

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту

(повна назва)

Кафедра прикладної математики

(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Обґрунтування вибору сервісів для управління

завданнями та проектами в команді

(тема)

Виконав:

здобувач 2 року навчання, групи САУМ-24-1

Анастасія КОТЕНКО

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Спеціальність

124 Системний аналіз

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Системний аналіз і управління

(повна назва освітньої програми)

Керівник асист. Володимир ЛУХАНІН

(посада, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри ПМ

(підпис)

Максим СИДОРОВ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту

Кафедра прикладної математики

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 124 Системний аналіз

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системний аналіз і управління

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____

(підпис)

“ 10 ” листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Котенко Анастасії Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування вибору сервісів для управління завданнями та проектами в команді

затверджена наказом по університету від 10 листопада 2025 р. № 1027 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 18 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи наукові праці з теорії систем і системного аналізу, що визначають методологічні основи дослідження складних організаційних систем

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1. Системний аналіз предметної області

2. Вибір і обґрунтування методу розв'язання

3. Програмна реалізація

4. Результати обчислювального експерименту

5. Аналіз можливих застосувань

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій _____

1. Актуальність теми роботи _____

2. Постановка задачі _____

3. Системний аналіз предметної області _____

4. Метод чисельного аналізу _____

5. Результати обчислювального експерименту _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір та вивчення технічної літератури за темою роботи	10 – 16 листопада 2025 р.	виконано
2	Вибір та обґрунтування методу	17 – 23 листопада 2025 р.	виконано
3	Розробка алгоритму і програми	24 – 30 листопада 2025 р.	виконано
4	Проведення аналітичних досліджень та розрахунків	01 – 07 грудня 2025 р.	виконано
5	Робота над текстом пояснювальної записки	08 – 17 грудня 2025 р.	виконано
6	Представлення роботи на рецензію в ЕК	18 грудня 2025 р.	виконано

Дата видачі завдання 10 листопада 2025 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ асист. Володимир ЛУХАНІН _____
(підпис) (посада, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 63 с., 3 табл., 6 рис., 1 дод., 30 джерел.

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, ВИБІР СЕРВІСУ, ІНТЕГРАЦІЇ, КОМАНДНА РОБОТА, МЕТОД АНР, МЕТОД WEIGHTED SCORING, УПРАВЛІННЯ ЗАВДАННЯМИ, УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ, ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ.

Об'єкт дослідження – процеси управління завданнями та проєктами в командній роботі за допомогою сучасних цифрових сервісів.

Мета роботи – обґрунтування вибору оптимального цифрового сервісу для управління завданнями та проєктами у командній взаємодії шляхом застосування методів багатокритеріального оцінювання та порівняльного аналізу популярних платформ.

Методи дослідження – системний аналіз, порівняльний аналіз цифрових сервісів, методи багатокритеріального прийняття рішень (Weighted Scoring, Analytic Hierarchy Process), математичне моделювання, програмну реалізацію алгоритмів у середовищі Python та проведення обчислювального експерименту.

У роботі виконано аналіз сучасних цифрових платформ (Jira, ClickUp, Notion, Monday.com), визначено основні критерії оцінювання сервісів (зручність використання, автоматизація та підтримка AI, інтеграції, можливості колаборації, масштабованість, вартість) та розроблено формальну модель багатокритеріального вибору. Запропоновано програмну реалізацію моделі, яка забезпечує автоматизований розрахунок зважених оцінок, формування таблиць і побудову графічних інтерпретацій результатів.

Новизна роботи полягає у поєднанні класичних методів багатокритеріального оцінювання з програмною реалізацією, орієнтованою на автоматизацію процесу вибору цифрових платформ, а також у проведенні експериментального дослідження чутливості моделі до змін ваг критеріїв.

Отримані результати дозволяють сформувані обґрунтовані рекомендації щодо впровадження оптимального сервісу в організаційні процеси команди.

Результати роботи можуть бути використані організаціями, що впроваджують або оптимізують інструменти управління проєктами; командами, що працюють у гнучких методологіях; освітніми установами для навчання сучасним підходам до цифрової трансформації; аналітиками та менеджерами для прийняття інструментальних рішень.

Значимість роботи полягає у створенні практичного, масштабованого та формалізованого підходу до вибору цифрових сервісів, що підвищує ефективність командної взаємодії, прозорість виконання завдань та продуктивність робочих процесів.

У висновках наведено пропозиції щодо подальшого вдосконалення моделі через інтеграцію методів машинного навчання, розширення переліку критеріїв та застосування моделі для інших класів цифрових продуктів, що підтверджує доцільність продовження досліджень у цьому напрямі.

ABSTRACT

Introductory note: 63 pages, 3 tables, 6 figures, 1 appendix, 30 sources.

ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, COLLABORATION TOOLS, DIGITAL PLATFORMS, INTEGRATIONS, METHOD WEIGHTED SCORING, MULTI-CRITERIA DECISION MAKING, PROJECT MANAGEMENT, SOFTWARE EVALUATION, TASK MANAGEMENT SYSTEMS.

Object of research – processes of task and project management in team collaboration using modern digital platforms.

Purpose of the work – justify the selection of the optimal digital service for managing tasks and projects in a team environment by applying multi-criteria evaluation methods and conducting a comparative analysis of widely used platforms.

Methods of research – system analysis, comparative analysis of digital services, multi-criteria decision-making methods (Weighted Scoring, Analytic Hierarchy Process), mathematical modelling, software implementation in Python, and computational experiments.

The work presents an analysis of modern digital platforms used for task and project management, including Jira, ClickUp, Notion, and Monday.com. Key evaluation criteria were identified, such as usability, automation and AI support, integration capabilities, collaboration features, scalability, and cost. A formal multi-criteria evaluation model was developed to compare the alternatives objectively. The Weighted Scoring method and the Analytic Hierarchy Process were applied to obtain integral performance scores and determine the optimal solution.

A software module was developed in Python to automate the evaluation procedure, calculate weighted scores, generate tables, and visualize the results. Computational experiments were conducted under different weighting configurations, allowing an assessment of how the prioritization of criteria influences the final

platform ranking. In all scenarios, ClickUp consistently achieved the highest overall score, while the positions of other platforms varied depending on the importance of integration, automation, or collaboration features.

The novelty of the work lies in the integration of classical multi-criteria decision-making techniques with an automated software implementation designed to support evidence-based selection of digital platforms and to analyze the sensitivity of results to changes in evaluation parameters.

The results of the study may be used by organizations seeking to select or optimize digital tools for project management, by teams applying agile methodologies, and by educational institutions teaching modern approaches to digital transformation. The proposed methodology can also be adapted for the evaluation of other categories of digital products.

The conclusions outline recommendations for further improvement of the model, including the integration of machine learning approaches, expansion of evaluation criteria, and application of the method to broader classes of software solutions, highlighting the relevance and potential for continued research in this field.

ЗМІСТ

	С.
Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів	10
Вступ	13
1 Системний аналіз предметної області та постановка задач дослідження	16
1.1 Системний аналіз задачі командного управління проектами та завданням	16
1.1.1 Вербальна модель системи	16
1.1.2 Функціональна модель системи	17
1.2 Аналіз сценаріїв вирішення задачі вибору цифрового сервісу для управління командними проектами	20
1.3 Змістовна та формальна постановка задачі	22
1.4 Постановка задач дослідження	26
2 Вибір та обґрунтування методу розв’язання	30
2.1 Підходи до класифікації та оцінювання сервісів керування завданнями і проектами	30
2.2 Методи аналізу ефективності командної співпраці та продуктивності	32
2.2.1 Метод Analytic Hierarchy Process	32
2.2.2 Метод TOPSIS	35
2.2.3 Метод MAUT	36
2.2.4 Метод аналізу Парето	36
2.3 Застосування обраного методу для обґрунтування вибору оптимального сервісу	37
Висновки за розділом 2	39
3 Програмна реалізація	41
3.1 Середовище програмної реалізації Python	41
3.2 Алгоритм розв’язання задачі багатокритеріального оцінювання цифрових платформ	42
3.3 Опис програми	44

	9
Висновки за розділом 3	45
4 Результати обчислювального експерименту та їх аналіз	47
4.1 Обчислювальний експеримент у базових умовах	47
4.2 Обчислювальний експеримент для змінених умов оцінювання	50
Висновки за розділом 4	52
Висновки	53
Перелік джерел посилання	55
Додаток А Лістинг програми	58

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

AI (Artificial Intelligence) – штучний інтелект; програмні алгоритми, що забезпечують автоматизацію процесів, прогнозування та інтелектуальну підтримку прийняття рішень;

API (Application Programming Interface) – інтерфейс програмування прикладних застосунків; механізм взаємодії програмних компонентів та інтеграції цифрових сервісів;

AHP (Analytic Hierarchy Process) – метод аналізу ієрархій; багатокритеріальний метод оцінювання, що ґрунтується на попарних порівняннях і визначенні ваг критеріїв;

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – метод вибору альтернатив за відстанню до ідеального та антиідеального рішень;

MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) – теорія багатокритеріальної корисності; метод оцінювання за допомогою функцій корисності критеріїв;

MCDM (Multiple-Criteria Decision Making) – методи багатокритеріального прийняття рішень;

CRM (Customer Relationship Management) – система управління взаємовідносинами з клієнтами; часто інтегрується з сервісами управління завданнями;

IDEF0 – методологія функціонального моделювання для опису систем і процесів у вигляді структурних діаграм;

Weighted Scoring – метод зваженого оцінювання, що визначає інтегральний бал альтернатив на основі ваг критеріїв;

Scrum – гнучка методологія управління проектами, орієнтована на ітеративний розвиток продукту та короткі цикли роботи (спринти);

Kanban – методологія візуалізації процесів, що оптимізує потік робіт та мінімізує кількість незавершених задач;

Integrated Platform – інтегрована цифрова платформа, що підтримує

роботу з кількома підсистемами та зовнішніми сервісами через API;

Python – мова програмування високого рівня, що використовується для реалізації моделі вибору цифрових сервісів;

Matplotlib – бібліотека Python для побудови графіків і візуалізації результатів аналізу;

Pandas – програмна бібліотека Python для обробки табличних даних і побудови датафреймів;

DataFrame – таблична структура даних у Pandas, що використовується для подання оцінок платформ і результатів обчислень;

Ваговий коефіцієнт (Weight) – числове значення, що відображає ступінь важливості критерію під час багатокритеріального оцінювання;

Інтегральна оцінка (Score) – підсумковий числовий показник платформи, отриманий як сума добутків ваг критеріїв на відповідні оцінки;

Рейтинг альтернатив – впорядкування платформ за спаданням інтегрального оцінювального показника;

Графічна візуалізація – подання результатів у вигляді діаграм (стовпчикових, лінійних), що дозволяє порівняти платформи за підсумковими балами;

Базові умови оцінювання – первинна конфігурація ваг критеріїв, що відповідає типовим умовам вибору сервісу командою;

Модифіковані умови оцінювання – змінений набір ваг, що використовується для адаптації моделі до різних сценаріїв роботи (наприклад, збільшення ролі інтеграцій);

Сенситивність моделі (Model Sensitivity) – ступінь зміни підсумкових оцінок платформ у відповідь на зміну ваг критеріїв;

Зважена таблиця оцінок – таблиця, у якій для кожної платформи наведено зважені значення критеріїв та підсумковий інтегральний бал;

Порівняльний графік оцінок – графік, що демонструє зміну балів платформ у різних експериментальних умовах;

A – інтегральна оцінка альтернативи;

w_i – вага критерію i ;

x_{ij} – оцінка альтернативи j за критерієм i ;

n – кількість критеріїв;

m – кількість альтернатив (платформ);

S_j – підсумковий бал альтернативи j .

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток цифрових технологій суттєво впливає на підходи до організації командної роботи, управління проектами та координації взаємодії між учасниками. Командні процеси стають дедалі більш комплексними, оскільки потребують не лише оперативного розподілу завдань, а й гнучкого планування, автоматизації рутинних операцій, інтеграції з різними сервісами та забезпечення прозорості всіх етапів виконання проєкту. Провідні світові компанії – такі як Atlassian, Notion Labs, ClickUp, Monday.com – активно розробляють та вдосконалюють цифрові платформи, впроваджуючи механізми аналітики, штучного інтелекту та оптимізації робочих процесів. Завдяки цьому сучасні інструменти управління проектами швидко еволюціонують і стають ключовими елементами цифрової трансформації бізнесу.

Світові тенденції демонструють зростання попиту на інтелектуальні системи планування та автоматичного аналізу, здатні прогнозувати ризики, розподіляти навантаження між членами команди, пропонувати оптимальні стратегії виконання завдань і забезпечувати гнучку адаптацію під конкретні бізнес-процеси. Водночас значна кількість цифрових сервісів ускладнює процес вибору оптимального інструмента, оскільки платформи відрізняються набором функцій, рівнем інтеграцій, підтримкою методологій Scrum і Kanban, масштабованістю, вартістю та можливостями штучного інтелекту. Це формує важливу науково-практичну задачу – розробити метод об'єктивного багатокритеріального оцінювання цифрових платформ та обґрунтованого вибору найкращого сервісу для конкретної команди.[12]

Актуальність роботи зумовлена зростанням ролі цифрових інструментів у керуванні проектами та переходом багатьох організацій до віддаленої або гібридної форми роботи. Вибір сервісу, який найбільш повно відповідає потребам команди, суттєво впливає на ефективність комунікації, терміни виконання завдань, прозорість процесів та рівень продуктивності. Неправильно обраний інструмент може призвести до зниження залученості учасників,

дублювання роботи, некоректного розподілу ресурсів та зростання операційних ризиків. Тому обґрунтований вибір цифрової платформи є критично важливим як для бізнесу, так і для академічних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності командної взаємодії.

Мета і завдання кваліфікаційної роботи. Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування вибору оптимального цифрового сервісу для управління завданнями та проектами в командній роботі шляхом застосування методів багатокритеріального аналізу та побудови формальної моделі оцінювання альтернатив. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести огляд і аналіз сучасного стану задачі вибору цифрових сервісів для управління проектами та завданнями;
- визначити критерії оцінювання ефективності цифрових платформ з урахуванням можливостей автоматизації, інтеграцій, колаборації та масштабованості;
- сформуванати множину альтернатив (Jira, ClickUp, Notion, Monday.com) та здійснити їх порівняльний аналіз;
- розробити математичну модель багатокритеріального оцінювання альтернатив;
- застосувати метод Weighted Scoring та/або АНР (Analytic Hierarchy Process) для визначення оптимальної платформи;
- розробити програмну реалізацію моделі оцінювання та провести обчислювальні експерименти;
- виконати аналіз результатів та сформуванати рекомендації щодо вибору цифрового сервісу для практичного впровадження.

Об'єктом дослідження є процеси управління завданнями та проектами в командній роботі за допомогою сучасних цифрових сервісів.

Предметом дослідження є методи, моделі та інструменти багатокритеріального вибору цифрових сервісів управління проектами.

Методи дослідження. У кваліфікаційній роботі використовуються

методи системного аналізу, порівняльного аналізу цифрових платформ, методи багатокритеріального прийняття рішень (Weighted Scoring, АНР), а також методи математичного моделювання, програмної реалізації алгоритмів у середовищі Python та проведення обчислювального експерименту.

Публікації. Результати, отримані у кваліфікаційній роботі, було представлено на 29-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті» (м. Харків, 16-19 квітня 2025 р.) [1].

1 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Системний аналіз задачі командного управління проєктами та завданнями

1.1.1 Вербальна модель системи

Об'єкт аналізу – «система аналізу та вибору сервісу для управління командними проєктами».

Предмет аналізу – «процес оцінки та порівняння цифрових сервісів для командної роботи, включаючи багатокритеріальні методи та врахування AI-функцій» (Artificial Intelligence).

Точка зору: дослідник.

Ціль: отримання обґрунтованих рекомендацій щодо вибору оптимального сервісу для управління проєктами і завданнями в команді.

Для детального аналізу системи в її зовнішньому контексті використовується модель «чорної скриньки», яка зосереджується на входах і виходах системи без розгляду внутрішніх алгоритмів. Вхідними даними є вимоги команди щодо методології управління проєктами (Scrum, Kanban), очікуваний рівень автоматизації та AI-підтримки (Artificial Intelligence), бюджетні обмеження, наявна IT-інфраструктура та перелік платформ (Jira, ClickUp, Notion, Monday.com). Вихідними даними виступає рекомендація щодо оптимального сервісу або рейтинг альтернатив за критеріями релевантності до потреб команди. Зовнішнє середовище включає політику організації, рівень цифрової зрілості команди, існуючі бізнес-процеси, а також доступні ресурси та обмеження. [3,11,14] Такий підхід дозволяє зосередитись на взаємодії системи із зовнішнім середовищем, оцінюючи її ефективність без необхідності глибокого аналізу внутрішньої структури. Графічне подання моделі «чорної скриньки» процесу вибору цифрового сервісу наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Модель «чорної скриньки»

1.1.2 Функціональна модель системи

Для функціонального моделювання використовується методологія IDEF0, що дозволяє описати систему як сукупність взаємопов'язаних компонентів та процесів [2]. Цей підхід ефективно описує систему як сукупність взаємопов'язаних компонентів та процесів, що дозволяє формалізувати їхні входи, виходи, механізми виконання та керуючі впливи. Завдяки цьому досягається наочне представлення логіки функціонування складних організаційно-технічних систем. Застосування IDEF0 в рамках даного дослідження сприяє систематизації процесу вибору цифрового сервісу та чіткому визначенню ролі кожного елемента в процесі прийняття рішення.

На контекстній діаграмі, на рисунку 1.2, представлено основний процес «Оцінка та вибір цифрового сервісу». Вхідними даними для нього є перелік вимог та критеріїв оцінювання. Роль механізмів виконують експерти та аналітичне програмне забезпечення, а керування процесом здійснюється за допомогою багатокритеріальних методів оцінки. Результатом є обґрунтована рекомендація щодо вибору платформи. Такий підхід дозволяє сконцентруватися на функціональному призначенні системи та її взаємодії із зовнішнім середовищем, уникаючи деталізації внутрішніх алгоритмів на початковому етапі аналізу.

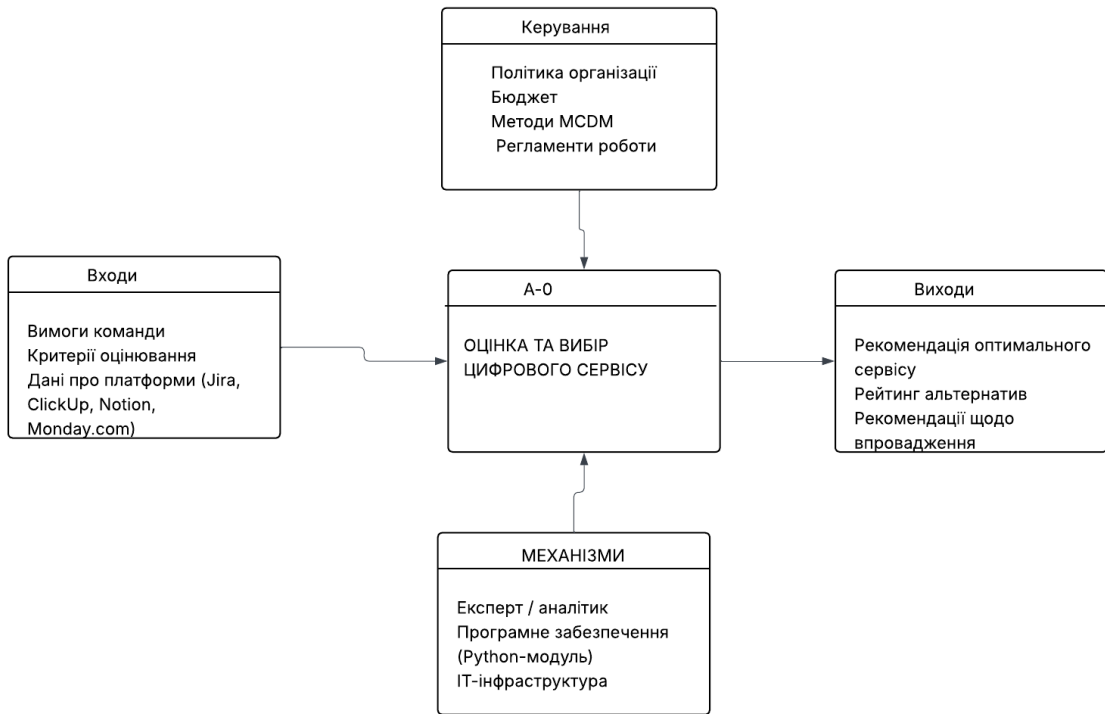


Рисунок 1.2 – Контекстна діаграма IDEF0 процесу оцінки та вибору сервісу

Наступний етап моделювання включає декомпозицію, яка представлена на рисунку 1.3, що дозволяє деталізувати основний процес на підпроцеси: аналіз потреб команди, формалізація критеріїв, оцінка альтернатив, агрегування результатів та формування остаточного рішення. Такий підхід забезпечує глибоке розуміння внутрішньої структури системи та сприяє точному опису функціональних блоків. [2]

Завдяки такому підходу ми можемо точно визначити, де закінчується один підпроцес і починається інший, що саме надходить на вхід і виходить з кожного етапу, а також як усім цим керувати. Це робить всю модель зрозумілою та добре організованою. Крім того, поділ на частини допомагає краще зрозуміти, як пов'язані між собою кроки вибору цифрового сервісу, та полегшує створення точних правил та використання математичних розрахунків для оцінки.

ОЦІНКА ТА ВИБІР ЦИФРОВОГО СЕРВІСУ

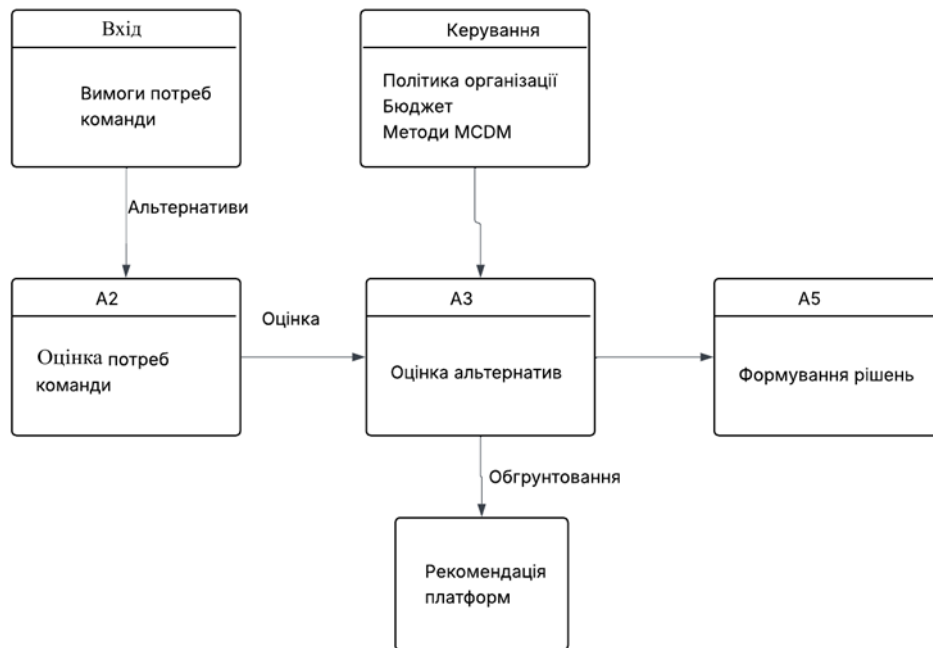


Рисунок 1.3 – Декомпозиція процесу в нотації IDEF0 (A0)

Процес аналізу передбачає вибір ключових платформ (Jira, ClickUp, Notion), визначення критеріїв оцінки (зручність, AI-функції (Artificial Intelligence), інтеграції, колаборація, масштабованість, вартість), проведення порівняльного аналізу та формування підсумкових рекомендацій для команди. Система адаптується до різних сценаріїв роботи: підтримка масштабних команд, інтеграція з існуючими процесами, автоматизація завдань та навчання нових користувачів. Здійснення системного аналізу забезпечує комплексне розуміння процесу вибору сервісу, виявлення ключових елементів та взаємозв'язків, створюючи основу для подальшого застосування математичних та багатокритеріальних методів оцінки. Отримані результати аналізу дозволяють сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо впровадження найбільш ефективного інструменту управління проектами. Це підвищує узгодженість дій команди, сприяє оптимізації робочих процесів і забезпечує досягнення стратегічних цілей організації.

1.2 Аналіз сценаріїв вирішення задачі вибору цифрового сервісу для управління командними проєктами

Цей розділ присвячений детальному вивченню різних шляхів вибору найкращого цифрового інструменту для управління проєктами в команді. Головна мета – розробити чіткий, формалізований метод прийняття рішень, коли існує багато критеріїв, варіантів і параметрів різної важливості, що впливають на ефективність роботи. Складність сучасних цифрових платформ, які відрізняються функціоналом, автоматизацією, можливостями інтеграції та умовами використання, робить інтуїтивний вибір проблематичним, тому такий аналіз є необхідним.

Для цього використовується метод аналізу ієрархій (АНР). Він розбиває проблему на рівні: кінцева мета, критерії оцінки та можливі варіанти. Це допомагає систематизувати оцінку, формалізувати думки експертів та визначити відносну значущість кожного критерію. В результаті можна не тільки порівняти сервіси, але й кількісно оцінити, як кожен параметр впливає на остаточний вибір, роблячи його більш обґрунтованим [4, 6].

АНР також дозволяє врахувати не тільки технічні аспекти платформ, але й організаційні та фінансові чинники, такі як зручність для користувачів, підтримка командної роботи, масштабованість та бюджет. Крім того, метод допомагає перевірити узгодженість експертних оцінок, зменшуючи ймовірність суб'єктивних або суперечливих рішень та підвищуючи надійність результатів.

Для вибору оптимального цифрового сервісу для команди було розроблено ієрархічну структуру за методом аналізу ієрархій (АНР). Ця структура складається з трьох рівнів: загальна мета (вибір найкращого сервісу) на верхньому рівні, критерії оцінки (зручність, інтеграція, вартість) на середньому, та конкретні платформи управління проєктами як альтернативи на нижньому. Детальніше ця структура показана на рисунку 1.4.

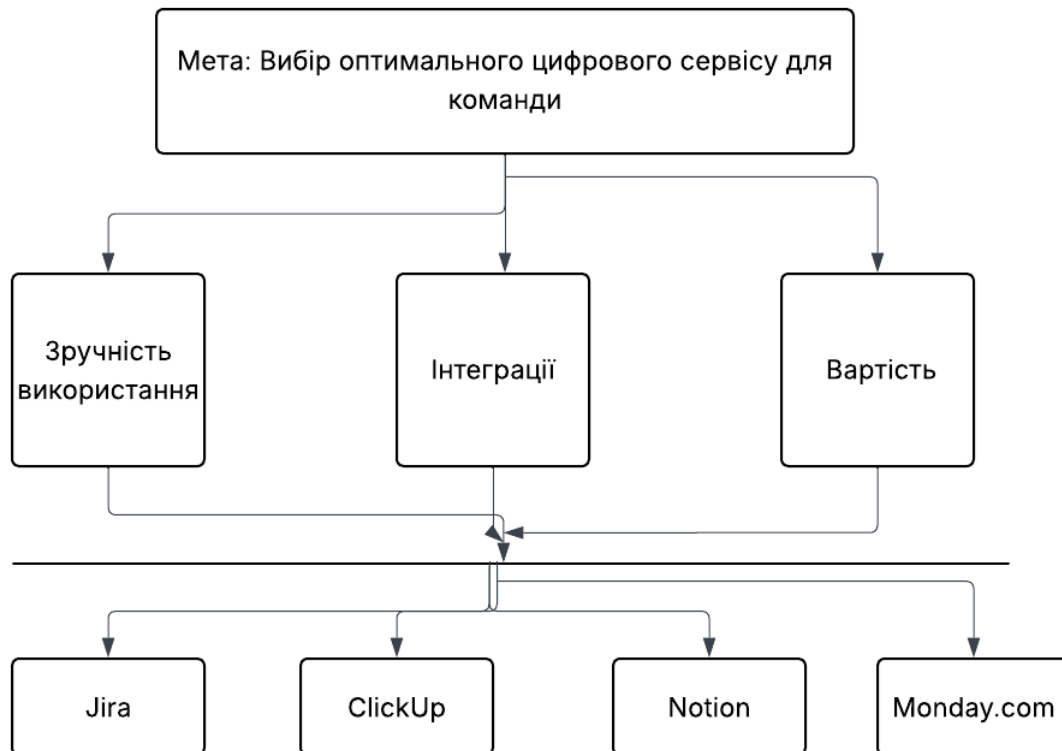


Рисунок 1.4 – Ієрархічна структура задачі вибору оптимального цифрового сервісу (АНР)

Далі розглядаються можливі сценарії застосування цієї моделі. [4,5]

Перший сценарій – формування рішення на основі експертних суджень. Експерти здійснюють попарне порівняння критеріїв, що дозволяє визначити їхню відносну важливість. Після нормалізації отримується вектор ваг, який використовується для подальших розрахунків.

Другий сценарій передбачає застосування формалізованих оцінок для кожної альтернативи за визначеними критеріями. Будуються матриці попарних порівнянь між альтернативами для кожного критерію, після чого визначаються локальні пріоритети та інтегральна оцінка.

Третій сценарій пов'язаний із врахуванням практичних обмежень, таких як бюджет, рівень підготовки команди чи сумісність із наявною інфраструктурою. Такі параметри можуть бути включені як окремі критерії або вагові коригування під час фінального вибору.

Застосування АНР у наведених сценаріях забезпечує структурований, прозорий і обґрунтований процес ухвалення рішення. Отримана ієрархічна модель дозволяє не лише формалізувати вибір сервісу, але й перевірити логічну узгодженість суджень та знизити ризики хибного рішення. Це створює основу для подальших обчислень у наступних розділах та забезпечує математичну й практичну обґрунтованість вибору [8, 9, 15] .

1.3 Змістовна та формальна постановка задачі

Складання задачі для вибору найбільш відповідного сервісу управління завданнями та проектами вимагає цілісного підходу, що охоплює як змістовну, так і формальну компоненти.

Змістовна постановка задачі вибору цифрового сервісу для управління командною діяльністю передбачає визначення ключових вимог колективу, функціональних характеристик програмного забезпечення, критеріїв ефективності та можливих сценаріїв використання у контексті конкретного організаційного середовища [7, 8].

Головною метою є забезпечення прозорості виконання завдань, контроль строків, підвищення якості комунікації та оптимізація розподілу навантаження між членами команди. У процесі формування постановки необхідно також враховувати структуру ролей (керівник проєкту, виконавці, аналітики, тестувальники), ступінь взаємозалежності робіт, рівень цифрової зрілості користувачів та характер виконуваних проєктів – короткі ітераційні спринти, довготривалі комплексні проєкти або кросфункціональна взаємодія між кількома підрозділами [4, 6].

Цифровий сервіс, що розглядається як кандидат для впровадження, має забезпечувати низку базових і розширених можливостей: постановку та контроль виконання задач, підтримку методологій Scrum і Kanban, ведення беклогу, роботу з дошками та статусами, автоматизацію повторюваних

процесів, інтеграцію з зовнішніми інструментами, засоби комунікації та можливість аналітичного відстеження прогресу. Також важливими є параметри масштабованості, гнучкості налаштування, наявність інтелектуальних функцій (AI-асистент, автоматичне пріоритезування, прогнозування термінів), а також економічна доцільність впровадження з точки зору вартості ліцензії, витрат на навчання та технічну підтримку.

Оскільки вибір сервісу є багатокритеріальною задачею, постановка передбачає визначення набору критеріїв та їх ваг, які відображатимуть реальні потреби команди: зручність використання, рівень автоматизації, інтеграції, функціонал колаборації, швидкість адаптації нових користувачів, доступність інструментів планування та аналітики, а також бюджети й організаційні обмеження.

Для опису різних варіантів використання сервісу формуються сценарії роботи: планування спринтів, відслідковування ходу робіт, управління залежностями між задачами, багаторівневий контроль, ведення проєктної документації, спільне редагування матеріалів та проведення командних обговорень. Окрему увагу приділяють взаємодії між членами команди та можливості швидко адаптувати робочі процеси в умовах змін вимог.

Такий розширений опис забезпечує комплексне розуміння задачі, дозволяє коректно сформулювати ієрархічну модель вибору сервісу та створює основу для подальшого застосування методів багатокритеріального аналізу, зокрема методу аналізу ієрархій (АНР), для обґрунтованого визначення оптимального рішення.

Задача вибору оптимального цифрового сервісу для управління проєктами та завданнями в команді формалізується як задача багатокритеріального вибору, у якій необхідно оцінити множину альтернатив за сукупністю критеріїв різної природи. Застосування математичного моделювання дозволяє уніфікувати процес оцінювання, врахувати як кількісні, так і якісні характеристики сервісів, а також забезпечити прозорість, повторюваність та обґрунтованість прийнятого рішення [10].

Оскільки в подальших розділах роботи використовується метод аналізу ієрархій (АНР), формальний опис задачі має бути узгоджений із цією методологією. У межах АНР рішення структурується у вигляді ієрархічної моделі, де на верхньому рівні визначається мета – вибір оптимального цифрового сервісу; на середньому – критерії оцінки; на нижньому – альтернативи. Така декомпозиція дозволяє послідовно виконати оцінювання критеріїв та альтернатив за допомогою попарних порівнянь.

Формалізація задачі передбачає:

- побудову ієрархії з трьох рівнів: мети, критеріїв та альтернатив;
- проведення попарних порівнянь між критеріями для визначення їхніх ваг;
- виконання попарних порівнянь альтернатив для кожного критерію;
- перевірку узгодженості суджень шляхом розрахунку індексу та відношення узгодженості;
- обчислення інтегрального показника для кожної альтернативи з метою визначення найкращого варіанту.

Таким чином, формальна постановка задачі є невід’ємною частиною аналітичного процесу та забезпечує відповідність між теоретичним підґрунтям, обраною методикою та практичною реалізацією моделі вибору сервісу. [7].

Множина альтернатив. Позначимо множину розглянутих цифрових сервісів як:

$$A = a_1, a_2, a_3, a_4,$$

де a_1 = Jira – корпоративний стандарт для управління ІТ-проектами;

a_2 = ClickUp – універсальна платформа з AI-підтримкою (Artificial Intelligence);

a_3 = Notion – модульна база знань із функціями управління задачами;

a_4 = Monday.com – візуально орієнтована платформа з можливістю low-code

налаштувань.

Множина A визначає всі допустимі альтернативи, серед яких буде обрано оптимальний сервіс.

Нехай множина критеріїв оцінки альтернатив має вигляд:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\},$$

де c_1 – зручність використання (інтуїтивність інтерфейсу, швидкість навчання);

c_2 – підтримка AI (Artificial Intelligence – штучний інтелект) та автоматизації;

c_3 – можливість інтеграцій (API – Application Programming Interface);

c_4 – колаборація та спільна робота;

c_5 – масштабованість (підтримка великої кількості користувачів та проєктів);

c_6 – вартість (ціна ліцензії, супровід, навчання команди).

Кожний критерій може мати вагу w_j , що відображає його важливість для команди. Вага нормалізується так, щоб

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1.$$

Цільова функція. Метою є максимізація інтегральної оцінки сервісу за всіма критеріями. Нехай $f_j(a_i)$ – оцінка альтернативи a_i за критерієм c_j (нормалізована до шкали 0–10 або 0–1). Тоді підсумкова оцінка кожної альтернативи визначається як зважена сума нормалізованих значень критеріїв, де ваги відображають пріоритетність потреб команди. Цільова функція має вигляд:

$$F(a_i) = \sum_{j=1}^m w_j \cdot f_j(a_i), i=1..n,$$

де n – кількість альтернатив ($n=4$).

Обмеження задачі. При оцінці альтернатив можуть враховуватися додаткові обмеження:

- бюджетні обмеження;
- технічні обмеження: сумісність із наявною інфраструктурою, доступність API для інтеграцій;
- обмеження за масштабом: платформа повинна підтримувати не менше k користувачів одночасно.

Отже, формальна постановка задачі створює об'єктивну основу для ухвалення рішення, тоді як змістовна частина надає практичну значущість та пристосування до специфічних умов команди та проєкту. У сукупності це гарантує всебічний аналіз і вибір найкращого цифрового інструменту для управління проєктами, враховуючи всі важливі аспекти продуктивності та особливості командної діяльності. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності управління, забезпечуючи узгодженість цілей команди з можливостями обраного сервісу. Крім того, він формує підґрунтя для подальшого вдосконалення процесів та адаптації інструментів відповідно до еволюції потреб команди.

1.4 Постановка задач дослідження

Для розв'язання задачі вибору найкращого цифрового сервісу для управління проєктами та завданнями в команді необхідно сформувати формальну постановку дослідження, яка враховує багатокритеріальний характер прийняття рішень та різноманітність функціональних вимог до платформи. Зважаючи на те, що аналіз альтернатив пов'язаний одночасно з

кількісними та якісними параметрами, доцільним є використання методів, здатних забезпечити об'єктивне та прозоре порівняння варіантів.

Для розв'язання поставленої задачі використаємо методи Weighted Scoring та АНР (Analytic Hierarchy Process – Аналіз ієрархій), що дозволяють формалізувати процес оцінювання, визначати ваги критеріїв, будувати ієрархічну структуру моделі та отримувати інтегральні оцінки кожної альтернативи. Застосування цих методів забезпечує можливість ухвалення зважених та обґрунтованих рішень щодо вибору цифрового сервісу, який найбільш повно відповідає потребам команди [4, 29] .

Для реалізації визначеної цілі дослідження необхідно здійснити ряд взаємопов'язаних завдань:

- створити обґрунтовану систему критеріїв оцінювання цифрових сервісів, яка відображає ключові аспекти командної роботи, включаючи зручність використання, рівень автоматизації та підтримки штучного інтелекту, можливості інтеграції через API, функціональні засоби колаборації, масштабованість системи та фінансові параметри;

- визначити потреби команди у цифрових інструментах управління проектами шляхом аналізу характеру виконуваних задач, способів взаємодії, використовуваних методологій та очікуваного рівня прозорості й контролю;

- проаналізувати альтернативні цифрові сервіси (Jira, ClickUp, Notion, Monday.com) відповідно до сформованих критеріїв, враховуючи технічні характеристики, функціональні можливості платформ та якісні показники;

- систематизувати результати первинного аналізу у вигляді таблиць, матриць порівняння та структурованих описів, щоб забезпечити можливість подальшої формалізації;

- побудувати ієрархічну модель вибору цифрового сервісу, що відображає взаємозв'язок між метою дослідження, критеріями та множиною альтернатив;

- застосувати методи багатокритеріального оцінювання Weighted Scoring та АНР для визначення локальних та глобальних пріоритетів альтернатив;

- провести комплексну процедуру ухвалення рішення на основі інтегральних оцінок, визначивши платформу, що найкраще відповідає потребам команди;
- здійснити порівняльний аналіз результатів з метою перевірки коректності та стійкості оцінок та отримати підстави для практичного впровадження обраного сервісу;
- розробити рекомендації щодо інтеграції обраної платформи в робочі процеси команди, включно з етапами впровадження, навчання персоналу та адаптації методологій;
- оцінити ефективність упровадженого сервісу з точки зору продуктивності команди, покращення комунікації, оптимізації планування та рівня задоволеності користувачів.

Реалізація зазначених завдань забезпечить комплексний підхід до вибору цифрового сервісу, поєднає формальні методи багатокритеріального аналізу з практичними аспектами командної роботи та дозволить ухвалити зважене, обґрунтоване й ефективне рішення [22, 23].

Отже, метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування вибору оптимального цифрового сервісу для управління завданнями та проектами в командній роботі шляхом застосування методів багатокритеріального аналізу та побудови формальної моделі оцінювання альтернатив. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести огляд і аналіз сучасного стану задачі вибору цифрових сервісів для управління проектами та завданнями;
- визначити критерії оцінювання ефективності цифрових платформ з урахуванням можливостей автоматизації, інтеграцій, колаборації та масштабованості;
- сформулювати множину альтернатив (Jira, ClickUp, Notion, Monday.com) та здійснити їх порівняльний аналіз;
- розробити математичну модель багатокритеріального оцінювання альтернатив;

- застосувати метод Weighted Scoring та/або АНР (Analytic Hierarchy Process) для визначення оптимальної платформи;
- розробити програмну реалізацію моделі оцінювання та провести обчислювальні експерименти;
- виконати аналіз результатів та сформулювати рекомендації щодо вибору цифрового сервісу для практичного впровадження.

2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ

2.1 Підходи до класифікації та оцінювання сервісів керування завданнями і проєктами

При виборі цифрових сервісів для керування завданнями та проєктами застосовуються як традиційні методи багатокритеріального аналізу, так і новітні підходи, що ґрунтуються на машинному навчанні та штучному інтелекті. Звичайно оцінка сервісів проводиться за допомогою бальної системи, експертного ранжування, мультикритеріального аналізу рішень MCDM (Multiple-Criteria Decision Making), в якому кожному сервісу визначається інтегральний індекс корисності. Ці методи забезпечують формалізоване порівняння варіантів, беручи до уваги суб'єктивність пріоритетів групи [24].

Проте з розвитком цифрової трансформації та збільшенням кількості доступних сервісів дедалі більше значення набувають методи оцінювання, орієнтовані на ШІ, що ґрунтуються на

- вивченні поведінкових даних користувачів;
- системах адаптивного рекомендаційного характеру;
- групування команд на основі патернів управління проєктами;
- аналіз за допомогою NLP опису завдань і автоматичне прогнозування пріоритетів.

Сучасні сервіси, такі як ClickUp, Notion AI, Linear і Monday AI Assistant, містять інтегровані алгоритми, які автоматично виявляють можливі зв'язки між задачами, пропонують терміни виконання та розподіляють навантаження на основі історії продуктивності членів команди.

Сучасні цифрові платформи з інтегрованими AI-модулями та інтелектуальними функціями, можуть вивчати історію виконання проєктів, знаходити закономірності й рекомендувати оптимальні стратегії дій. Нейронні мережі здатні автоматично класифікувати тип задачі, оцінювати її орієнтовну складність, а також пропонувати терміни виконання на підставі історичних відомостей. Це

допомагає значно скоротити час на організацію та підвищує гнучкість інструменту для роботи певної команди.

У сучасних умовах цифрових змін платформи для управління завданнями включають не лише інструменти для планування, а й можливості аналітики, прогнозування та автоматизації. Сучасні сервіси часто впроваджують алгоритми машинного навчання і моделі нейронних мереж для автоматичного пріоритезування завдань, створення рекомендацій з розподілу ресурсів, оцінки навантаження команди та навіть прогнозування ризиків невиконання дедлайнів [5, 12].

Сучасні методи оцінювання ефективності цифрових сервісів та прийняття рішень у командній роботі все частіше інтегрують елементи штучного інтелекту (AI – Artificial Intelligence). Такі методи дозволяють автоматизувати збір даних, аналізувати великі масиви інформації та генерувати рекомендації на основі історичних і поточних показників ефективності. AI-моделі можуть прогнозувати продуктивність команди та ризики виконання завдань на основі минулих даних, а також визначати потенційні вузькі місця у процесі управління проектами. Методи машинного навчання дозволяють обробляти дані з різних джерел, наприклад із CRM-систем (Customer Relationship Management), таск-менеджерів чи комунікаційних платформ, і виявляти закономірності, які важко помітити традиційними методами [30]. AI також може допомагати у визначенні важливості різних критеріїв при багатокритеріальній оцінці сервісів, використовуючи історичні дані або експертні оцінки як вхідну інформацію. На основі алгоритмів машинного навчання створюються інтелектуальні рекомендаційні системи, які пропонують оптимальні варіанти вибору сервісу або налаштувань процесів, враховуючи специфіку команди та поточні цілі проекту. Використання AI-орієнтованих методів оцінювання дозволяє підвищити точність, об'єктивність та швидкість прийняття рішень, а також забезпечує можливість динамічної адаптації рекомендацій до змінних умов роботи команди [17 – 20].

Окрім того, численні сучасні сервіси мають архітектуру модульного розширення: інтеграцію з GitHub, Slack, Google Workspace, CRM (Customer Relationship Management) – системами. Деякі підтримують API-запити і да-

ють можливість налаштовувати індивідуальні сценарії автоматизації (наприклад, автоматичну генерацію задач на основі email-запитів або повідомлень у чаті). Вбудовані системи оцінювання продуктивності, засновані на показниках velocity, lead time і burn-down графіків, також набули популярності [21].

Отже, вибір сервісу сьогодні залежить не тільки від основного функціоналу (Kanban, Scrum тощо), але й від ступеня інтелектуальної допомоги, гнучкості інтеграцій та здатності адаптувати модель під стиль роботи певної команди.

2.2 Методи аналізу ефективності командної співпраці та продуктивності

У сучасних дослідженнях для підтвердження вибору цифрових інструментів активно використовуються методи багатокритеріального прийняття рішень (MCDM), що дають змогу формалізувати оцінку альтернатив за кількома показниками одночасно [5, 6, 16].

2.2.1 Метод Analytic Hierarchy Process

Метод АНР (Analytic Hierarchy Process) передбачає створення ієрархії критеріїв, після чого виконується попарне зіставлення критеріїв та альтернатив. Цей метод підходить для випадків, коли важливо врахувати думку експертів і особисті пріоритети групи. Перевагою є легкість інтерпретації, недоліком – ускладнення при великій кількості критеріїв [8, 13].

Формула для обчислення зваженої оцінки альтернативи:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot a_{ij},$$

де S_i – інтегральна оцінка альтернативи i ;

w_j – вага критерію j ;

a_{ij} – оцінка альтернативи i за критерієм j ;

n – кількість критеріїв.

Характерною рисою методу АНР (Analytic Hierarchy Process) є створення ієрархії цілей, критеріїв та альтернатив, що відображає логіку фактичного процесу прийняття рішень. Наприклад, при виборі між Jira, Notion і ClickUp аналітик або менеджер продукту може спочатку встановити основні критерії – підтримка Scrum/Kanban, функціонал співпраці, AI-асистент, ціна, можливість кастомізації тощо – після чого здійснити парне порівняння важливості критеріїв [13].

Для визначення ваг критеріїв застосовується попарне порівняння. Матриця попарних порівнянь виглядає так:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

де a_{ij} – важливість критерію i щодо j . Ваги критеріїв обчислюються як нормалізовані власні значення матриці:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}.$$

Однією з ключових особливостей методу АНР є необхідність перевірити,

наскільки узгодженими є судження експертів під час формування матриць попарних порівнянь. Узгодженість є важливим показником якості моделі, адже суперечливі або надто випадкові оцінки можуть суттєво спотворити підсумкові результати.

Для оцінювання узгодженості використовується індекс узгодженості (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1},$$

де λ_{\max} – найбільше власне значення матриці попарних порівнянь,

m – кількість критеріїв.

Отримане значення порівнюють із випадковим індексом (RI), що визначається таблично для матриць різного розміру. На основі цього обчислюється відношення узгодженості (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}.$$

Цей показник відображає, наскільки логічними та послідовними були експертні оцінки.

Вважається, що судження є прийнятно узгодженими, якщо:

$$CR < 0.1.$$

Якщо ж значення CR перевищує допустиму межу, матрицю потрібно переглянути і скоригувати, після чого виконати повторну перевірку. Завдяки цьому методу АНР забезпечує не лише обчислення інтегральних пріоритетів, а й контроль якості прийнятих рішень, що є критично важливим у задачах багатокритеріального вибору.

2.2.2 Метод TOPSIS

Метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ґрунтується на визначенні оптимального (максимального) та гіршого (мінімального) рішень. Альтернатива, яка найближча до ідеального варіанту, вважається оптимальною. Спосіб є дієвим при потребі швидкого оцінювання [8].

Нормалізація матриці критеріїв:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}},$$

де x_{ij} – початкове (ненормалізоване) значення i альтернативи за j критерієм;

r_{ij} – нормалізоване значення i альтернативи за j критерієм;

m – кількість альтернатив;

Обчислення відстаней до ідеального (D^+) та анти ідеального (D^-) рішень:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_j \cdot (r_{ij} - r_j^+)^2)},$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_j \cdot (r_{ij} - r_j^-)^2)},$$

де w_j – вага j критерію;

r_{ij} – нормалізоване значення i альтернативи за j критерієм;

r_j^+ – найкраще (ідеальне) значення за j критерієм;

r_j^- – найгірше (антиідеальне) значення за j критерієм;

n – кількість критеріїв.

Розрахунок коефіцієнта близькості:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-},$$

де C_i – коефіцієнт близькості i альтернативи;

D_i^+ – відстань i альтернативи до ідеального рішення;

D_i^- – відстань i альтернативи до антиідеального рішення.

2.2.3 Метод MAUT

Метод MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) використовується в ситуаціях, коли можна визначити функцію корисності для кожного критерію [9]. Загальна корисність визначається як сума вагових функцій корисності. Метод є адаптивним, що дозволяє враховувати як кількісні, так і якісні характеристики:

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot u_j(x_{ij}).$$

2.2.4 Метод аналізу Парето

Метод аналізу Парето ґрунтується на визначенні таких альтернатив, які не переважаються іншими рішеннями за всіма критеріями одночасно. З погляду багатокритеріального вибору це означає, що певна альтернатива вважається прийнятною, якщо не існує іншого варіанту, що був би кращим хоча б за одним критерієм і не гіршим за всіма іншими. Такий підхід дозволяє виявити набір рішень, що представляють найкращий можливий компроміс між різними

характеристиками.

Метод є ефективним у ситуаціях, коли критерії суперечать один одному, наприклад, низька вартість може супроводжуватися меншою функціональністю, а ширші інтеграційні можливості – вищою ціною. У таких випадках аналіз Парето дає змогу відібрати ті сервісні платформи, які забезпечують найкращий баланс між цими конфліктними параметрами. Отримана множина Парето включає рішення, що потенційно оптимальні для різних умов використання, дозволяючи команді адаптувати вибір під свої потреби та бізнес-контекст.

Важливою перевагою методу є те, що він не потребує попереднього визначення ваг критеріїв і може використовуватися на етапі попереднього аналізу для звуження кола альтернатив. Водночас цей метод не визначає єдиного найкращого рішення, а лише формує підмножину найбільш раціональних варіантів. Тому аналіз Парето часто поєднують з іншими методами багатокритеріального оцінювання, такими як АНР або TOPSIS, для подальшої деталізації вибору [16].

У контексті вибору цифрових сервісів для управління проектами метод Парето дозволяє ідентифікувати платформи, що забезпечують оптимальне поєднання функціональності, вартості, інтеграційних можливостей та зручності використання. Це допомагає уникнути хибних рішень та сфокусувати подальший аналіз на тих інструментах, що дійсно мають потенціал стати ефективним рішенням для команди.

2.3 Застосування обраного методу для обґрунтування вибору оптимального сервісу

Вибір методу АНР (Analytic Hierarchy Process – Аналіз ієрархій) для дослідження вибору цифрового сервісу для управління проектами та завданнями є виправданим через багатокритеріальний характер задачі та потребу враховува-

ти як кількісні, так і якісні аспекти при ухваленні рішення. Метод АНР (Analytic Hierarchy Process) дозволяє структурувати процес прийняття рішення, розбивши його на логічні рівні, які включають мету, критерії оцінки та конкретні альтернативи, що підлягають порівнянню. Це особливо важливо для вибору цифрового сервісу, оскільки ефективність команди залежить не лише від технічних характеристик платформи, а й від того, наскільки вона відповідає методології роботи, потребам співробітників та специфіці проєктів [15].

Процес застосування АНР (Analytic Hierarchy Process) починається з визначення ключових критеріїв, які є найважливішими для команди. До них відносяться: зручність використання сервісу, підтримка AI (Artificial Intelligence – штучний інтелект) та автоматизації робочих процесів, можливість інтеграцій через API (Application Programming Interface – інтерфейс програмування додатків), ефективність колаборації та спільної роботи, масштабованість платформи, а також фінансові аспекти, включаючи вартість ліцензії та супровід. Кожен критерій отримує вагу, яка відображає його важливість для конкретної команди. Вага нормалізується таким чином, щоб сума всіх критеріїв дорівнювала одиниці, що забезпечує коректне обчислення інтегральної оцінки альтернатив.

Наступним етапом є попарне порівняння альтернатив, серед яких у нашому випадку виділяються платформи Jira, ClickUp та Notion. Попарне порівняння дозволяє експертам визначити, наскільки одна альтернатива переважає іншу за певним критерієм. Результати цих порівнянь заносяться до матриці важливості, яка слугує основою для обчислення інтегральної оцінки кожного сервісу. Інтегральна оцінка обчислюється як зважена сума оцінок за критеріями з урахуванням їх ваги, що дозволяє ранжувати сервіси від найефективнішого до менш придатного для конкретної команди.

Метод АНР (Analytic Hierarchy Process) дозволяє врахувати експертні судження кількох членів команди одночасно, що підвищує об'єктивність оцінки і зменшує ризик суб'єктивності при виборі платформи. Крім того, сучасні рішення АНР (Analytic Hierarchy Process) інтегровані в AI-рекомендаційні системи та платформи підтримки прийняття рішень, що дозволяє автоматизувати ча-

стину процесу оцінки та прискорити вибір оптимального сервісу. Наприклад, корпоративні системи Jira або Notion можуть містити модулі AI, які допомагають рекомендувати налаштування для командних процесів на основі введених критеріїв.

Практичне застосування методу АНР (Analytic Hierarchy Process) включає такі кроки: формування списку критеріїв та альтернатив, попарне порівняння альтернатив за кожним критерієм, обчислення інтегральних оцінок, ранжування платформ та підготовка рекомендацій щодо впровадження. Наприклад, експерти можуть оцінити Jira, ClickUp та Notion за критеріями: підтримка Scrum/Kanban, автоматизація завдань, можливості інтеграцій та колаборації. Після розрахунку інтегральних оцінок визначається найоптимальніший сервіс, який відповідає як технічним, так і організаційним вимогам команди.

Використання АНР (Analytic Hierarchy Process) забезпечує баланс між формальною математичною оцінкою та експертною оцінкою, що робить метод придатним для практичного застосування у виборі цифрових сервісів. Це гарантує всебічний аналіз альтернатив, підвищує прозорість прийняття рішень і дозволяє адаптувати платформу під конкретні умови роботи команди [8]. Застосування цього методу у реальних умовах дозволяє не лише обрати оптимальний сервіс, а й підвищити ефективність управління проектами, покращити координацію командної роботи та забезпечити більшу продуктивність команди в цілому.

Висновки за розділом 2

У розділі 2 було здійснено аналіз підходів до класифікації та оцінювання цифрових сервісів для управління завданнями та проектами, а також розглянуто основні методи багатокритеріального прийняття рішень, які можуть бути застосовані для обґрунтованого вибору оптимального інструменту. Проаналізовано можливості традиційних методів, таких як MCDM (Multiple-

Criteria Decision Making), АНР (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS та МАUT, а також сучасних AI-орієнтованих підходів, що інтегровані у цифрові платформи та рекомендаційні системи.

Порівняння методів показало, що для задачі вибору сервісу, яка має багатокритеріальний характер та поєднує кількісні й якісні параметри, найбільш придатним є метод АНР. Він забезпечує чітку структурування задачі, дозволяє врахувати експертні судження, оцінити узгодженість рішень та отримати інтегральну оцінку альтернатив. Також метод є гнучким щодо зміни набору критеріїв і може масштабуватися залежно від складності системи.

Розглянуті у розділі методи дали змогу визначити підхід, який буде використано у подальших етапах дослідження: формуванні ієрархічної моделі, побудові матриць попарних порівнянь, розрахунку ваг критеріїв та оцінюванні альтернатив. Обґрунтування вибору методу АНР створює формальну основу для виконання розрахунків у практичній частині роботи та забезпечує об'єктивність подальших висновків.

Отже, у розділі було визначено теоретичне підґрунтя для подальшої розробки математичної моделі багатокритеріального вибору сервісу, сформовано методологічний інструментарій та обґрунтовано вибір методу аналізу ієрархій як основи для практичних обчислень і прийняття рішення.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Середовище програмної реалізації Python

Як базове середовище для побудови обчислювальної моделі було використано мову програмування Python. Її вибір обґрунтований широкою підтримкою бібліотек аналітичного спрямування, доступністю засобів візуалізації, а також можливістю гнучко модифікувати структуру алгоритму залежно від потреб дослідження. Python забезпечує ефективну роботу з табличними даними, містить простий та інтуїтивний синтаксис для побудови критеріальних моделей, а також надає багатий інструментарій для створення обчислювальних експериментів та прототипування алгоритмів [25, 26].

Крім того, дана мова програмування підтримує низку бібліотек, які значно спрощують реалізацію багатокритеріального аналізу. Зокрема, NumPy та Pandas використовуються для опрацювання матриць, нормалізації показників та зберігання проміжних результатів; Matplotlib та Plotly – для візуалізації даних та представлення підсумкових результатів у вигляді графіків і діаграм; SciPy може застосовуватися для виконання статистичних або оптимізаційних обчислень, що підвищує точність дослідження [27, 28].

Гнучкість Python також дозволяє легко реалізувати різні методи оцінювання, такі як Weighted Scoring, АНР або навіть більш складні алгоритми на кшталт TOPSIS чи аналізу Парето. Це дає змогу інтегрувати декілька методів в єдину систему, виконувати порівняння їхніх результатів та формувати комплексні висновки.

Завдяки такій універсальності Python став оптимальним вибором для реалізації моделі підтримки прийняття рішень щодо вибору цифрового сервісу для управління командними проектами, поєднуючи простоту розробки, високу продуктивність і широкі можливості для подальшого розширення функціоналу.

3.2 Алгоритм розв'язання задачі багатокритеріального оцінювання цифрових платформ

Процес оцінювання цифрових платформ побудований на комплексному циклі обробки інформації. Він починається з введення початкових даних і завершується формуванням остаточного рейтингу доступних альтернатив. На першому кроці розробляється система критеріїв, яка відображає найважливіші характеристики досліджуваних платформ. Далі, кожному з цих критеріїв присвоюється ваговий коефіцієнт, що відповідає його значущості для команди. Такий підхід гарантує, що пріоритети будуть враховані, а подальші обчислення будуть логічно узгоджені.

Далі ми складаємо список цифрових платформ, які будемо порівнювати. Для кожної платформи ми виставляємо оцінки за певною шкалою. Це допомагає нам привести до спільного знаменника як цифри, так і описові характеристики. Потім ми множимо кожен оцінку на важливість відповідного критерію, щоб отримати зважені бали. Зібравши всі ці зважені бали разом, ми отримуємо загальний бал для кожної платформи. Так ми можемо об'єднати багато різних показників в один загальний результат.

Результати зводяться в єдину таблицю, яка є базою для подальшого аналізу та висновків. Після підрахунку сумарних балів платформи ранжуються, щоб визначити найкраще рішення за встановленими критеріями. На цьому етапі також може проводитися аналіз чутливості, що оцінює, як зміна ваги або параметрів впливає на кінцевий вибір, що підвищує надійність рішення [29].

Розроблений алгоритм забезпечує ясний, логічний та повторюваний підхід до аналізу. Це дозволяє мінімізувати вплив особистих думок при оцінці та формувати надійні рекомендації щодо впровадження цифрової платформи у командну роботу. Основні кроки процедури оцінки та ранжування варіантів показано на схемі алгоритму обчислень (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Схема алгоритму обчислення

3.3 Опис програми

Програмний модуль є реалізацією концепції Weighted Scoring із можливістю автоматизованого розрахунку, побудови таблиць та формування графічних підсумків. Основою модуля є структурована система введення даних, математична частина обчислення зважених коефіцієнтів та механізм візуального подання результатів.

У межах програми реалізовано декілька логічних компонентів. Перший компонент забезпечує зчитування критеріїв, платформ та їхніх оцінок. Другий виконує обчислення зважених величин відповідно до формальної моделі. Наступний компонент відповідає за формування рейтингу та структурування результатів у вигляді таблиць.

Окремий програмний блок відповідає за побудову графічних матеріалів зокрема, діаграми ваг критеріїв та діаграми підсумкових балів. Використання графічних інструментів дозволяє значно підвищити наочність результатів, оскільки візуальні представлення спрощують аналіз впливу окремих критеріїв на фінальний вибір та дають змогу швидко оцінити позицію кожної платформи у загальному рейтингу. Графіки також є важливим елементом перевірки стійкості моделі, оскільки дозволяють виявити можливі дисбаланси або надмірний вплив окремих параметрів.

Крім того, візуалізація результатів полегшує подальше використання здобутих даних у звітах, презентаціях та аналітичних матеріалах, що є важливим для практичного впровадження обраного цифрового сервісу. Програмний модуль побудови графіків інтегрується з основними обчислювальними блоками моделі й автоматично оновлює графічні дані після зміни ваг критеріїв або перегляду альтернатив.

Структура програмного модуля, що забезпечує виконання зазначених функцій, наведена нижче, на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема структури програмної системи

Така структурна модель дозволяє легко масштабувати програмний продукт, модифікувати критерії та додавати нові платформи без змін у базовому алгоритмі.

Висновки за розділом 3

У даному розділі було реалізовано програмну інфраструктуру, яка забезпечує застосування методу зважених коефіцієнтів для вибору оптимальної цифрової платформи управління завданнями. Було побудовано формальний алгоритм оцінювання, створено структурну схему програмного модуля та виконано інтеграцію всіх необхідних функціональних компонентів. Розроблене програмне рішення передбачає можливість автоматизованої обробки критеріїв, нормалізації даних, обчислення підсумкових балів та формування графічних

матеріалів, що значно підвищує зручність аналізу та інтерпретації.

Створена модель дає змогу здійснювати об'єктивне порівняння цифрових платформ, забезпечує прозору логіку ухвалення рішень і дозволяє користувачу швидко ідентифікувати сильні та слабкі сторони кожної альтернативи. Крім того, система підтримує модифікацію ваг критеріїв, що робить її гнучкою та адаптивною до зміни пріоритетів команди чи умов проєктної діяльності.

Отримані результати та побудована інфраструктура можуть бути використані для подальшого розширення моделі, додавання нових критеріїв або альтернатив, а також для інтеграції з іншими методами багатокритеріального аналізу. Такий підхід робить розробку універсальним інструментом, придатним як для дослідницьких завдань, так і для практичного застосування в організаціях різного масштабу.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Обчислювальний експеримент у базових умовах

У базових умовах використовувалися вагові коефіцієнти:

- зручність – 0.20;
- AI / Автоматизація – 0.20;
- інтеграції – 0.20;
- колаборація – 0.15;
- масштабованість – 0.15;
- вартість – 0.10.

На початковому етапі розробки алгоритму багатокритеріального оцінювання ми зібрали первинні оцінки цифрових платформ за встановленими критеріями. Ці оцінки, зроблені за єдиною шкалою, дозволяють порівнювати як функціональні, так і якісні аспекти сервісів. Первинні дані відображають експертну думку щодо зручності використання, рівня штучного інтелекту, можливостей інтеграції, функцій для спільної роботи, масштабованості та вартості кожної платформи. Детальні результати первинного оцінювання представлені в таблиці 4.1.

Аналіз таблиці 4.1 виявив, що кожна платформа має свої сильні сторони. Наприклад, Jira лідирує за інтеграціями та масштабованістю, ClickUp демонструє збалансовані показники, особливо в частині AI-функцій, Notion отримав високі оцінки за зручність та колаборацію, а Monday.com показав стабільні середні результати без явних недоліків. Ця різноманітність характеристик підтверджує, що багатокритеріальний підхід є ефективним для комплексного порівняння платформ, оскільки дозволяє врахувати різноспрямовані переваги кожної альтернативи та сформувану обґрунтовану інтегральну оцінку. Крім того, наведені у таблиці первинні бальні оцінки слугують вихідними даними для подальшого зважування критеріїв і виконання розрахунків підсумкових показників

ефективності. Застосування уніфікованої шкали оцінювання забезпечує порівнюваність результатів між платформами та зменшує вплив суб'єктивних чинників під час первинного експертного аналізу.

Таблиця 4.1 – Первинні оцінки платформ, які застосовувалися у програмі

Платформа	Зручність	AI	Інтеграції	Колаборація	Масштабованість	Вартість
Jira	7	6	10	7	10	6
ClickUp	8	9	9	8	8	7
Notion	9	6	7	9	7	9
Monday.com	8	7	9	8	8	6

На наступному етапі було проведено зважування первинних оцінок згідно з попередньо встановленими ваговими коефіцієнтами критеріїв. Це дозволило сформулювати інтегральні показники ефективності досліджуваних платформ. Використання методу зважених коефіцієнтів забезпечило врахування пріоритетності кожного критерію та агрегацію отриманих даних у єдиний кількісний вимір. Фінальні зважені оцінки цифрових платформ за базових умов представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Підсумкові зважені оцінки у базових умовах

Платформа	Зважена оцінка
ClickUp	8.30
Monday.com	7.80
Jira	7.75
Notion	7.70

Таблиця 4.2 демонструє, що платформа ClickUp посіла перше місце за інтегральною оцінкою, що означає її найкраще співвідношення з вимогами команди за всіма критеріями. Monday.com, Jira та Notion показали дещо нижчі,

але близькі результати, підкреслюючи високу конкурентоспроможність усіх розглянутих рішень. Незначна розбіжність у фінальних балах підтверджує надійність первинних оцінок та вказує на доцільність подальшого аналізу чутливості результатів до зміни вагомості критеріїв.

Згідно з рисунком 4.1, платформа ClickUp демонструє найвищий підсумковий бал у базових умовах, що підтверджує її найбільшу відповідність сформованим критеріям оцінювання. Платформи Monday.com, Jira та Notion мають близькі за значенням результати, що свідчить про їхню конкурентоспроможність і здатність задовольняти ключові потреби команди. Невелика різниця між підсумковими балами вказує на обґрунтованість обраної системи критеріїв і коректність виконаних розрахунків. Графічне представлення результатів наочно показує перевагу ClickUp над іншими платформами, тоді як решта альтернатив формують компактну групу з близькими інтегральними показниками.

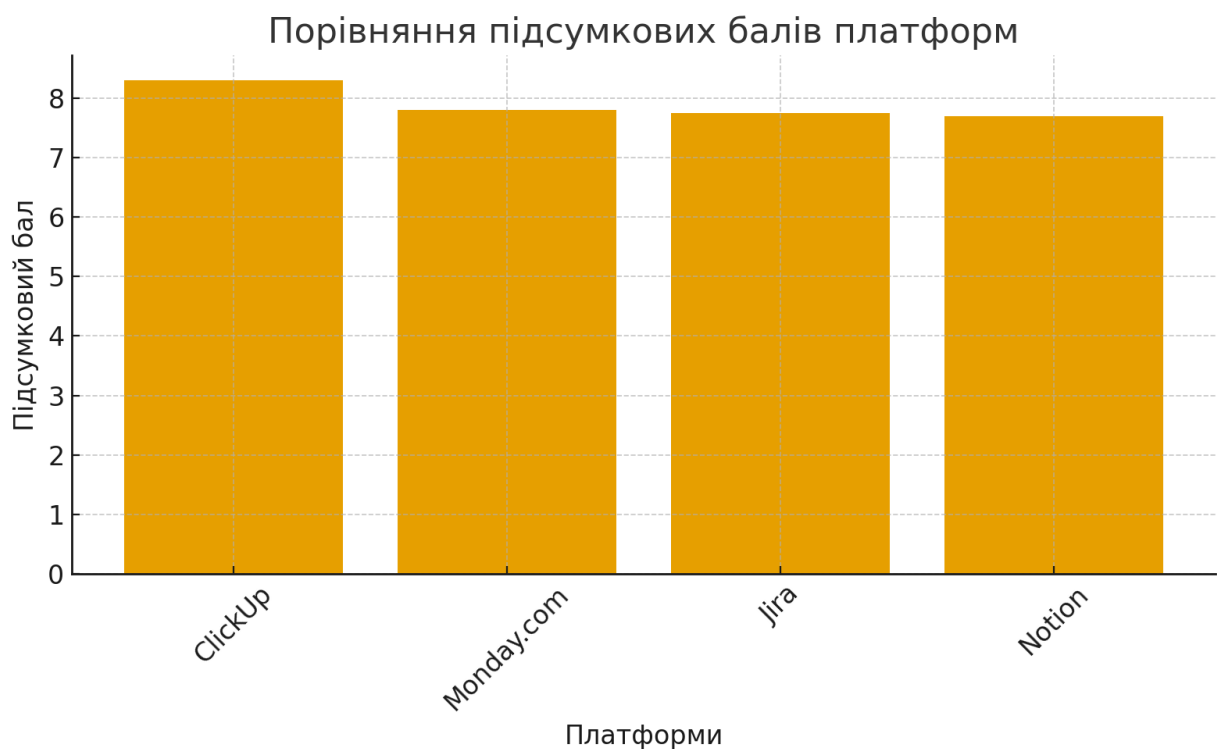


Рисунок 4.1 – Порівняння підсумкових балів платформ

4.2 Обчислювальний експеримент для змінених умов оцінювання

Для другого експерименту було змінено ваги критеріїв, збільшивши їх значення для платформної інтегрованості та автоматизації — характеристик, важливих для великих або високонавантажених команд.

Модифіковані ваги:

- інтеграції – 0.30;
- AI / Автоматизація – 0.25;
- зручність – 0.15;
- колаборація – 0.10;
- масштабованість – 0.10;
- вартість – 0.10.

З метою перевірки стійкості отриманих результатів та оцінки впливу зміни ваг критеріїв було проведено додатковий обчислювальний експеримент. У межах цього експерименту було скориговано вагові коефіцієнти критеріїв відповідно до альтернативного сценарію пріоритетів команди, після чого повторно виконано процедуру багатокритеріального оцінювання цифрових платформ. Підсумкові зважені оцінки платформ у змінених умовах наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Підсумкові оцінки у змінених умовах

Платформа	Зважена оцінка
ClickUp	8.67
Jira	8.05
Monday.com	7.95
Notion	7.40

Аналіз даних таблиці 4.3 показує, що платформа ClickUp зберігає лідируючу позицію та навіть підвищує свій підсумковий бал, що свідчить про її високу адаптивність до змін у пріоритетах критеріїв. Платформа Jira демонструє покращення результату порівняно з базовими умовами, тоді як Monday.com та

Notion зазнають незначного зниження інтегральних оцінок. Така динаміка підтверджує чутливість окремих платформ до зміни ваг критеріїв і водночас дозволяє оцінити їхню стабільність у різних сценаріях використання.

Для наочного порівняння результатів базового та альтернативного експериментів було побудовано графік, що відображає зміну підсумкових балів для кожної платформи. Графічне подання дозволяє чітко простежити тенденції зміни оцінок та виявити платформи, для яких результати залишаються найбільш стабільними.

Як видно з рисунка 4.2, платформа ClickUp демонструє найменшу залежність від зміни ваг критеріїв, зберігаючи суттєву перевагу над іншими альтернативами. Jira показує позитивну динаміку у змінених умовах, тоді як Monday.com та Notion формують групу з близькими, але менш стабільними показниками. Отримані результати свідчать про доцільність використання аналізу чутливості як складової процедури багатокритеріального вибору та підтверджують надійність прийнятого рішення щодо вибору оптимальної цифрової платформи.

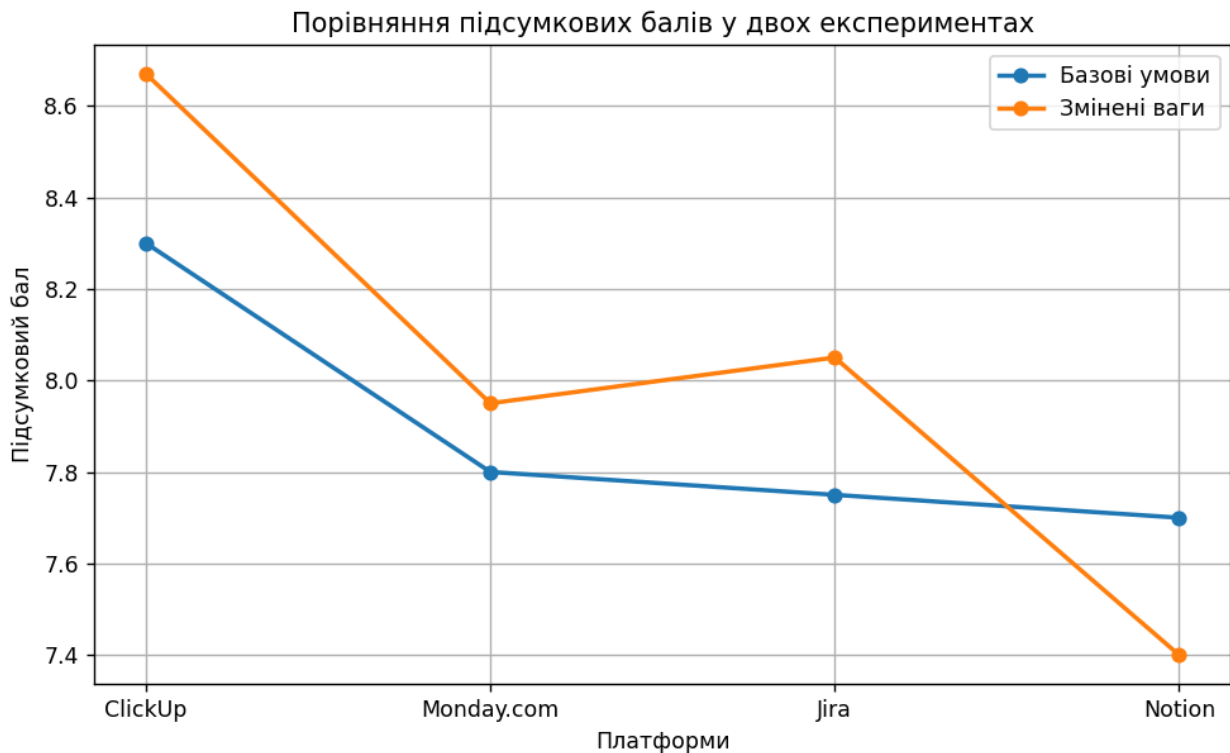


Рисунок 4.2 – Порівняння підсумкових балів у двох експериментах

Висновки за розділом 4

Проведені експерименти підтверджують, що метод Weighted Scoring забезпечує стабільні та об'єктивні результати. Основні висновки такі:

- ClickUp стабільно займає перше місце у двох незалежних експериментах (8.30 та 8.67), демонструючи універсальність та збалансованість функцій;
- Jira значно покращує результат за умов пріоритетності інтеграцій;
- Notion демонструє найвищу чутливість до зміни ваг, що обмежує його використання у складних корпоративних середовищах;
- вага критеріїв суттєво впливає на загальні бали, але загальний порядок платформ залишається логічно обґрунтованим, що підтверджує коректність моделі.

Метод Weighted Scoring можна застосовувати до ширшого спектра цифрових продуктів, а зміна ваг дозволяє адаптувати модель до конкретних потреб команди або організації.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі отримано науково обґрунтовані результати, що відповідають сучасному рівню розвитку цифрових технологій, методів управління проєктами та багатокритеріального аналізу. Проведений системний огляд цифрових сервісів, математичне моделювання процесу вибору та програмна реалізація моделі оцінювання дозволили сформувати комплексний підхід до визначення оптимального інструмента для командної роботи. Результати дослідження узгоджуються з актуальними світовими тенденціями у сфері цифрової трансформації, впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень та автоматизації процесів проєктного менеджменту.

Отримані результати мають практичну цінність та можуть бути впроваджені у діяльність команд, що працюють у сфері інформаційних технологій, бізнес-процесах, гнучких методологіях розробки, а також в освітньому середовищі. Розроблена модель дозволяє значно спростити вибір цифрового сервісу, мінімізувати ризики помилкового прийняття рішення та підвищити ефективність командної взаємодії. Застосування програмного модуля забезпечує можливість швидкого аналізу альтернатив, адаптації вагових коефіцієнтів та проведення сценарного моделювання залежно від потреб організації. Це робить результати роботи корисними для широкого кола користувачів — від невеликих команд до великих корпоративних структур.

Наукова значущість роботи полягає у поєднанні сучасних методів багатокритеріального прийняття рішень із програмною автоматизацією процесу аналізу цифрових платформ. Запропонована модель може слугувати основою для створення більш складних інтелектуальних систем оцінювання цифрових продуктових екосистем, а також для розробки адаптивних рекомендаційних систем. Соціально-економічна значущість полягає у підвищенні ефективності командної роботи, зменшенні витрат часу та ресурсів на вибір і впровадження цифрових інструментів, а також у підвищенні продуктивності організаційних процесів.

Результати роботи підтверджують доцільність подальших досліджень у напрямі автоматизації вибору цифрових сервісів, розширення набору критеріїв оцінювання, інтеграції методів машинного навчання, а також створення веборієнтованих систем підтримки прийняття рішень. Продовження досліджень дозволить удосконалити модель, підвищити точність аналізу альтернатив та розширити можливості її застосування у різних галузях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Котенко А. О. Обґрунтування вибору сервісів для управління завданнями та проектами в команді. *29-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»* : зб. матеріалів форуму. Т. 7. Харків : ХНУРЕ, 2025. С. 267–268.
2. Горбань О. М., Бахрушин В. Є. Основи теорії систем і системного аналізу. Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2004. 204 с.
3. Якимчук В. С., Носовець О. К. Засоби планування та реалізації ІТ-проектів. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 52 с.
4. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York : McGraw-Hill, 1980. 287 p.
5. Kabassi K. Application of Multi-Criteria Decision-Making Models for the Evaluation Cultural Websites: A Framework for Comparative Analysis. *Information*. 2021. Vol. 12, No. 10. Art. 407.
6. Павлюк О. О. Сучасні підходи в ризик менеджменті банків. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. № 10. С. 101–105.
7. Добрицький Д. О. Використання інтегрованої багатокритеріальної методики АНР–TOPSIS для відбору проектів аутсорсингових ІТ-компаній. *Сталий розвиток економіки*. 2025. Т. 4, № 55. С. 428–433.
- 8 An Overview of Multi-Criteria Decision Analysis and the Applications of AHP and TOPSIS Methods / Chaube S. et al. *International Journal of Mathematical Engineering and Management Sciences*. 2024. Vol. 9, No. 3. P. 581–615.
9. Jansen S. J. T. The Multi-attribute Utility Method. *The Measurement and Analysis of Housing Preference and Choice*. Dordrecht : Springer, 2011. P. 101–125.
10. Madanchian M., Taherdoost H. A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*. 2023. Vol. 1, No. 1. Art. 2220.
11. Мінухін С. В., Беседовський О. М., Знахур С. В. Методи і моделі проектування на основі сучасних CASE-засобів. Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. 272 с.

12. Agile Practice Guide. URL: <https://agilealliance.org/agile-practice-guide> (дата звернення: 03.12.2025).
13. Multi-Criteria Decision Making Model for Application Maintenance Offshoring Using Analytic Hierarchy Process / Rahman H. U. et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, No. 18. Art. 8550.
14. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Wiley, 2022. 880 p.
15. Siekelova A., Podhorska I., Imppola J. Analytic Hierarchy Process in Multiple-Criteria Decision-Making: A Model Example. *SHS Web of Conferences*. 2021. Vol. 90. Art. 01019.
16. Комплексне використання принципу Парето та методу аналізу ієрархій для підвищення обґрунтованості результатів ранжування альтернатив / Потьомкін М. М., Седляр А. А., Дейнега О. В., Зварич А. О. *Кібернетика та системний аналіз*. 2021. Т. 57, № 3. С. 97–105.
17. Jira Software Documentation. URL: <https://confluence.atlassian.com/jirasoftware/jira-software-documentation-774242447.html> (дата звернення: 25.10.2025).
18. Docs – ClickUp Help. URL: <https://help.clickup.com/hc/en-us/sections/5414415869463-Docs> (дата звернення: 27.11.2025).
19. Help, Support, and Documentation for Notion. URL: <https://www.notion.com/help> (дата звернення: 21.11.2025).
20. Support – Monday.com. URL: <https://support.monday.com> (дата звернення: 03.12.2025).
21. Lukianenko D. Як ми будемо проєкти з AI: від MVP до автономних агентів. URL: <https://dou.ua/forums/topic/56124> (дата звернення: 02.11.2025)
22. Кондіус І. С. Інформаційна безпека бізнесу. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%d0%9a%d0%be%d0%bd%d0%b4%d1%96%d1%83%d1%81%202%20%d0%b3%d0%be%d1%82%d0%be%d0%b2%d0%b2%d0%b0 (дата звернення: 25.11.2025).
23. Sahoo S. K., Goswami S. S. A Comprehensive Review of Multiple Criteria

Decision-Making (MCDM) Methods: Advancements, Applications, and Future Directions. *Decision Making Advances*. 2023. Vol. 1, No. 1. P. 25–48.

24. From Information to Choice: A Critical Inquiry Into Visualization Tools for Decision Making / Oral E. et al. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2023. P. 1–11.

25. Python 3.14.2 documentation. URL: <https://docs.python.org/3> (дата звернення: 03.12.2025).

26. Announcing The Forrester Wave™: Collaborative Work Management Tools, Q2 2025. URL: <https://www.forrester.com/blogs/announcing-the-forrester-wave-collaborative-work-management-tools-q2-2025> (дата звернення: 23.11.2025).

27. Ouyang W. Data Visualization in Big Data Analysis: Applications and Future Trends. *Journal of Computer and Communications*. 2024. Vol. 12. P. 76–85.

28. Python Data Analysis Library. URL: <https://pandas.pydata.org> (дата звернення: 03.12.2025).

29. Фатенок-Ткачук А., Януш Р., Гузьо М. Візуалізація облікових даних для прийняття ефективних управлінських рішень. *Економіка та суспільство*. 2024. № 62. С. 1–6.

30. Interpreting Black-Box Models: A Review on Explainable Artificial Intelligence / Hassija V. et al. *Cognitive Computation*. 2024. Vol. 16. P. 45–74.