

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Визначення критеріїв для вибору інформаційної системи управління проектом
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи УПГІТм-22-3

Купенко Максим Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Управління проектами в галузі інформаційних технологій
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф.каф. ІУС Віктор ЛЕВИКІН
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри


(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ
(власне ім'я, прізвище)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
 Кафедра _____ Інформаційних управляючих систем _____
 Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
 Спеціальність _____ 122 Комп'ютерні науки _____
 (код і повна назва)
 Тип програми _____ освітньо-наукова _____
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)
 Освітня програма _____ Управління проектами в галузі інформаційних технологій _____
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« 01 » квітня 20 24 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Купенку Максиму Ігоровичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Визначення критеріїв для вибору інформаційної системи управління проектом _____
 затверджена наказом університету від 01 квітня 2024 р. № 258 Ст
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 03 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи Функціональна структура організації, вимоги користувачів до ІСУП, існуючі стандарти розробки інформаційних систем, публікації, інформація з інтернет ресурсів щодо методу аналізу ієрархій та його використання та методів оцінювання ІС УП

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Дослідження процесів вибору ІС УП, формування критеріїв та підкритеріїв вибору ІСУП, побудова ієрархічної моделі критеріїв, розробка моделі та методу виборі ІСУП на основі вибраних критеріїв, тестування моделі та методу вибору ІСУП, реалізація розробленої моделі та методу _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 72 с., 34 табл., 16 рис., 1 дод., 25 джерел.

ВИБІР ІС УП, ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ, МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ.

Об'єкт дослідження – визначення критеріїв вибору інформаційних систем управління проєктом

Мета роботи – дослідження створення моделі для вибору інформаційних систем управління проєктами на основі використання методу аналізу ієрархій з використанням визначених критеріїв.

Метод дослідження – використання методу аналізу ієрархій для оцінки та вибору інформаційних систем управління проєктами на основі розробленої моделі. Аналіз результатів за допомогою цього методу.

Теоретичні та практичні результати включають розробку системи критеріїв та підкритеріїв для оцінки інформаційних систем управління проєктами на основі методу аналізу ієрархій та впровадження моделі для вибору оптимальної інформаційної системи управління проєктами в вигляді веб додатку.

Запропонована модель оцінки інформаційних систем управління проєктами з сформованими критеріями та підкритеріями на основі сучасних вимог.

Розроблена модель дозволить ефективніше проводити процес вибору інформаційних систем управління проєктами, що забезпечить підвищення ефективності та результативності їх використання.

ABSTRACT

Explanatory Note for Qualification Work: 72 pages, 34 tables, 16 figures, 1 appendices, 25 sources.

ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS, CRITERIA DETERMINATION, PROJECT MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM SELECTION.

Object of the research - the object of the research is the determination of criteria for selecting project management information systems.

Purpose of the work – the aim of the work is to develop a model for selecting project management information systems based on the use of the Analytic Hierarchy Process method with defined criteria.

Research method – the research method includes the application of the AHP method for evaluating and selecting project management information systems based on the developed model. The results are analyzed using this method.

Theoretical and practical results – the theoretical and practical results include the development of a system of criteria and sub-criteria for evaluating project management information systems using the AHP method and the implementation of a model for selecting the optimal project management information system in the form of a web application.

The proposed model for evaluating project management information systems with formulated criteria and sub-criteria is based on modern requirements.

The developed model will enable a more efficient selection process of project management information systems, ensuring increased efficiency and effectiveness of their use.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	8
Вступ.....	9
1 Формування проблеми та аналіз існуючих методів	10
1.1 Вступ та актуальність проблеми вибору інформаційних систем управління проєктами.....	10
1.2 Формування проблеми вибору інформаційної системи управління проєктами.....	11
1.3 Аналіз існуючих методів вибору інформаційної системи управління проєктом.....	13
1.4 Розробка мети та напрямку вдосконалення.....	15
1.5 Формування переліку задач щодо вирішення даної проблеми	15
2 Теоретичне вирішення задачі з дослідження методу та моделі вибору іс уп.....	17
2.1 Опис методу аналізу ієрархій.....	17
2.2 Формування критеріїв для вибору ІСУП	20
2.3 Побудова ієрархічної моделі.....	26
2.4 Розробка методу на основі моделі	30
2.5 Висновки з теоретичного вирішення.....	32
3 Практичне вирішення задачі тестування моделі та методу вибору іс уп.....	34
3.1 Пояснення застосування методу аналізу ієрархій в рамках визначених критеріїв	34
3.2 Збір та аналіз даних для оцінки підкритеріїв в рамках їх використання в методі.....	35
3.3 Приклад оцінки альтернатив замовником	41
3.4 Висновки з вирішення задачі тестування моделі та методу вибору ІС УП.....	49
4 Практичне застосування розробленої моделі та методу.....	50
4.1 Реалізація розробленої моделі та методу при виборі ІС УП.....	50
4.2 Оцінка результатів та висновки	54
Висновки	55

Перелік джерел посилання	56
Додаток А Графічний матеріал.....	59

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ІС – Інформаційна система

ІС УП – Інформаційна система управління проектами

PMIS – (Project Management Information System) Інформаційна система управління проектами

MAI – Метод аналізу ієрархій

AHP – (Analytical Hierarchy Process) Метод аналізу ієрархій

ВСТУП

В сучасних умовах ведення бізнесу вибір інформаційної системи управління проектами стає стратегічним завданням для підприємств. Визначення критеріїв для вибору інформаційної системи управління проектом є складним завданням яке потребує аналізу та зважування важливості кожного з критеріїв. Розуміння та визначення критеріїв для вибору ІС УП включає в себе не лише технічні аспекти, але й глибокий аналіз потреб бізнесу. Існує необхідність в поглибленому аналізі можливих критеріїв. Їх актуальності та оптимальності при виборі за ними ІС УП.

Також надзвичайно важливим є і дослідження впливу кожного з можливих критеріїв. Це можливо зробити шляхом зважування важливості кожного з вибраних критеріїв.

Це дозволить створити модель та метод які будуть ефективними при виборі ІС УП та допоможуть оптимізувати їхню імплементацію в підприємства.

1 ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ

1.1 Вступ та актуальність проблеми вибору інформаційних систем управління проектами

Управління завжди було основою для любого проекту. Починаючи з будівництва пірамід і закінчуючи сучасними ІТ проектами правильне планування, контроль та оцінка виконання на всіх етапах відіграло величезну роль в успішності і витратоефективності кінцевого продукту. Наприклад дане дослідження було сформоване та сплановане на основі методичних вказівок [1][2][3].

Інформаційні системи управління проектами стали невід'ємною частиною сучасного бізнесу і відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного планування, контролю та виконання проектів. Вони забезпечують централізований доступ до інформації, автоматизують процеси управління ресурсами та дозволяють здійснювати аналіз результатів для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень. При використанні ІС УП спостерігається підвищення ефективності управління проектами [4].

Сучасні проекти стають все більш складними, розділеними на фази і включають в себе різноманітні аспекти, такі як міжнародні команди та складні технічні вимоги. Це потребує високого рівня координації та управління, який можуть забезпечити лише сучасні інформаційні системи управління проектами. Звісно на протидію збільшенню проектів виступають новітні технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання, великі дані та хмарні обчислення які інтегруються в ІС УП, підвищуючи ефективність і можливості ІС УП[5]. Наприклад, ШІ може допомогти у прогнозуванні ризиків і управлінні ресурсами, що є критичним для успішного виконання проектів[6].

Сучасні ІС УП автоматизують рутинні завдання, зменшуючи ручну працю та ймовірність людських помилок. Цифровізація процесів управління проектами дозволяє зберігати, обробляти і аналізувати великі обсяги даних, що допомагає

у прийнятті обґрунтованих рішень. Окрім того залучення концепцій “великих даних” в сучасних ІС УП допомагає в вирішенні вже згаданої проблеми збільшення об’ємності та складності проєктів з кожним роком [7].

Використання сучасних ІС УП дозволяє значно підвищити продуктивність команди, ефективність управління ресурсами та загальну якість виконання проєктів. Ці системи забезпечують доступ до даних в реальному час, полегшуючи моніторинг та контроль проєктних показників.

У контексті глобалізації, багато компаній працюють з міжнародними проєктами, які потребують злагодженого управління та комунікації між географічно розділеними командами. Сучасні ІС УП забезпечують необхідні інструменти для віддаленої співпраці, підтримки багатомовності та врахування різних часових поясів, а хмарні обчислення і їх розвиток напряду впливає на ефективність сучасних ІС УП особливо в кризових умовах таких як пандемії та збройні конфлікти[8].

ІС УП надають інструменти для управління ризиками, моніторингу відповідності нормативним вимогам та забезпечення безпеки даних. Це особливо важливо в умовах постійно зростаючих вимог до конфіденційності та захисту інформації.

Отже, вибір ІСУП в контексті новітніх технологій є важливою та актуальною темою, яка вимагає комплексного підходу та глибокого аналізу для забезпечення успіху проєктів і підвищення конкурентоспроможності організацій.

1.2 Формування проблеми вибору інформаційної системи управління проєктами

Проблема вибору ІС УП стає актуальною в умовах стрімкого розвитку технологій та зростаючої складності проєктів, коли вірний вибір інформаційної системи може визначити успішність управління проєктами та досягнення

поставлених цілей. ІС УП показують свою необхідність при проєктах різної направленості. Як в багатомільйонному будівництві так і в розвитку сільської місцевості бідних регіонів[9].

Основні проблеми, які виникають при виборі ІС УП:

- різноманітність пропозицій на ринку;
- недостатнє розуміння потреб організації;
- складність оцінки функціональних можливостей;
- висока вартість та фінансові ризики;
- інтеграція з існуючими системами;
- проблеми з адаптацією персоналу;
- безпека даних.

Сучасний ринок пропонує велику кількість різноманітних інформаційних систем управління проєктами. Кожна система має свої унікальні функції, переваги та недоліки, що ускладнює вибір.

Часто компанії не мають чіткого розуміння своїх специфічних потреб і вимог до ІС УП, що призводить до неправильного вибору системи, яка не відповідає їхнім реальним вимогам.

Оцінка функціональних можливостей різних ІСУП може бути складною через різноманітність функцій та їхньої реалізації. Це вимагає детального аналізу та тестування кожної системи. Це також може вплинути на час адаптації систем.

Вартість впровадження та експлуатації ІС УП може бути значною. Помилковий вибір системи може призвести до фінансових втрат та невиправданих витрат особливо якщо не враховувати рівень кваліфікації наявного в організації персоналу.

Не всі ІС УП легко інтегруються з існуючими інформаційними системами організації. Це може створювати проблеми з обміном даними та злагодженою роботою різних систем.

Впровадження нової ІС УП вимагає навчання персоналу, що може бути тривалим і складним процесом. Недостатня підтримка та тренінги можуть знизити ефективність використання системи.

Забезпечення безпеки даних є критично важливим аспектом. Невідповідність системи вимогам безпеки може призвести до втрати даних або витоку конфіденційної інформації.

Застосування методів багатокритеріального аналізу, таких як метод аналізу ієрархій (МАІ), допоможе формалізувати процес вибору, врахувати важливість різних критеріїв і забезпечити обґрунтованість прийнятого рішення на їх основі. Врахування відгуків та досвіду користувачів при виборі ІС УП допоможе виявити потенційні проблеми на ранніх етапах та зробити більш інформоване рішення.

Необхідність вдосконалення процесу вибору ІС УП обумовлена зростанням складності проєктів, вимог до інтеграції, безпеки та ефективності. Використання інноваційних підходів та сучасних технологій дозволить зробити процес вибору більш обґрунтованим, прозорим та ефективним, що в свою чергу забезпечить успіх управління проєктами в організації.

1.3 Аналіз існуючих методів вибору інформаційної системи управління проєктом

Аналіз існуючих методів вибору інформаційної системи управління проєктом можна провести розглянувши кілька основних методів. Кожен метод має свої переваги та недоліки.

Наприклад звичайне порівняння характеристик де різні ІС УП порівнюються за заздалегідь визначеними критеріями є легким в застосуванні та не потребує окремих інструментів, обчислень та програмного забезпечення, але має надзвичайно високий рівень суб'єктивності оцінки та через відсутність

формалізованої методики не може враховувати важливість різних критеріїв, а лише їх наявність. Таке порівняння розглядається в роботі [10].

Метод анкетування та експертної оцінки розглянутий в концепції управління проєктів при якому проводиться збір думок експертів через анкети або інтерв'ю для оцінки різних ІСУП враховує досвід та має гнучкий підхід до оцінки, але також доволі суб'єктивний та потребує значних часових затрат[11].

Метод бальних оцінок з яким можна ознайомитися в книзі [12] визначає вагу та бали для кожного критерію, що можна використати для обчислення загальної оцінки для кожної ІС УП. Цей метод має формалізований підхід та можливість врахування ваги критеріїв, але не враховує взаємозалежності між вагами критеріїв та є доволі суб'єктивним.

Популярний метод SWOT-аналізу проводить всебічний погляд на систему її слабкі і сильні сторони, можливості та загрози. Він також враховує зовнішні та внутрішні фактори, але має складність у кількісному вимірюванні результатів та може бути занадто загальним[13].

Метод аналізу ієрархій для багатокритеріального прийняття рішень, який включає розбиття проблеми на ієрархії критеріїв та підкритеріїв є доволі популярним і зарекомендованим методом[14]. Він має формалізований і структурований підхід, враховує ваги критеріїв та субкритеріїв, а також має можливість їх парного порівняння. Серед недоліків можна зазначити вимогливість методу до обчислювальних ресурсів та часу[15].

Метод аналізу ієрархій є особливо корисним для вирішення складних багатокритеріальних задач, таких як вибір ІСУП.

Цей метод дозволяє:

- формалізувати процес прийняття рішення;
- врахувати важливість кожного критерію через ваги;
- проводити детальний аналіз за допомогою парних порівнянь, що дозволяє зменшити суб'єктивність оцінок;
- забезпечити прозорість та обґрунтованість вибору ІСУП.

МАІ дозволяє побудувати чітку ієрархію критеріїв, врахувати взаємозалежності між ними та провести комплексний аналіз, що робить його оптимальним вибором для даного дослідження.

1.4 Розробка мети та напрямку вдосконалення

Основною метою даного дослідження є створення моделі вибору інформаційної системи управління проектами з використанням методу аналізу ієрархій, що дозволить:

- формалізувати процес вибору ІС УП шляхом створення чіткої ієрархічної структури критеріїв та підкритеріїв;
- забезпечити об'єктивність і прозорість прийняття рішень, зменшуючи суб'єктивні впливи та помилки;
- підвищити ефективність управління проектами завдяки вибору системи, яка найбільш повно відповідає специфічним потребам організації;
- інтегрувати інноваційні підходи та сучасні технології у процес вибору ІС УП, що дозволить організації бути конкурентоспроможною та адаптивною до змін.

Метод аналізу ієрархій був обраний як основний метод для вирішення задачі вибору ІС УП в ході порівняння та аналізу.

1.5 Формування переліку задач щодо вирішення даної проблеми

Задля вирішення проблеми визначення критеріїв для вибору інформаційної системи управління проектом потрібно в першу чергу провести аналіз потреб

користувачів. Це необхідно, щоб з'ясувати чи підібрані шляхом аналізу існуючих методів критерії дійсно підходять для поставленої задачі.

Вивчення існуючих систем може допомогти при аналізі потреб користувачів. Проведення огляду різних існуючих інформаційних систем управління проектами, а також їх функціональних можливостей та характеристик зможе пролити світло на відповідність їх вибраним критеріям та актуальність вибраних критеріїв.

Визначення критеріїв вибору має бути ключовим, але для проведення дослідження необхідно призначити ваги критеріям. Визначити відносну важливість кожного критерію для користувачів та організації за допомогою методу аналізу ієрархій. Цей метод був використаний в декількох розглянутих наукових роботах.

На основі методу аналізу ієрархій можна оцінити існуючі системи. Шляхом оцінки проаналізувати наш метод та його правильність вибору критеріїв та їх ваги при оцінці на основі сформованого рейтингу ІС УП.

Тому в рамках роботи будуть вирішені такі задачі як:

- аналіз існуючих методів;
- визначення критеріїв та підкритеріїв для вибору ІС УП;
- розробка моделі для представлення критеріїв;
- розробка методу на основі моделі;
- оцінка ефективності вибраних критеріїв з використанням методу;
- оптимізація використання методу створеного на основі визначених критеріїв та моделі.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ З ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ТА МОДЕЛІ ВИБОРУ ІС УП

2.1 Опис методу аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (МАІ) – це метод прийняття рішень, розроблений Томасом Сааті, який допомагає приймати комплексні рішення в умовах багатьох критеріїв та альтернатив. МАІ використовує ієрархічну структуру для розбиття проблеми на більш прості компоненти та послідовного оцінювання їх за допомогою парних порівнянь[16].

Основні кроки МАІ включають:

- а) створення ієрархічної структури;
 - 1) проблема розбивається на головний критерій, підкритерії та альтернативи;
- б) парні порівняння;
 - 2) експерти порівнюють кожен елемент з іншими елементами у парах та визначають їхню відносну важливість;
- в) створення матриць порівнянь;
 - 3) оцінки експертів використовуються для створення матриць парних порівнянь для кожного рівня ієрархії;
- г) розрахунок ваг критеріїв;
 - 4) застосовується метод власних векторів для визначення ваг кожного критерію на основі матриці парних порівнянь;
- д) контроль консистентності;
 - 5) перевірка консистентності оцінок експертів для визначення їхньої надійності та уникнення суперечностей.

Варто зауважити, що метод аналізу ієрархій не вибирає найкращий варіант серед представлених він лише дозволяє структурувати та формалізувати процес прийняття рішень, забезпечуючи об'єктивність та консистентність у визначенні ваг критеріїв та виборі найкращої з альтернатив.

У методі аналізу ієрархій рішення представляються у вигляді ієрархічної структури, що складається з кількох рівнів. На верхньому рівні знаходиться головна мета або альтернативи, які порівнюються між собою. Під цим рівнем розташовані критерії, які визначаються для оцінки альтернатив на верхньому рівні. На найнижчому рівні знаходяться альтернативи, які можуть бути оцінені за допомогою критеріїв. Ієрархічна структура зображена на рисунку 1 допомагає розбити складне рішення на більш прості компоненти, що полегшує аналіз та прийняття рішень.

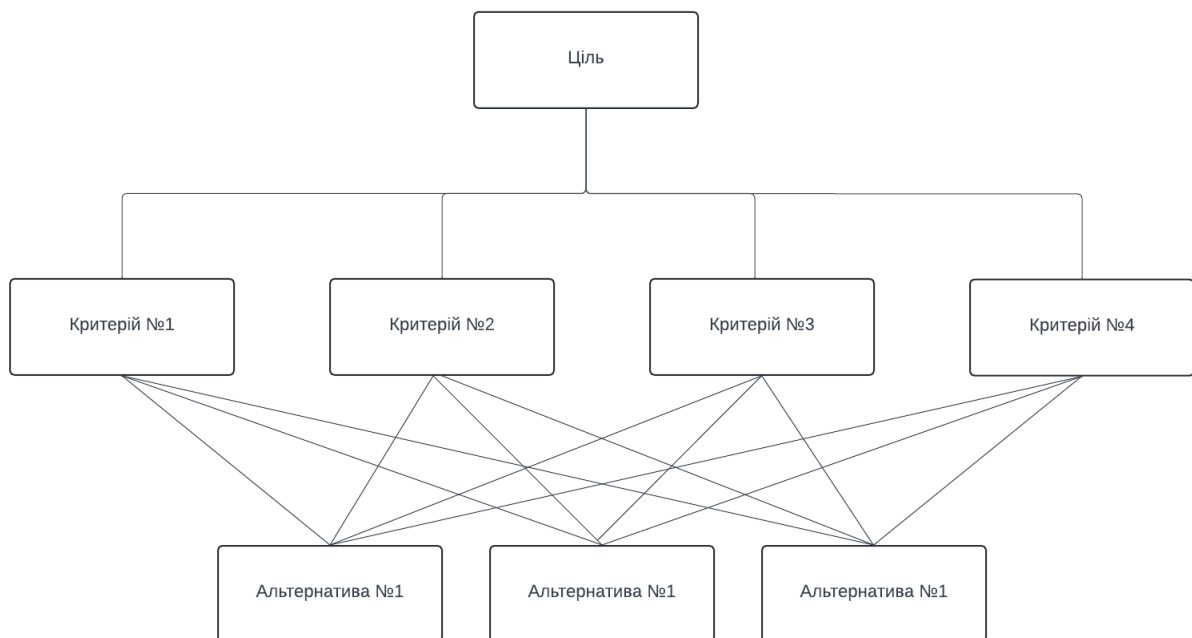


Рисунок 1 – Приклад простої ієрархії в МАІ

Одним з ключових аспектів методу АНР є проведення парних порівнянь між елементами ієрархії з метою визначення їх відносної важливості. Експерти зазначають, наскільки один елемент важливіший за інший на основі їхньої суттєвої вагомості. Ці порівняння виконуються за допомогою шкали, що зазвичай має 9 рівнів, де 1 означає рівність важливості, а 9 - абсолютну перевагу одного елемента над іншим. Парні порівняння допомагають знайти відносні

вагові коефіцієнти для кожного елемента у порівнянні з іншими. Приклад парних порівнянь наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклад попарних порівнянь

Порівняння	Критерій А	Критерій В	Критерій С	Критерій D
Критерій А	1	3	2	4
Критерій В	1/3	1	1/2	2
Критерій С	1/2	2	1	3
Критерій D	1/4	1/2	1/3	1

Після проведення парних порівнянь обчислюються вагові коефіцієнти за допомогою математичного методу, який враховує усі порівняння та робить їх консистентними. Вагові коефіцієнти вказують на відносну важливість кожного елемента у виборі або оцінці альтернативи. Ці коефіцієнти використовуються для визначення ваги кожного елемента у порівнянні з іншими, що дозволяє приймати об'єктивні рішення на основі їх важливості.

Отже, вагові коефіцієнти для кожного критерію з таблиці 1 розраховуються по відповідним формулам. Критерій А – по формулі (2.1),

$$\frac{\sqrt[4]{(1*3*2*4)}}{\sqrt[4]{(1*3*2*4)} + \sqrt[4]{(\frac{1}{3}*1*\frac{1}{2}*2)} + \sqrt[4]{(\frac{1}{2}*2*1*3)} + \sqrt[4]{(\frac{1}{4}*\frac{1}{2}*\frac{1}{3}*1)}} = 0.47, \quad (2.1)$$

Критерій В – по формулі (2.2),

$$\frac{\sqrt[4]{(\frac{1}{3}*1*\frac{1}{2}*2)}}{\sqrt[4]{(1*3*2*4)} + \sqrt[4]{(\frac{1}{3}*1*\frac{1}{2}*2)} + \sqrt[4]{(\frac{1}{2}*2*1*3)} + \sqrt[4]{(\frac{1}{4}*\frac{1}{2}*\frac{1}{3}*1)}} = 0.16, \quad (2.2)$$

Критерій С – по формулі (2.3),

$$\frac{\sqrt[4]{\left(\frac{1}{3} * 1 * \frac{1}{2} * 2\right)}}{\sqrt[4]{(1 * 3 * 2 * 4)} + \sqrt[4]{\left(\frac{1}{3} * 1 * \frac{1}{2} * 2\right)} + \sqrt[4]{\left(\frac{1}{2} * 2 * 1 * 3\right)} + \sqrt[4]{\left(\frac{1}{4} * \frac{1}{2} * \frac{1}{3} * 1\right)}} = 0.28, \quad (2.3)$$

Критерій D – по формулі (2.4),

$$\frac{\sqrt[4]{\left(\frac{1}{3} * 1 * \frac{1}{2} * 2\right)}}{\sqrt[4]{(1 * 3 * 2 * 4)} + \sqrt[4]{\left(\frac{1}{3} * 1 * \frac{1}{2} * 2\right)} + \sqrt[4]{\left(\frac{1}{2} * 2 * 1 * 3\right)} + \sqrt[4]{\left(\frac{1}{4} * \frac{1}{2} * \frac{1}{3} * 1\right)}} = 0.10, \quad (2.4)$$

В цьому прикладі найбільш важливим критерієм є очевидно критерій А.

2.2 Формування критеріїв для вибору ІСУП

При аналізі існуючих методів вирішення поставленої проблеми можна виявити безліч підходів до класифікації та оцінки ІС УП. Тому надзвичайно важливо проаналізувати минулі дослідження та публікації в даній сфері. Особливо важливо знайти недоліки в запропонованих методах для вдосконалення. Це дозволить більш ефективно створити більш пристосований до сучасних вимог та викликів метод вибору ІС УП. Найважливішим аспектом будуть саме критерії та їх вибір.

Так в статті [17] пропонується здійснення оцінювання та вибір програмних засобів сучасних систем управління проектами в галузі інформаційних технологій на основі обґрунтування та дослідження критеріїв, таких як кросплатформеність, надійність, універсальність, інтуїтивність інтерфейсу та ціна.

Кросплатформеність в сучасному світі стало стандартом і тому не є такою актуальною проблемою. Надійність та універсальність можна розглянути не виокремлено один від одного. Інтуїтивність інтерфейсу є доволі

проблематичним критерієм для оцінювання. Оскільки такий критерій як інтуїтивність доволі суб'єктивний було б справедливніше розглянути його в концепті імплементації ІС УП розподіливши між такими критеріями як вартість та тривалість імплементації ІС УП. Це доволі логічно оскільки чим менш інтуїтивний інтерфейс тим більша вартість та тривалість імплементації ІС УП.

У статті підхід до оцінки ІС УП на основі методу аналізу ієрархій основні функціональні можливості ІС УП екстраполюються шляхом аналізу 18 комерційного програмного забезпечення. Автори визначають вісім критеріїв, 28 підкритеріїв і 44 підпідкритерії, відносна важливість яких оцінюється за допомогою методу аналізу ієрархій [18].

В даному випадку кількість критеріїв доволі велика, але вони сфокусовані на оцінюванні ІС УП з точки зору функціональності та не розглядають інші важливі критерії які можуть вплинути на вибір ІС УП з інших точок зору наприклад вартості. Навіть більш розширений аналіз в роботі представників Палермського університету не розширює набір критеріїв і продовжує фокусуватися на функціональних критеріях ІС УП [19].

У статті [20] розглядається метод який бере як критерії функціональність та вартість. Це зрозумілі і ефективні критерії для оцінки, але їх кількість замала. Хорошим рішенням буде додати до них ще декілька критеріїв та розширити метод. Це буде основою для дослідження оскільки в статті також є підхід до зважування важливості кожного з критеріїв за допомогою методу аналізу ієрархій.

Таким чином додавання декількох параметрів таких як тривалість адаптації та наявність необхідних кінцевих документів які надає саме ІС УП, згідно вимог керівного персоналу зможуть вдосконалити метод.

Ці додаткові критерії були вибрані на основі аналізу існуючих досліджень. Так при аналізі досліджень [21] та їх статті відносно впливу підготовленості персоналу до імплементації ІС УП при будівництві в Саудівській Аравії було підтверджено, що тривалість адаптації ІС УП є важливим показником оскільки

саме вона опосередковано впливала на швидкість розвитку регіону. Чим швидшою була адаптація ІС УП тим ефективнішим був процес будівництва.

Наявність необхідних кінцевих документів які надає ІС УП, згідно вимог керівного персоналу був вибраний як критерій на основі двох незалежних досліджень. Одне з них проведене в Ірані шляхом збирання анкет керівників проєктів в трьох компаніях Тегерану. Це дослідження розробило комплексну модель для оцінки впливу ІС УП на функції управління проєктом. Ця модель включала п'ять факторів, таких як: якість ІС УП, якість вихідної інформації ІС УП, застосування ІС УП, вплив ІС УП на управління проєктом і вплив ІС УП на успіх проєкту. Саме якість вихідної інформації є одним з параметрів і показує його важливість в ІС УП.

Інше дослідження [22] за результатами вказує, що постійне покращення якості звіту про стан проєкту ІС УП було визнано ефективним у досягненні якості вихідної інформації, що допомогло менеджерам у прийнятті рішень, планування, організації та контролю проєкту.

Очікувано дослідження проведене у [23] двома нідерландськими дослідниками шляхом опитування 101 керівника проєкту зробило висновки, що якість інформації яку надає ІС УП позитивно пов'язана з якістю рішень та задоволеністю керівників проєктів ІС УП.

Оскільки основною метою є визначення критеріїв для вибору ІС УП переглянемо їх.

Критерії оцінювання ІС визначені при аналізі існуючих методів:

- F – функціональність;
- C – вартість;
- T - тривалість адаптації ІС УП;
- D – наявність необхідних кінцевих документів для керівного персоналу.

Тоді модель оцінки ІС буде мати вигляд (2.5).

$$M_o = (F, C, T, D), \quad (2.5)$$

Наступним кроком буде структуризація критеріїв у вигляді ієрархії. Для цього з кожного критерію також можна виділити підкритерії.

Наприклад критерій функціональність можна розбити на такі підкритерії:

- F_s – відповідність специфікаціям проєкту;
- F_i – інтегрованість;
- F_m – масштабованість;
- F_{sc} – безпека.

Підкритерій функціональності, відповідність специфікаціям проєкту, можна охарактеризувати для експертів як підкритерій який включає в себе підтримку необхідних процесів необхідних для конкретної організації в рамках ІС УП, гнучкість налаштувань системи. Під цим мається на увазі наявність всіх необхідних для роботи інструментів та можливості налаштування робочих процесів під особисті уподобання, підтримка користувацьких полів, гнучкість у налаштуванні звітів та інформаційних панелей проєктів.

Інтегрованість має на увазі використання наприклад інструментів необхідних для конкретної організації такі як інструменти для співпраці команди майбутніх проєктів та інструменти для управління ризиками. Наявність інтеграції з іншими системами. Мається на увазі наприклад інтеграція з ERP системами такими як SAP, Oracle, з CRM системами наприклад Salesforce, з системами для управління документацією такими як SharePoint, Google Drive або інтеграція з фінансовими системами.

При розгляді масштабованості є можливість виділити два аспекти за якими експерти можуть сприймати даний підкритерій. Одним з цих аспектів є можливість розширення функціональності та підтримка зростання користувачів та даних. Мається на увазі доступність API для розробки додаткових модулів або підтримку плагінів та розширень для додавання в ІС УП в ході використання. Другий включає в себе додавання нових користувачів без значних додаткових витрат та можливості обробки великих обсягів додаткових даних без зниження

продуктивності. Тобто підкритерій масштабованості має на увазі можливість розширення функціональних можливостей ІС УП як в плані фізичному так і організаційному.

Підкритерій безпека розглядається з сторони відповідності ІС УП стандартам безпеки, наявності захисту даних, наявність механізму аутентифікації. Мається на увазі можливість в ІС УП шифрування даних при їх передачі та зберіганні, а також регулярні оновлення безпеки в середовищі ІС УП, наявність механізму аутентифікації та авторизації, наявність двофакторної аутентифікація різницю в ролях та права доступу до проєктів в рамках їх виконання в ІС УП та навіть технологію єдиного входу для легшого переходу між системами вже наявними і використовуваними в організації та ІС УП. Відповідність стандартам безпеки при оцінці мають на увазі відповідність стандартам безпеки таким як ISO/IEC 27001 та наявність плану відновлення після збоїв. Саме за такими параметрами експерти з організації мають надавати порівняльну оцінку для підкритерію безпека.

Критерій вартість в свою чергу можна поділити на декілька підкритеріїв кожен з яких буде відповідати за свою сферу витрат.

Наприклад можна виділити три:

- Cs – початкова вартість;
- Ce – експлуатаційні витрати;
- Ch – приховані витрати.

При оцінці підкритерію початкова вартість від експертів очікують оцінити наскільки для них важлива сума вартості ліцензій ІС УП, обладнання та програмного забезпечення необхідного для використання майбутньої ІС УП в порівнянні з іншими витратами.

Іншими витратами є експлуатаційні витрати які експерти також мають порівняти. Експлуатаційні витрати як підкритерій оцінює витрати на обслуговування та підтримку системи в ході її майбутньої експлуатації. Це можуть бути також і витрати на майбутню модернізацію і оновлення ІС УП.

Приховані витрати як підкритерій оцінює вартість навчання персоналу та вартість адаптації та впровадження ІС УП.

Тривалість адаптації можна розподілити за такими підкритеріями:

- T_i – час на впровадження;
- T_t – час на навчання персоналу;
- T_e – час на готовність до експлуатації.

Підкритерій час на впровадження має на увазі під собою оцінку часу на встановлення системи та її інтеграції з існуючими в компанії системами. Цей підкритерій важливий оскільки враховує час який необхідний для інтеграції ІС УП в загальну ІС яка вже існує в певному підприємстві.

Час на навчання персоналу як підкритерій доволі легко пояснити. Це як виходить з назви час який потрібен співробітникам для опанування базового функціоналу ІС УП. Час, необхідний для навчання персоналу, залежить від багатьох факторів, таких як складність матеріалу, кількість персоналу, доступність ресурсів тощо. Зазвичай процес навчання може займати від кількох годин до кількох тижнів. Тому цей підкритерій важливий і з точки зору експертів як той який характеризує час який вони готові витратити на навчання.

Готовність до експлуатації як часовий підкритерій має під собою на увазі оцінку часу для повноцінної інтеграції ІС УП. Цей час може залежати як від складності системи так і від якості підтримки від виробника ІС УП.

Наявність необхідних документів керівному персоналу можна розділити на підкритерії:

- D_u – наявність документації користувача;
- D_t – наявність технічної документації;
- D_{ra} – наявність звітів та аналітики.

Документація користувача як підкритерій має на увазі наявність посібників для користувача від ІС УП та її творців. Це також можуть бути відеоролики наглядно пояснюючі певні аспекти використання системи. Цей підкритерій визначає важливість їх наявності та якості при виборі ІС УП.

Технічна документація як підкритерій має на увазі наявність більш поглибленої інформаційної бази як то наприклад інструкцій для адміністраторів майбутньої ІС УП та технічної специфікації.

Звіти та аналітика як підкритерій має на увазі оцінку наявності підтримки ІС УП створення стандартних та користувацьких звітів. Це можуть бути як надана системою аналітика по проектах так і більш гнучкі звіти під потреби конкретної організації і можливість їх створення.

Тоді модель оцінки ІС з урахуванням підкритеріїв буде мати вигляд:

$$M_o = (F_s, F_i, F_m, F_{sc}, C_s, C_e, C_h, T_i, T_t, T_e, D_u, D_t, D_r), \quad (2.6)$$

Дану модель можна представити ієрархічно поєднавши з моделлю у формулі (2.5). Це дозволить краще зрозуміти зв'язки між критеріями та підкритеріями.

2.3 Побудова ієрархічної моделі

При побудові ієрархічної моделі з використанням лише основних чотирьох критеріїв та формули (2.5) ієрархічна модель матиме вигляд представлений на рисунку 2.

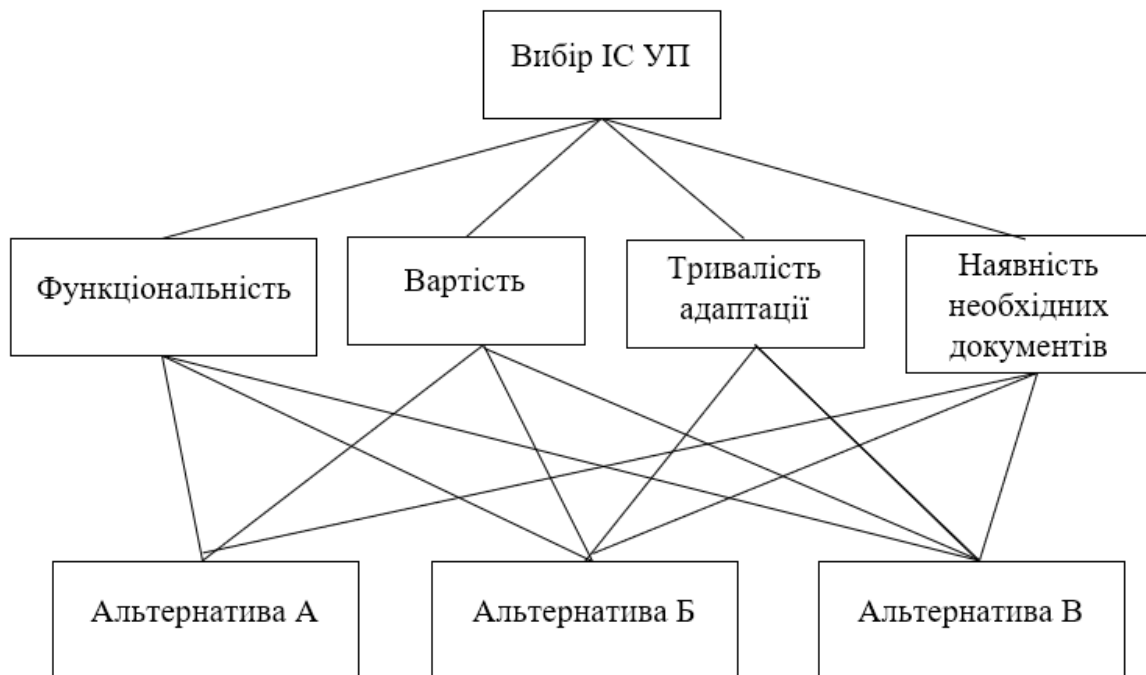


Рисунок 2 – Приклад ієрархічної моделі в методі аналізу ієрархій

Додавання більшої кількості критеріїв, в нашому випадку підкритеріїв збільшить точність при виборі ІС УП.

Визначені критерії та підкритерії можна також подати в вигляді ієрархічної моделі. Модель матиме декілька рівнів. На найвищому рівні знаходиться мета. В нашому випадку це вибір інформаційної системи управління проектами. Далі критерії такі як функціональність, вартість, тривалість адаптації та наявність необхідних керівному персоналу документів. Третій рівень включає виділені раніше підкритерії. Так для критерію функціональність були виділені підкритерії відповідність специфікаціям проекту, інтегрованість, масштабованість, безпека. Для критерію вартість підкритерії початкова вартість, експлуатаційні витрати, приховані витрати. Для критерію тривалість адаптації час на впровадження, час на навчання персоналу, час на готовність до експлуатації. Підкритерії критерію наявність необхідних керівному персоналу документів включають три

підкритерії. Це наявність документації користувача, наявність технічної документації, наявність звітів та аналітики.

Задля простоти представлення в вигляді ієрархічної моделі критерії та підкритерії буде перераховано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Перелік критеріїв та підкритеріїв

Критерій	Підкритерій	Позначення підкритерію
Функціональність	Відповідність специфікаціям проєкту	Fs
	Масштабованість	Fm
	Інтегрованість	Fi
	Безпека	Fsc
Вартість	Початкова вартість	Cs
	Експлуатаційні витрати	Ce
Вартість	Приховані витрати	Ch
Тривалість адаптації	Час на впровадження	Ti
	Час на навчання персоналу	Tt
	Час на готовність до експлуатації	Te

Кінець таблиці 2

Критерій	Підкритерій	Позначення підкритерію
Наявність необхідних керівному персоналу документів	Наявність документації користувача	Du
	Наявність технічної документації	Dt
	Наявність звітів та аналітики	Dra

Опираючись на дану таблицю була побудована ієрархічна модель на рисунку 3.

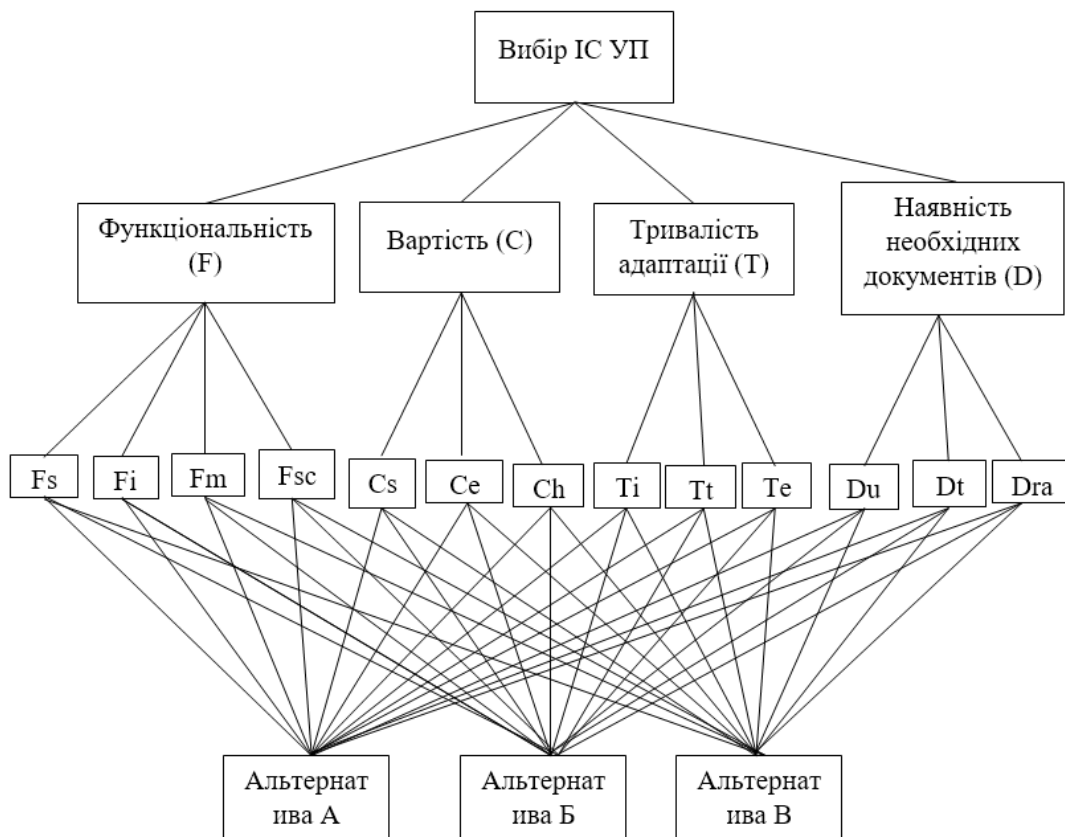


Рисунок 3 – Ієрархічна модель з додаванням підкритеріїв

Новосформована ієрархічна модель має більш точний підхід при визначенні альтернатив за рахунок збільшення критеріїв вибору.

2.4 Розробка методу на основі моделі

Для реалізації моделі (2.6) розробимо метод оцінки ІС УП опираючись на розглянуті критерії та підкритерії, метод аналізу ієрархій та спосіб формування подібного методу [24], який має наступні етапи.

Етап 1. Визначення за допомогою експертів базові оцінки критеріїв ІС та їх вагу.

Крок 1.1. Зібрати оцінки експертів для кожного критерію. Експерти порівнюють критерії функціональності (F), вартості (C), тривалості адаптації (T) та документації (D) попарно, формуючи матрицю попарних порівнянь.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{FC} & x_{FT} & x_{FD} \\ \frac{1}{x_{FC}} & 1 & x_{CT} & x_{CD} \\ \frac{1}{x_{FT}} & \frac{1}{x_{CT}} & 1 & x_{TD} \\ \frac{1}{x_{FD}} & \frac{1}{x_{CD}} & \frac{1}{x_{TD}} & 1 \end{pmatrix}, \quad (2.7)$$

Крок 1.2. Обчислення геометричних середніх значень для кожного рядка.

$$G_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_{ij}}, \quad (2.8)$$

де x_{ij} – значення надане в (2.7) для і-го рядка та j-го стовбця.

Крок 1.3. Знаходження суми всіх геометричних середніх значень.

$$S = \sum_{i=1}^n G_i, \quad (2.9)$$

де G_i – геометричне середнє значення для і-го рядка знайдене на основі (2.8).

Крок 1.4. Кожне геометричне середнє значення нормалізується шляхом ділення на суму, щоб отримати вагу критерію.

$$w_i = \frac{G_i}{S}, \quad (2.10)$$

Це дозволяє представити ваги критеріїв у вигляді вектору значень (2.11).

$$W_K = (w_F, w_C, w_T, w_D), \quad (2.11)$$

Де w_i – вага кожного критерію обчислена в (2.10).

Етап 2. Визначення оцінки підкритеріїв ІС повторює кроки першого етапу, але обчислює ваги для підкритеріїв кожного критерію шляхом порівняння їх між собою. Це дозволяє сформувати вектор локальних ваг підкритеріїв (2.12).

$$W_{SK} = (w_{FS}, w_{Fi}, w_{Fm}, w_{Fsc}, w_{Cs}, w_{Ce}, w_{Ch}, w_{Ti}, w_{Tt}, w_{Te}, w_{Du}, w_{Dt}, w_{Dra}), \quad (2.12)$$

де $w_{Si}, w_{Ci}, w_{Ti}, w_{Di}$ – ваги підкритеріїв для кожного основного критерію.

Етап 3. Визначення глобальної ваги критеріїв.

$$W_k * W_{sk} = W_{gk}, \quad (2.13)$$

де W_k – Вага критерію (2.11);

W_{sk} – локальна вага підкритерію (2.12);

W_{gk} – глобальна вага підкритерію.

Етап 4. Оцінка альтернатив за кожним з підкритеріїв.

Крок 4.1. Збір оцінок альтернатив згідно визначених підкритеріїв.

Крок 4.2. Визначення ваги кожної альтернативи згідно підкритерію. Цей процес відбувається схоже з описаним в першому етапі шляхом ділення

геометричного середнього значення рядка матриці парних порівнянь на суму всіх середніх геометричних (2.14).

$$A_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n G_i}, \quad (2.14)$$

де A_i – вага альтернативи за підкритерієм. Наприклад A_{Ce} – вага альтернативи за підкритерієм експлуатаційні витрати;

a_{ij} – значення оцінки при парному порівнянні альтернатив за підкритеріями для i -го рядка та j -го стовбця.

Етап 5. Визначення найкращої з альтернатив та її вибір. Загальна оцінка для кожної альтернативи визначається шляхом сумування додатків глобальних ваг критеріїв та ваг альтернатив за відповідними критеріями.

$$A_{evaluation} = \sum_j (W_{gk_j} * A_{ij}), \quad (2.15)$$

де $A_{evaluation}$ – кінцева вага альтернативи;

W_{gk} – глобальна вага підкритеріїв;

A_i – ваги альтернатив за підкритеріями (2.14).

2.5 Висновки з теоретичного вирішення

В ході проведення теоретичного дослідження були теоретично розглянуті основи методу аналізу ієрархій. Для його використання в подальшому були виділені критерії для вибору ІС УП. Було обґрунтовано використання саме чотирьох представлених критеріїв. В подальшому задля точності вибору серед альтернатив ІС УП було виділено підкритерії для кожного критерію. Окрім того

кожен підкритерій було описано для того щоб при майбутніх оцінках критеріїв експерти розуміли значення кожного з них. Критерії були структуровані у вигляді моделі (2.5) та (2.6). Далі дані моделі були подані в вигляді ієрархічної моделі. Основи для оцінювання наведених в моделі критеріїв було реалізовано методом на основі методу аналізу ієрархій. Теоретично представлено етапи методу при оцінці критеріїв моделі. Проведено детальний опис кроків кожного етапу. Це допоможе при практичній перевірці методу сформованого на основі моделі та її критеріїв.

3 ПРАКТИЧНЕ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ ТА МЕТОДУ ВИБОРУ ІС УП

3.1 Пояснення застосування методу аналізу ієрархій в рамках визначених критеріїв

Згідно розглянутим в теоретичній частині роботи критеріям та підкритеріям та сформованими етапами реалізації моделі під час дослідження [25] можна практично використати метод аналізу ієрархій задля перевірки актуальності критеріїв та підкритеріїв при виборі ІС УП. Процес за яким буде використано метод аналізу ієрархій при виборі ІС УП буде складатися з декількох розглянутих етапів. На першому етапі для підкритеріїв кожного критерію буде визначено пріоритети. Ці пріоритети являють з себе відносну важливість кожного підкритерію у відношенні до іншого в своїй групі. Для цього буде використана шкала попарних порівнянь. Так кожен підкритерій буде порівняний.

Далі обчислюється вектор пріоритетів за матрицею попарних порівнянь. Це обчислення головного власного вектору, який стає вектором пріоритетів після нормалізації. Для цього обчислимо середньо геометричні значення за рядком. Необхідно перемножити n елементів кожного рядка і витягти корінь n -го ступеня з отриманого добутку. Після чого відношення кореня n -го ступеня до суми коренів n -го ступеня всіх підкритеріїв в матриці дадуть вагу підкритерію.

Щоб використати підкритерії для вибору альтернатив які в цьому випадку становлять ІС УП потрібно визначити глобальну вагу.

Для вибору найкращої альтернативи необхідно в подальшому оцінити попарно всі альтернативи за кожним з підкритеріїв. Для цього формується матриця попарних порівнянь. Тобто в нашому випадку це тринадцять матриць. Для кожної альтернативи при оцінці підкритеріїв також буде розрахована вага.

В подальшому для остаточного порівняння альтернатив ваги альтернатив будуть помножені на вектор глобальних вагових коефіцієнтів підкритеріїв.

3.2 Збір та аналіз даних для оцінки підкритеріїв в рамках їх використання в методі

В таблиці 3 наведено матрицю попарних порівнянь для критеріїв. Наведені дані були отримані шляхом опитування лише одного експерта, але є достатніми для демонстрації використання визначених моделлю критеріїв та підкритеріїв при оцінці методом аналізу ієрархій.

Таблиця 3 – Оцінка основних критеріїв

Критерії	Функціональність	Вартість	Тривалість адаптації	Наявність необхідних керівному персоналу документів
Функціональність	1	3	5	7
Вартість	1/3	1	3	5
Тривалість адаптації	1/5	1/3	1	3
Наявність необхідних керівному персоналу документів	1/7	1/5	1/3	1

Далі в таблиці 4 наведено дані для обрахунку вагів критеріїв.

Таблиця 4 – Обчислення ваг для основних критеріїв

Критерії	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	w_i
Функціональність	140	3,44	0,58
Вартість	5	1,50	0,25
Тривалість адаптації	0,2	0,67	0,11
Наявність необхідних керівному персоналу документів	0,0095	0,31	0,05
S		5,92	

Дані ваги знадобляться при обчисленні глобальних ваг підкритеріїв для кожного з критерію.

Почнемо порівняння підкритеріїв критерію функціональність. В таблиці 5 наведена матриця парних порівнянь, а в таблиці 6 ваги підкритеріїв.

Таблиця 5 – Оцінка підкритеріїв критерію функціональність

Підкритерії	Відповідність специфікаціям проекту	Масштабованість	Інтегрованість	Безпека
Відповідність специфікаціям проекту	1	4	3	5
Масштабованість	1/4	1	2	4
Інтегрованість	1/3	1/2	1	3
Безпека	1/5	1/4	1/3	1

В таблиці 6 обчислимо вагу підкритеріїв. Ця вага як раніше було зазначено є лише локальною вагою в рамках підкритеріїв критерію функціональності.

Таблиця 6 – Локальна вага підкритеріїв критерію функціональність

Критерії	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	w_i
Відповідність специфікаціям проєкту	60	2,78	0,54
Масштабованість	2	1,19	0,23
Інтегрованість	0,5	0,84	0,16
Безпека	0,0167	0,36	0,07
S		5,17	

Дані ваги знадобляться при обчисленні глобальних ваг підкритеріїв.

Почнемо порівняння підкритеріїв критерію вартість. В таблиці 7 наведена матриця парних порівнянь, а в таблиці 8 обчислення ваг підкритеріїв.

Таблиця 7 – Оцінка підкритеріїв критерію вартість

Підкритерії	Початкова вартість	Експлуатаційні витрати	Приховані витрати
Початкова вартість	1	3	5
Експлуатаційні витрати	1/3	1	4
Приховані витрати	1/5	1/4	1

Таблиця 8 – Локальна вага підкритеріїв критерію вартість

Критерії	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	w_i
Початкова вартість	15	1,97	0,56
Експлуатаційні витрати	1,33	1,07	0,31
Приховані витрати	0,05	0,47	0,13
S		3,51	

В таблиці 8 обчислимо вагу підкритеріїв. Ця вага як раніше було зазначено є лише локальною вагою в рамках підкритеріїв критерію вартість.

Дані ваги знадобляться при обчисленні глобальних ваг підкритеріїв

Почнемо порівняння підкритеріїв критерію тривалість адаптації. В таблиці 9 наведена матриця парних порівнянь, а в таблиці 10 ваги підкритеріїв.

Таблиця 9 – Оцінка підкритеріїв критерію тривалість адаптації

Підкритерії	Час на впровадження	Час на навчання персоналу	Час на готовність до експлуатації
Час на впровадження	1	3	4
Час на навчання персоналу	1/3	1	4
Час на готовність до експлуатації	1/5	1/4	1

Таблиця 10 – Локальна вага підкритеріїв критерію тривалість адаптації

Критерії	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	w_i
Час на впровадження	12	1,86	0,55
Час на навчання персоналу	1,33	1,07	0,32
Час на готовність до експлуатації	0,05	0,47	0,14
S		3,4	

В таблиці 10 обчислимо вагу підкритеріїв. Ця вага як раніше було зазначено є лише локальною вагою в рамках підкритеріїв критерію тривалість адаптації.

Дані ваги знадобляться при обчисленні глобальних ваг підкритеріїв

Почнемо порівняння підкритеріїв критерію наявність необхідних керівному персоналу документів. В таблиці 11 наведена матриця парних порівнянь, а в таблиці 12 ваги підкритеріїв

Таблиця 11 – Оцінка підкритеріїв критерію наявність необхідних документів

Підкритерії	Наявність документації користувача	Наявність технічної документації	Наявність звітів та аналітики
Наявність документації користувача	1	4	7
Наявність технічної документації	1/4	1	3

Кінець таблиці 11

Підкритерії	Наявність документації користувача	Наявність технічної документації	Наявність звітів та аналітики
Наявність звітів та аналітики	1/7	1/3	1

Таблиця 12 – Локальна вага підкритеріїв критерію наявність необхідних документів

Критерії	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	w_i
Наявність документації користувача	28	2,30	0,62
Наявність технічної документації	0,75	0,93	0,25
Наявність звітів та аналітики	0,048	0,47	0,13
S		3,7	

В таблиці 12 обчислимо вагу підкритеріїв. Ця вага як раніше було зазначено є лише локальною вагою в рамках підкритеріїв критерію наявність необхідних керівному персоналу документів.

Дані ваги знадобляться при обчисленні глобальних ваг підкритеріїв

Підрахуємо глобальні ваги підкритеріїв. Глобальна вага підкритеріїв наведена в таблиці 13.

Таблиця 13 – Глобальні ваги підкритеріїв

	Підкритерії	Глобальна вага (W_{gk})
Функціональність	Відповідність специфікаціям проекту	0,313
	Масштабованість	0,133
	Інтегрованість	0,093
Функціональність	Безпека	0,041
Вартість	Початкова вартість	0,14
Вартість	Експлуатаційні витрати	0,078
	Приховані витрати	0,033
Тривалість адаптації	Час на впровадження	0,061
	Час на навчання персоналу	0,035
	Час на готовність до експлуатації	0,015
Наявність необхідних керівному персоналу документів	Наявність документації користувача	0,031
	Наявність технічної документації	0,013
	Наявність звітів та аналітики	0,007
Загальна сума		0,993

3.3 Приклад оцінки альтернатив замовником

За допомогою глобальної ваги підкритеріїв буде визначено найкращу з альтернатив ІС УП для даного випадку після оцінки альтернатив за кожним з підкритеріїв. Оцінка альтернатив буде проводитись попарним порівнянням

кожної з альтернатив відповідно до визначених раніше критеріїв. Оскільки при теоретичному розгляді було сформовано тринадцять підкритеріїв необхідно до кожного підкритерію навести парні порівняння.

Наприклад візьмемо за альтернативи ІС УП Basecamp, Jira, Trello. Та проведемо їх оцінку за підкритеріями. Оцінка проводиться задля демонстрації практичного використання моделі і може бути необ'єктивною. Почнемо з підкритеріїв функціональності. Так в таблиці 14 наведено розрахунки ваги для підкритерію відповідність специфікаціям проекту.

Таблиця 14 – Оцінка за підкритерієм відповідність специфікаціям проекту

Відповідність специфікаціям проекту	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/3	1/2	0,167	0,64	0,20
Jira	3	1	2	6	1,57	0,49
Trello	2	1/2	1	1,00	1,00	0,31
S					3,21	

В таблиці 15 наведено розрахунки ваги для підкритерію масштабованість

Таблиця 15 – Оцінка за підкритерієм масштабованість

Масштабованість	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/4	1/3	0,083	0,54	0,16
Jira	4	1	2	8	1,68	0,51
Trello	3	1/2	1	1,50	1,11	0,33
S					3,33	

В таблиці 16 наведено розрахунки ваги для підкритерію інтегрованість

Таблиця 16 – Оцінка за підкритерієм інтегрованість

Інтегрованість	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G _i	A _i
Basecamp	1	1/3	1/2	0,167	0,64	0,19
Jira	3	1	2	6	1,57	0,47
Trello	3	1/2	1	1,50	1,11	0,33
S					3,32	

В таблиці 17 наведено розрахунки ваги для підкритерію безпека

Таблиця 17 – Оцінка за підкритерієм безпека

Безпека	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G _i	A _i
Basecamp	1	1/3	1/4	0,083	0,54	0,16
Jira	3	1	1/2	1,5	1,11	0,33
Trello	4	2	1	8,00	1,68	0,51
S					3,33	

В таблиці 18 наведено розрахунки ваги для початкова вартість

Таблиця 18 – Оцінка за підкритерієм вартість

Початкова вартість	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G _i	A _i
Basecamp	1	1/2	1/3	0,167	0,64	0,20
Jira	2	1	1/2	1	1,00	0,31
Trello	3	2	1	6,00	1,57	0,49
S					3,21	

В таблиці 19 наведено розрахунки ваги для підкритерію експлуатаційні витрати

Таблиця 19 – Оцінка за підкритерієм експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/4	1/3	0,083	0,54	0,16
Jira	4	1	2	8	1,68	0,51
Trello	3	1/2	1	1,50	1,11	0,33
S					3,33	

В таблиці 20 наведено розрахунки ваги для підкритерію приховані витрати

Таблиця 20 – Оцінка за підкритерієм приховані витрати

Приховані витрати	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/3	1/2	0,167	0,64	0,20
Jira	3	1	2	6	1,57	0,49
Trello	2	1/2	1	1,00	1,00	0,31
S					3,21	

В таблиці 21 наведено розрахунки ваги для підкритерію час на впровадження

Таблиця 21 – Оцінка за підкритерієм час на впровадження

Час на впровадження	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/2	1/3	0,167	0,64	0,20
Jira	2	1	2	4	1,41	0,45
Trello	3	1/2	1	1,50	1,11	0,35
S					3,16	

В таблиці 22 наведено розрахунки ваги для підкритерію час на навчання персоналу

Таблиця 22 – Оцінка за підкритерієм час на навчання персоналу

Час на навчання персоналу	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/4	1/3	0,083	0,54	0,16
Jira	4	1	2	8	1,68	0,51
Trello	3	1/2	1	1,50	1,11	0,33
S					3,33	

В таблиці 23 наведено розрахунки ваги для підкритерію час на готовність до експлуатації

Таблиця 23 – Оцінка за підкритерієм час на готовність до експлуатації

Час на готовність до експлуатації	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/3	1/4	0,083	0,54	0,16
Jira	3	1	2	6	1,57	0,48
Trello	4	1/2	1	2,00	1,19	0,36
S					3,3	

В таблиці 24 наведено розрахунки ваги для підкритерію наявність документації користувача

Таблиця 24 – Оцінка за підкритерієм наявність документації користувача

Наявність документації користувача	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/4	1/3	0,083	0,54	0,16
Jira	4	1	2	8	1,68	0,51
Trello	3	1/2	1	1,50	1,11	0,33
S					3,33	

В таблиці 25 наведено розрахунки ваги для наявність технічної документації

Таблиця 25 – Оцінка за підкритерієм наявність технічної документації

Наявність технічної документації	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/3	1/3	0,111	0,58	0,19
Jira	2	1	2	4	1,41	0,47
Trello	2	1/2	1	1,00	1,00	0,33
S					2,99	

В таблиці 26 наведено розрахунки ваги для підкритерію наявність звітів та аналітики

Таблиця 26 – Оцінка за підкритерієм наявність звітів та аналітики

Наявність звітів та аналітики	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Basecamp	1	1/3	1/2	0,167	0,64	0,20
Jira	3	1	3	9	1,73	0,53

Кінець таблиці 26

Наявність звітів та аналітики	Basecamp	Jira	Trello	$\prod_{j=1}^n x_{ij}$	G_i	A_i
Trello	2	1/3	1	0,67	0,90	0,28
S					3,27	

Після обчислень глобальних ваг підкритеріїв та ваг альтернатив можна провести розрахунки для вибору ІС УП яка найбільше підходить відносно вказаним експертом оцінками. Розглянемо обрахунок в таблиці 27. Це буде досягнуто шляхом сумування додатків глобальних ваг критеріїв та ваг альтернатив за відповідними критеріями. Задля зручності в таблиці критерії підписані згідно моделі (2.2). Загальний огляд оцінки альтернатив та їх ваг можна побачити на рисунку 4.

Таблиця 27 – Обчислення кінцевої оцінки альтернатив

Ваги	F_s	F_m	F_i	F_{sc}	C_s	C_e	Ch	T_i	T_t	T_e	D_u	D_t	D_{ra}	$A_{evaluation}$
W_{gk}	0,313	0,133	0,093	0,041	0,14	0,078	0,033	0,061	0,035	0,015	0,031	0,013	0,007	
Basecamp (A_i)	0,2	0,16	0,19	0,16	0,2	0,16	0,2	0,2	0,16	0,16	0,16	0,19	0,2	0,18

Кінець таблиці 27

Ваги	Fs	Fm	Fi	Fsc	Cs	Ce	Ch	Ti	Tt	Te	Du	Dt	Dra	A _{evaluation}
Jira (A _i)	0,49	0,51	0,47	0,33	0,31	0,51	0,49	0,45	0,51	0,48	0,51	0,47	0,53	0,46
Trello (A _i)	0,31	0,33	0,33	0,51	0,49	0,33	0,31	0,35	0,33	0,36	0,33	0,33	0,28	0,35

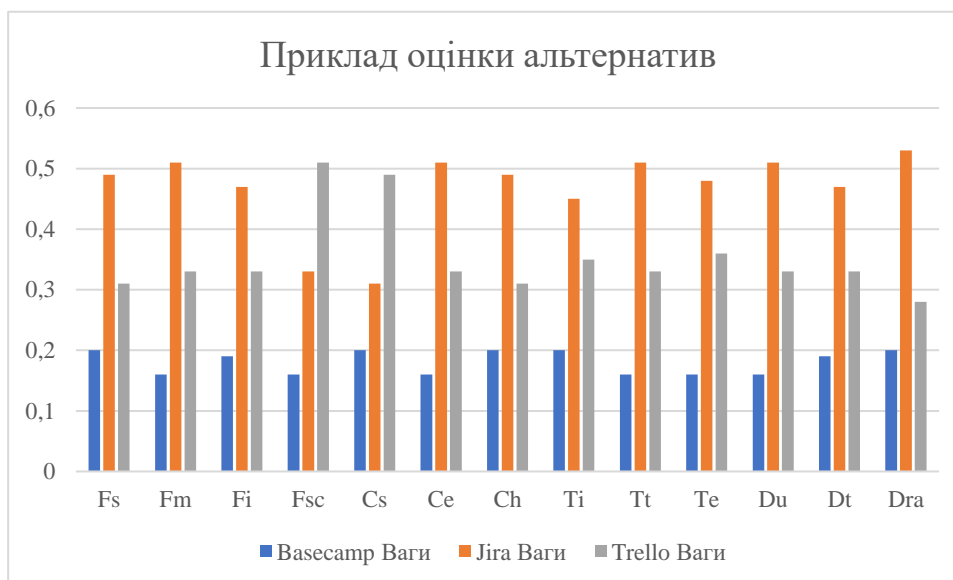


Рисунок 4 – Оцінки альтернатив за параметрами

Виходячи з таблиці 27 можна зробити висновки, що в рамках оцінки замовника найкращою альтернативою буде Jira. Другою буде Trello, а Basecamp підходить найменше.

3.4 Висновки з вирішення задачі тестування моделі та методу вибору ІС УП

Проведене методом аналізу ієрархій зрівняння визначених в теоретичній частині критеріїв та підкритеріїв на основі розробленої моделі та методу виявило певні проблеми які очікувалися ще при аналізі методу аналізу ієрархій. Даний метод потребує об'ємних розрахунків. Він також вимагає багато часу для збору і обробки інформації від експертів. Так при практичному використанні методу аналізу ієрархій були проведені порівняння підкритеріїв та альтернатив лише одним експертом, що вже зайняло величезну кількість часу та обчислень.

Незважаючи на великий об'єм обчислень визначені підкритерії надали доволі хороші результати в плані основи для вибору ІС УП спираючись на потреби замовника. Як було помічено в ході дослідження при аналізі альтернатив за підкритеріями доволі часто альтернативи мали надзвичайно мінімальну різницю в рамках методу аналізу ієрархій та таблиці парних порівнянь Сааті. Ні одна з ІС УП не мала оцінки 5 – сильна перевага, що підтверджує необхідність обраних підкритеріїв оскільки різниця настільки мінімальна при оцінках. Якби оцінювання проводилось за допомогою лише чотирьох основних критеріїв результати могли б бути необ'єктивними.

Окрім того проведена практичне дослідження використовувало лише одного експерта. Незважаючи на це об'єм обчислень був доволі великим. Рекомендованим вирішенням даної проблеми буде створення додатку для автоматичного обчислення необхідних ваг альтернатив. Це дозволить надати цей додаток різним експертам від замовника і отримати їх оцінку. Це все ще займатиме час для кожного експерта, але обчислення і результат будуть набагато швидшими.

4 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОДУ

4.1 Реалізація розробленої моделі та методу при виборі ІС УП

При практичній перевірці правильності вибору критеріїв та підкритеріїв був використаний метод аналізу ієрархій для розробленої моделі та методу. На основі підкритеріїв оцінені декілька альтернатив. Дослідження виявилось доволі об'ємним тому необхідно створити веб-додаток, щоб пришвидшити обрахунки та збір інформації від експертів.

Для цього буде використано мову Python та бібліотек Strimlit та АНРу. Дані бібліотеки дозволяють швидко створити веб-додаток. Особливої уваги варто надати бібліотеці АНРу яка є засобом для реалізації методу аналізу ієрархій. Її використання спростить створення додатку та надасть можливість оцінки наших критеріїв та підкритеріїв. А рисунку 4 наведено приклад створення відносин між критеріями та підкритеріями в рамках реалізації розробленої моделі та методу.

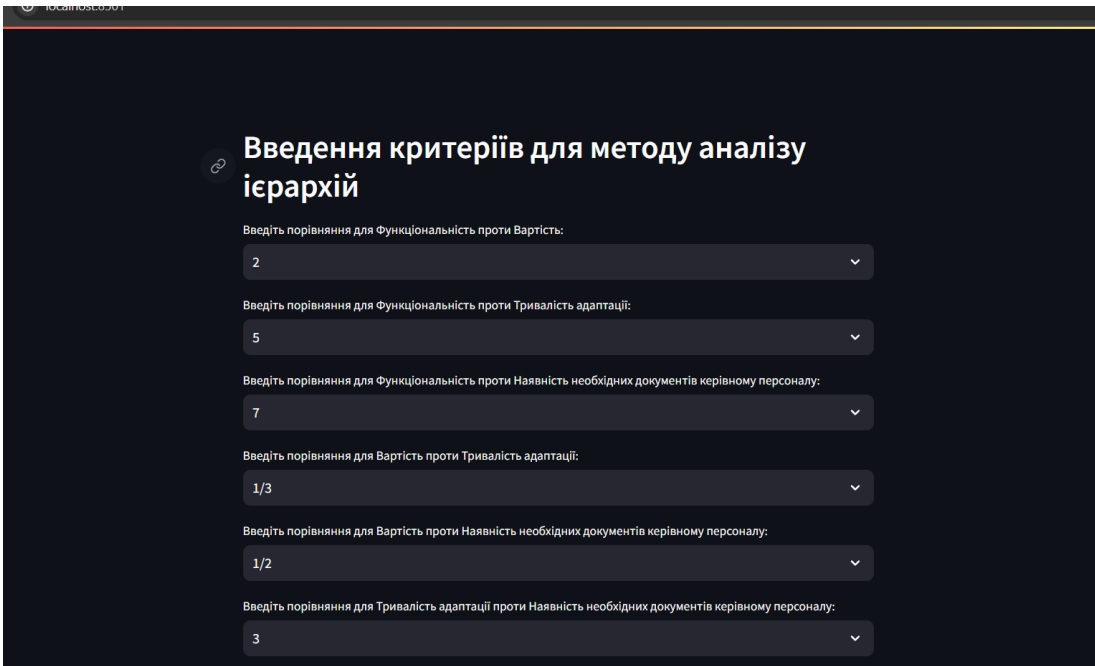
```

2 import ahpy
3
4 3 usages
5 def create_pairwise_matrix(items, key_prefix=""):
6     comparisons = {}
7     weights = [
8         "1/9", "1/8", "1/7", "1/6", "1/5", "1/4", "1/3", "1/2",
9         "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8", "9"
10    ]
11    for i in range(len(items)):
12        for j in range(i + 1, len(items)):
13            key = f"{key_prefix}_{i}_{j}"
14            weight_str = st.selectbox(f"Введіть порівняння для {items[i]} проти {items[j]}:", weights, key=key)
15            weight = eval(weight_str)
16            comparisons[(items[i], items[j])] = weight
17    return comparisons
18
19 st.header("Введення критеріїв для методу аналізу ієрархій")
20 criteria = ['Функціональність', 'Вартість', 'Тривалість адаптації', 'Наявність необхідних документів керівному персоналу']
21 criteria_comparisons = create_pairwise_matrix(criteria, key_prefix="criteria")
22
23 st.header("Введення підкритеріїв для кожного критерію")
24 subcriteria = {
25     'Функціональність': ['Відповідність специфікаціям проєкту', 'Масштабованість', 'Інтегрованість', 'Безпека'],
26     'Вартість': ['Початкова вартість', 'Експлуатаційні витрати', 'Приховані витрати'],
27     'Тривалість адаптації': ['Час на впровадження', 'Час на навчання персоналу', 'Готовність до експлуатації'],
28     'Наявність необхідних документів керівному персоналу': ['Документація користувача', 'Технічна документація', 'Звіти та аналітика']
29 }

```

Рисунок 5 – Створення відносин між критеріями та підкритеріями в рамках методу

На рисунку 6 показано процес введення замовником оцінок важливості критеріїв визначених в моделі.



Введення критеріїв для методу аналізу ієрархій

Введіть порівняння для Функціональність проти Вартість: 2

Введіть порівняння для Функціональність проти Тривалість адаптації: 5

Введіть порівняння для Функціональність проти Наявність необхідних документів керівному персоналу: 7

Введіть порівняння для Вартість проти Тривалість адаптації: 1/3

Введіть порівняння для Вартість проти Наявність необхідних документів керівному персоналу: 1/2

Введіть порівняння для Тривалість адаптації проти Наявність необхідних документів керівному персоналу: 3

Рисунок 6 – Приклад введення значень для парних порівнянь

Оскільки на відміну від кількості критеріїв та підкритеріїв, які були визначені в ході теоретичного створення моделі та перевірені в ході практичного вирішення за рахунок методу на основі моделі, кількість альтернатив динамічна в додатку буде необхідність створення функціоналу для їх введення замовником. Реалізація цього процесу наведена на рисунку 7. Вигляд введення альтернатив наведений на рисунку 8.

```

35 st.header("Введення альтернатив (ІС УП)")
36 alternatives_input = st.text_input("Введіть назви альтернатив через кому (наприклад: Basecamp, Jira, Trello)")
37 alternatives = [alt.strip() for alt in alternatives_input.split(",") if alt.strip()]
38 alternative_comparisons = {}
39
40 if alternatives and len(alternatives) > 1:
41     for criterion in subcriteria:
42         for subcriterion in subcriteria[criterion]:
43             st.subheader(f"Порівняння альтернатив для підкритерію {subcriterion}")
44             alternative_comparisons[subcriterion] = create_pairwise_matrix(alternatives, key_prefix=subcriterion)
45
46 st.header("Обчислення кінцевих ваг альтернатив")
47
48 criteria_ahp = ahp.Compare(name='Критерії', criteria_comparisons, precision=3)
49 subcriteria_ahp = {}
50 for criterion, comparisons in subcriteria_comparisons.items():
51     subcriteria_ahp[criterion] = ahp.Compare(criterion, comparisons, precision=3)
52
53 criteria_ahp.add_children([subcriteria_ahp[criterion] for criterion in subcriteria])

```

Рисунок 7 – Приклад реалізації введення альтернатив

Рисунок 8 – Приклад введення альтернатив ІС УП

Приклад глобальних ваг підкритеріїв можна побачити на рисунку 9. Ці ваги необхідні для подальшої оцінки. Вони також надають певну корисну інформацію, а саме важливість кожного підкритерію за оцінками замовника.

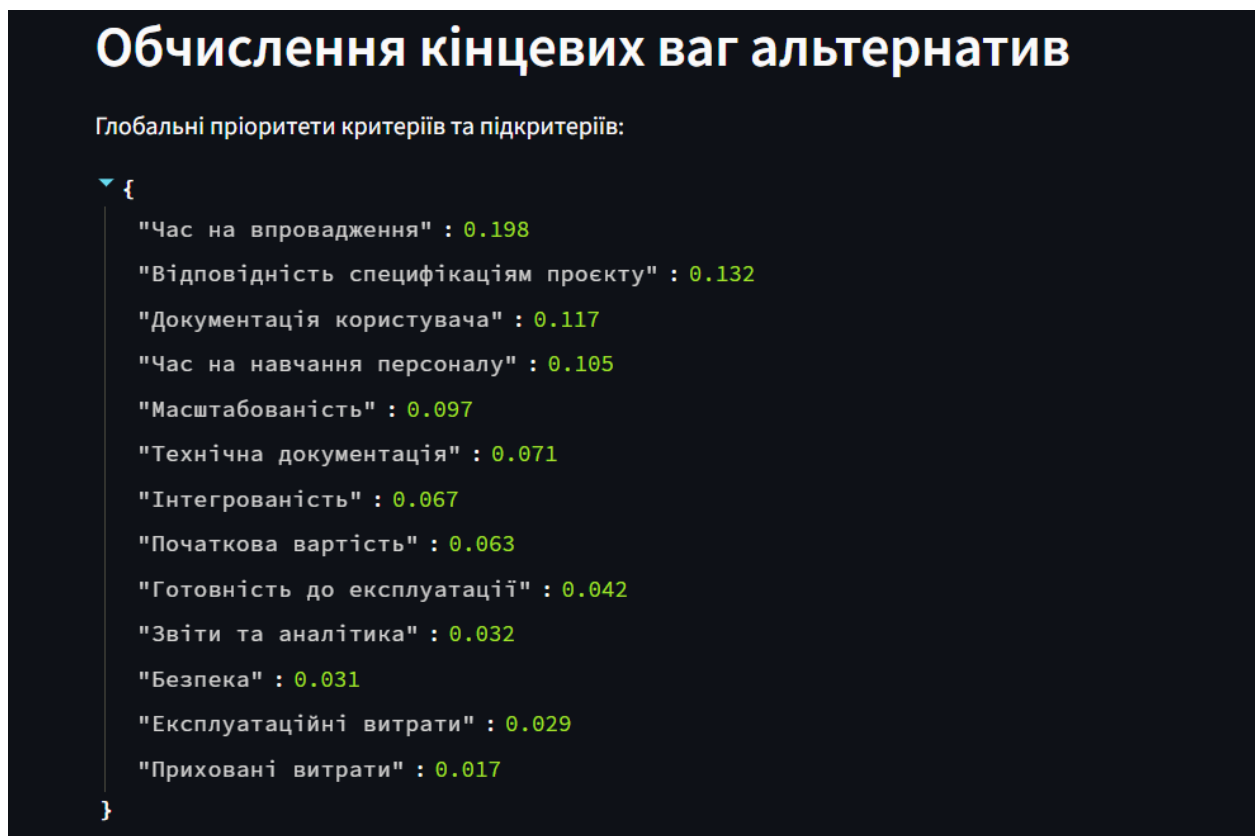


Рисунок 9 – Глобальні ваги підкритеріїв

При використанні веб додатку на відмінну від математичного обчислення певні операції проводяться автоматично. Кінцеві ваги альтернатив можна побачити на рисунку 10.

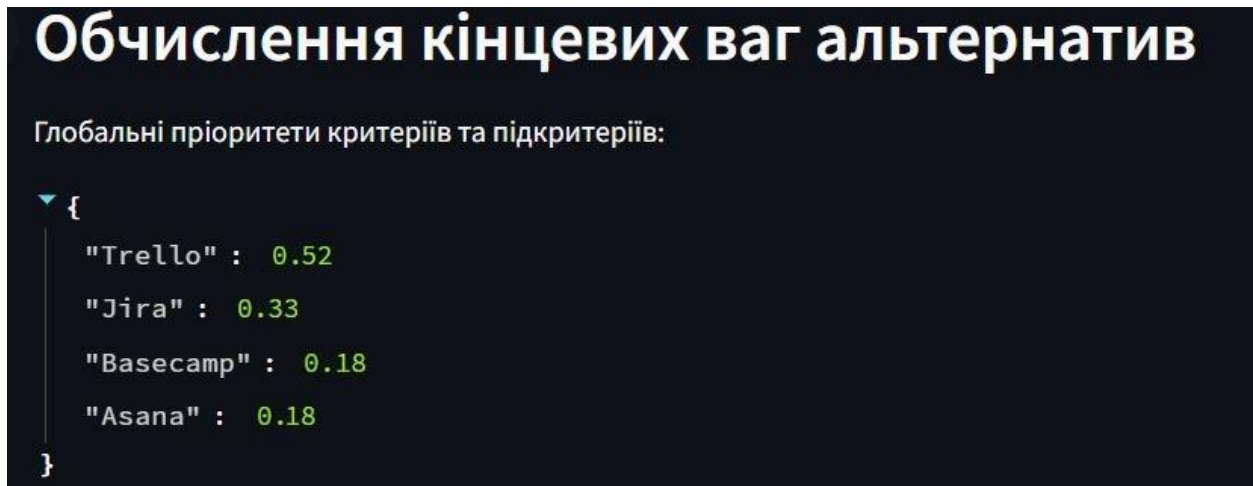


Рисунок 10 – Ваги альтернатив

Видно що при оцінці підкритеріїв та альтернатив згідно розробленої моделі та методу на основі МАІ замовником найкращими альтернативами стали Trello та Jira, а дві інших розділили третю позицію. Звісно це лише рекомендації які базуються на оцінці даних систем замовником з використанням моделі та методу із завчасно визначеними при дослідженні критеріями.

4.2 Оцінка результатів та висновки

Опираючись на проведені теоретичні дослідження по створенню моделі та методу, їх математичну перевірку та її результати було сформовано веб-додаток для пришвидшення обрахунків.

Це значно спрощує використання моделі та методу і демонструє актуальність при виборі ІС УП за допомогою них та розглянутих критеріїв та підкритеріїв. Даний додаток можна використовувати для пришвидшення збору даних від замовника, що в свою чергу спростить використання моделі та методу при виборі ІС УП. Додаток також дозволить зібрати більший об'єм даних для остаточного рішення замовника та оптимізує сам процес.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто актуальність проблеми вибору інформаційних систем управління проектами, проаналізовано загальні вимоги до ІС УП. Аналізом методів які можливо застосувати для вибору інформаційних систем управління проектами за основу був вибраний метод аналізу ієрархій.

Розглянуто теоретичні засади методу, його переваги та недоліки. На основі проаналізованих вимог до ІС УП в рамках моделі були сформовані критерії та підкритерії для подальшого використання та перевірки їх доречності при виборі ІС УП. Була побудована ієрархічна модель для критеріїв та підкритеріїв, що спростила сприйняття їх відносин в рамках моделі. Кожен критерій та підкритерій був описаний для кращого розуміння замовником при їх оцінці. На основі моделі та МАІ був сформований метод та розписані його етапи при оцінці альтернатив ІС УП замовником.

Було практично використано метод аналізу ієрархій для визначення альтернатив. При практичних підрахунках були використані раніше визначені в рамках моделі критерії та підкритерії, метод на основі МАІ та оцінки замовника ІС УП. Модель та метод показали себе ефективними при визначенні кращої з альтернатив ІС УП, але математичні підрахунки та збір даних займали забагато ресурсів тому було створено веб-додаток для збору та обробки оцінок експертів. Dodatok na osnovi rozroblenoї моделі та методу показав свою доречність скорочуючи час для прийняття рішень замовниками.

Загалом розроблена модель та її критерії і підкритерії, а також метод їх оцінки на основі МАІ показали себе ефективними при виборі найкращої з альтернатив ІС УП згідно побажань замовника.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою «Управління проектами в галузі інформаційних технологій» / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 24 с.
2. ДСТУ 3008:2015 "Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення" — Київ : Держстандарт України, 2017. — 31 с.
3. ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» — Київ : Держстандарт України, 2017. — 20 с.
4. Retnowardhani A., Suroso J. S. Project Management Information Systems (PMIS) for Project Management Effectiveness: Comparison of Case Studies. 2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE), Jember, Indonesia, 16–17 October 2019. 2019. URL: <https://doi.org/10.1109/icomitee.2019.8921046> (date of access: 21.04.2024).
5. Marchewka J. T. Information technology project management: Providing measurable organizational value. 2015. 341 p.
6. Skinner L. J. How Will AI Transform Project Management?. ITNOW. 2022. Vol. 64, no. 2. P. 14–15. URL: <https://doi.org/10.1093/itnow/bwac040> (date of access: 19.05.2024).
7. Tokuç A. A., Uran Z. E., Tekin A. T. Management of Big Data Projects. Research Anthology on Big Data Analytics, Architectures, and Applications. 2022. P. 1786–1800. URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3662-2.ch087>
8. Słonec J. Use of Cloud Computing in Project Management. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 791. P. 49–55. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.791.49> (date of access: 19.05.2024).
9. Purohit A., Chopra G., Dangwal P. G. Measuring the Effectiveness of the Project Management Information System (PMIS) on the Financial Wellness of Rural

Households in the Hill Districts of Uttarakhand, India: An IS-FW Model. Sustainability. 2022. Vol. 14, no. 21. P. 13862. URL: <https://doi.org/10.3390/su142113862> (date of access: 21.05.2024).

10. Cicibaş, Halil & Unal, Omer & Demir, Kadir. (2010). A Comparison of Project Management Software Tools (PMST).. 560-565.

11. Szwed P. S. Expert Judgment in Project Management: Narrowing the Theory-Practice Gap. Project Management Institute, 2016. 128 p.

12. Kerzner H. Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2013. 448 p.

13. Balamuralikrishna R., Dugger J. C. SWOT Analysis: A Management Tool for Initiating New Programs in Vocational Schools. Journal of Career and Technical Education. 1995. Vol. 12, no. 1. URL: <https://doi.org/10.21061/jcte.v12i1.498> (date of access: 19.05.2024).

14. Saaty R., Mu E. T.L. Saaty Decision Making for Leaders Hackathon. International Journal of the Analytic Hierarchy Process. 2022. Vol. 14, no. 1. URL: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v14i1.987> (date of access: 19.05.2024)..

15. Belton V., Stewart T. J. Outranking Methods. Multiple Criteria Decision Analysis. Boston, MA, 2002. P. 233–259. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4_8 (date of access: 19.05.2024).

16. Saaty T. L. Decision making for leaders. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1985. SMC-15, no. 3. P. 450–452. URL: <https://doi.org/10.1109/tsmc.1985.6313384> (date of access: 19.05.2024).

17. Поволоцький Я. О., Усенко Р. Р. ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИБІР ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІТ ПРОЄКТАМИ. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2018. Т. 1, № 3. С. 50–55. URL: <https://doi.org/10.24025/2306-4412.3.2018.162735> (дата звернення: 20.05.2024).

18. Enea M., Muriana C. An AHP-based approach to PMISs assessment. *International Journal of Business Environment*. 2015. Vol. 7, no. 1. P. 32. URL: <https://doi.org/10.1504/ijbe.2015.065995> (date of access: 20.04.2024).
19. Project Management Information Systems (PMISs): A Statistical-Based Analysis for the Evaluation of Software Packages Features / R. Micale et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, no. 23. P. 11233. URL: <https://doi.org/10.3390/app112311233> (date of access: 21.04.2024).
20. Левыкин И.В. Метод выбора аналога информационной системы управления полиграфическим предприятием / И. В. Левыкин // Вісник Академії митної служби України. Серія : Технічні науки. - 2015. - № 1. - С. 56–64.
21. Alfawaz K. M., Aljedani F. M. Construction of Project Management Using Information System. *Communications in Mathematics and Applications*. 2022. Vol. 13, no. 2. P. 823–833. URL: <https://doi.org/10.26713/cma.v13i2.2036> (date of access: 20.04.2024).
22. Taniguchi A., Onosato M. Effect of Continuous Improvement on the Reporting Quality of Project Management Information System for Project Management Success. *International Journal of Information Technology and Computer Science*. 2018. Vol. 10, no. 1. P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2018.01.01> (date of access: 21.04.2024).
23. Caniëls M. C. J., Bakens R. J. J. M. The effects of Project Management Information Systems on decision making in a multi project environment. *International Journal of Project Management*. 2012. Vol. 30, no. 2. P. 162–175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.05.005> (date of access: 20.04.2024).
24. Левикін В.М., Діденко Д.О., Альошкін А.О. Метод формування заявок природною мовою на основі вдосконаленої моделі BERT // АСУ та прилади автоматизації. 2024. № 180. С. 55-71.