригуба І.Л. Вплив цифрової трансформації громад на ініціацію та планування соціальних проєктів. Управління розвитком складних систем. 2024, 57, 130-136.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.17>

24. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Коваль Н.Я., Кондисюк І.В. Використання моделі SARIMA для прогнозування проектного середовища гібридних проектів заготівлі молока на території громад. Тези доп. XIX-й Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». Київ: КНУБА, 2022. С.279–284.

25. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Мармуляк А.С., Маланчук О.М. Моніторингу відбору соціальних проектів із використанням веб-парсингу. Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами післявоєнної розбудови України: тези доп. XXI -ї Міжн. конф., Київ: КНУБА, 2024. С.233-237.

26. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Tryhuba, I., Bandura, I. A conceptual model of adaptive value management of project portfolios of creation of hospital districts in Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3453, pp. 82–95. <https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper8.pdf>

27. The standard for Portfolio Management. Global standard. PMI. URL: <http://www.pmi.org/> (дата звернення: 03.0.2024).

28. Tryhuba, A., Malanchuk, O., Tryhuba, I., Marmulyak, A. Decision support system for initiating projects of medical and social development in regions. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3709, pp. 204–218. <https://ceur-ws.org/Vol-3709/paper17.pdf>

29. Tryhuba, A., Tryhuba, I., Malanchuk, O., Marmulyak, A. A deep neural network model for predicting the competitive score of social projects for community development. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3711, pp. 55–74. <https://ceur-ws.org/Vol-3711/paper5.pdf>

30. Tryhuba, I., Tryhuba, A., Grabovets, V., Bodak, V., Horodetska1, N. Forecasting the duration of work in plant protection projects. CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3453, pp. 96–105. <https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper9.pdf>