

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Помогайбо Дмитро Анатолійович

УДК 004:[005.8:005.334]

ДИСЕРТАЦІЯ

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПРОЄКТІВ ТА
ПОРТФЕЛІВ ПРОЄКТІВ АУТСОРСИНГОВИХ ІТ-КОМПАНІЙ**

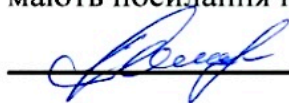
126 – Інформаційні системи та технології

12 – Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело

 Д.А. Помогайбо

Науковий керівник Ланських Євген Володимирович, кандидат технічних наук,
професор

АНОТАЦІЯ

Помогайбо Д. А. Інформаційна технологія оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології (12 Інформаційні технології). Черкаський державний технологічний університет, Міністерство освіти і науки України, Черкаси, 2026.

У дисертаційному дослідженні вирішена актуальна науково-прикладна задача, що полягає у розробці моделей, методів та інформаційної технології інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній. Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності управління аутсорсинговими ІТ-компаніями шляхом створення інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів.

Для формалізації завдань дослідження проведено аналіз особливостей управління ресурсами в умовах BANI-середовища, розглянуто сучасні підходи до моніторингу проєктної діяльності та розподілу навантаження. Проаналізовано наявні інформаційні системи (PMS, ERP) та методи оцінювання, виявлено їх обмеження щодо проактивного управління й обґрунтовано доцільність переходу до використання модельно-орієнтованих систем моніторингу та оцінювання стану ресурсів.

У роботі наголошується, що ефективна оптимізація ресурсів є критичним фактором конкурентоспроможності аутсорсингових компаній. Недостатня об'єктивність даних про стан проєктів призводить до ризиків, пов'язаних із касовими розривами, нераціональним використанням часу розробників та зниженням якості кінцевого продукту. Показано, що застосування інтегрованих інформаційних технологій дозволяє забезпечити перехід від реактивного реагування до стратегії управління, керованого даними.

У межах дослідження розроблено концептуальну модель оцінювання стану

проектів та портфелів ІТ-проектів, яка базується на інтеграції даних із трьох доменів: операційного, інженерного та фінансового. Модель враховує різноманітні фактори, що впливають на успішність проекту, зокрема: фінансові показники ефективності, якість програмного коду, активність команди в системах контролю версій та дотримання термінів виконання завдань. Побудована модель дозволяє сформувати єдиний інформаційний простір та забезпечити крос-верифікацію даних, що гарантує об'єктивність прийняття управлінських рішень.

Запропонований метод визначення Health-статусу ІТ-проектів дає можливість виявляти латентні ризики завдяки використанню гібридної агрегації метрик та некомпенсаторної логіки («правил вето»). Це дозволяє блокувати можливість приховування критичних проблем в одному домені за рахунок високих показників в іншому, що підвищує чутливість системи до загроз і сприяє ранньому попередженню кризових ситуацій.

Окрему частину дослідження присвячено вдосконаленню математичного забезпечення управління портфелем ІТ-проектів. Введено інтегральний індекс портфеля та показник ризику концентрації проблемних активів, що дозволяє більш гнучко балансувати ресурси компанії, забезпечуючи пріоритетну підтримку стратегічно важливих проектів та мінімізацію впливу токсичних активів на загальний результат бізнесу.

Також у роботі спроектовано мікросервісну архітектуру інформаційної технології, яка реалізує автоматизований цикл ETL-процесів для нормалізації гетерогенних даних. Дане архітектурне рішення дає змогу забезпечити масштабованість системи, відмовостійкість та безшовну інтеграцію з існуючим інструментарієм компанії (Jira, GitLab, Tempo) через відкриті API.

Результатом дослідження стала інформаційна технологія оцінювання стану проектів та портфелів проектів аутсорсингових ІТ-компаній, що підтримує процеси моніторингу, аналізу та візуалізації стану проектів у режимі RAG-статусів («світлофора»). На основі розроблених моделей система дозволяє оперативно оцінювати «здоров'я» проектів та своєчасно вживати заходів щодо перерозподілу ресурсів. Алгоритми інформаційної технології допомагають скоротити час на

підготовку аналітичної звітності та підвищити точність прогнозування ризиків.

Практичне впровадження розроблених підходів і програмного комплексу дозволило підвищити якість управлінських рішень, оптимізувати завантаження команд і знизити рівень невизначеності в процесах планування. Результати дисертаційного дослідження впроваджено в діяльність ІТ-компаній та навчальний процес.

Запропоновані рішення сприяють підвищенню зрілості процесів ресурсного менеджменту, стабілізації фінансових потоків та успішності реалізації контрактних зобов'язань в сфері ІТ-аутсорсингу.

Ключові слова: інформаційна технологія, проєкт, інформаційна система, управління проєктами, проєктне управління, ІТ проєкт, ресурси проєкту, управління ресурсами проєкту, управління ІТ проєктами, ІТ-аутсорсинг, управління ресурсами, система моніторингу Health-статусу, інтегральне оцінювання, Health-статус, мікросервісна архітектура, оптимізація ресурсів, невизначеність, аутсорсингові компанії, ризики, управління ризиками проєктів, оцінювання стану проєктів, портфель проєктів.

ABSTRACT

Pomohaibo D. A. Information Technology for Assessing the State of Projects and Project Portfolios of Outsourcing IT Companies. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 126 Information Systems and Technologies (12 Information Technologies). – Cherkasy State Technological University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Cherkasy, 2026.

The dissertation research addresses an urgent scientific and applied problem consisting in the development of models, methods, and information technology for the integrated assessment of the state of projects and project portfolios of outsourcing IT-companies. The aim of the research is to increase the efficiency of managing outsourcing

IT-companies by creating information technology for assessing the state of IT-projects and IT-project portfolios.

To formalize the research tasks, an analysis of resource management features in a BANI environment was conducted, and modern approaches to project activity monitoring and workload distribution were considered. Existing information systems (PMS, ERP) and assessment methods were analyzed, their limitations regarding proactive management were identified, and the expediency of transitioning to Model-Driven Decision Support Systems was substantiated.

The study emphasizes that effective resource optimization is a critical factor in the competitiveness of outsourcing companies. The lack of objective data on the state of projects leads to risks associated with cash gaps, irrational use of developer time, and a decrease in the quality of the final product. It is shown that the application of integrated information technologies enables the transition from reactive response to a data-driven management strategy.

Within the framework of the study, a conceptual model of resource optimization was developed, based on data integration from three domains: operational, engineering, and financial. The model takes into account heterogeneous factors influencing project success, in particular: financial performance indicators, code quality, team activity in version control systems, and adherence to deadlines. The built model allows forming a single information space and ensures data cross-verification, which guarantees the objectivity of management decisions.

The proposed method for determining the Health-status of IT projects allows detecting latent risks due to the use of hybrid metric aggregation and non-compensatory logic (“veto rules”). This allows blocking the possibility of concealing critical problems in one domain at the expense of high indicators in another, thereby increasing the system's sensitivity to threats and facilitating early warning of crisis situations.

A separate part of the study is devoted to improving the mathematical support for project portfolio management. An integral portfolio index and an indicator of the risk of concentration of problematic assets were introduced, allowing for more flexible balancing of company resources, ensuring priority support for strategically important projects, and

minimizing the impact of toxic assets on the overall business result.

Additionally, a microservice architecture for information technology was designed, implementing an automated cycle of ETL processes for normalizing heterogeneous data. This architectural solution ensures system scalability, fault tolerance, and seamless integration with the company's existing toolkit (Jira, GitLab, Tempo) via open APIs.

The result of the research is an information technology for resource optimization in outsourcing companies, supporting the processes of monitoring, analysis, and visualization of the project state in the RAG status mode ("traffic light"). Based on the developed models, the system allows for operational assessment of project "health" and timely measures regarding resource reallocation. The algorithms of the information technology help reduce the time for preparing analytical reporting and increase the accuracy of risk forecasting.

The practical implementation of the developed approaches and the software complex allowed increasing the quality of management decisions, optimizing team workloads, and reducing the level of uncertainty in planning processes. The results of the dissertation research have been implemented in the activities of IT companies and the educational process.

The proposed solutions contribute to increasing the maturity of resource management processes, stabilizing financial flows, and successfully fulfilling contractual obligations in the field of IT outsourcing.

Keywords: information technology, project, information system, project management, IT project, project resources, project resource management, IT project management, IT outsourcing, resource management, health status monitoring system, integrated assessment, Health status, microservice architecture, resource optimization, uncertainty, outsourcing companies, risks, project risk management, project state assessment, project portfolio.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Роль сучасних технологій в оптимізації фінансових і людських ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. Вип. 60. С. 87–94. (0,50 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.87-94> URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/322038> ISSN 2219-5300. Фахове видання категорії Б (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у формуванні постановки задачі, систематизації факторів/метрик оптимізації ресурсів, підготовці аналітичної частини та висновків та становить 0,35 друк. арк.

2. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Проблеми оптимізації ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринку. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. Вип. 58. С. 53–60. (0,50 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.53-60> URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/309384> ISSN 2219-5300. Фахове видання категорії Б (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у визначенні проблемного поля, класифікації ризиків/невизначеності та узагальненні практичних наслідків для ресурсного управління та становить 0,30 друк. арк.

3. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Алькема В. Г. Метод визначення Health-статусу проєктів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. Управління розвитком складних систем. Київ, 2025. Вип. 62. С. 88–96. (0,56 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.88-96> URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/download/334983/323868/777575> ISSN 2219-5300. Фахове видання категорії Б (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у формалізації структури Health-метрик, побудові процедури агрегування показників та інтерпретації шкали статусів для

управлінських рішень та становить 0,32 друк. арк.

4. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Розробка методу розрахунку Health-статусу портфеля IT-проектів для управління ресурсами. Інформаційні технології та суспільство. 2025. Вип. 3 (18). С. 94–101. ISSN 2786-5460 (Print). ISSN 2786-5479 (Online). (0,5 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.3.13> URL: <https://journals.maup.com.ua/index.php/it/article/view/5163> (фахове видання України категорії «Б»).

Особистий внесок автора полягає у розробці логіки інтегрального індексу Health-статусу портфеля IT-проектів, описі правил інтерпретації та формуванні висновків щодо застосування для перерозподілу ресурсів та становить 0,35 друк. арк.

Статті у іноземних виданнях

5. Ланських Є., Помогайбо Д. Розробка архітектури інформаційної системи для реалізації інтегрованої інформаційної технології розрахунку Health-статусу портфеля IT-проектів. SWorldJournal. 2025. 1(33-01). С.166–178. ISSN 2663-5712 (Online). DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2025-33-01-067> URL: <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj33-01-067> (іноземне видання).

Особистий внесок автора полягає у проектуванні логіки інтеграції джерел даних, описі ETL/нормалізації метрик та вимог до модульності архітектури та становить 0,55 друк. арк.

Опубліковані праці апробаційного характеру

6. Помогайбо Д. А. Development of a method for calculating the Health-status of an IT project portfolio for resource management. Innovations and New Directions in Scientific Research: proceedings of the 2nd International Scientific Conference (September 20, 2025). Research Europe, 2025. P. 12–14. (0,19 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.64076/iedc250920.20> URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2025/10/re-20.09.2025-172-174.pdf>

7. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Оптимізація управління ресурсами в IT-аутсорсингових компаніях: виклики та стратегії в умовах

глобалізації та непередбачуваності ринку. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 06 груд. 2023 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 63–65. (0,19 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/1f0cc_HaFDH4G3AI_NfwqfTjaMjyWBvkc/view

Особистий внесок автора полягає у формуванні переліку викликів ресурсного управління, узагальненні стратегій реагування та висновків та становить 0,11 друк. арк.

8. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Ефективність управління ресурсами в аутсорсингових ІТ-компаніях: виклики та розвиток нових методів та інструментів. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 06 груд. 2023 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 65–69. (0,31 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/1f0cc_HaFDH4G3AI_NfwqfTjaMjyWBvkc/view

Особистий внесок автора полягає у розкритті напрямів інструментального розвитку (метрики, автоматизація збору даних, підхід до оцінювання) та підготовці висновків та становить 0,18 друк. арк.

9. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Вплив сучасних технологій на оптимізацію фінансових і людських ресурсів в аутсорсингових ІТ-компаніях. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2024) : матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Черкаси, 22 лист. 2024 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2024. С. 15–16. (0,13 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/15-8DffQpER_5F6TniHYNIDf2BjOPjehX/view

Особистий внесок автора полягає у підготовці прикладної частини щодо застосування Jira/Tempo/GitLab/SonarQube для ресурсної аналітики та узагальненні ефектів для управління та становить 0,08 друк. арк.

10. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Застосування методу визначення Health-статусу проєктів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates : proceedings of the 7th International Scientific and Practical Internet Conference (August 7–8, 2025). 2025. Р. 152–153. (0,19 д.а.). URL:

<http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2025/08/Conference-Proceedings-August-7-8-2025-1.pdf>

Особистий внесок автора полягає у викладенні процедури застосування методу Health-статусу та інтерпретації результатів для перерозподілу ресурсів та становить 0,12 друк. арк.

11. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Метод та архітектура системи оцінювання Health-статусу ІТ-проектів. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2025): матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Черкаси, 25 лист. 2025 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2025. С. 109–111. (0,19 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/1vfK7HzALRZHFTE8SKi6P_c-D3X4K3YPK/view

Особистий внесок автора полягає у описі архітектури та інтеграційних компонентів системи, а також у формуванні висновків щодо впровадження та становить 0,13 друк. арк.

12. Помогайбо Д. А. Інструментарій управління ресурсами в ІТ-проектах. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 9 груд. 2022 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2022. С. 43–44. (0,13 д.а.). URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4353/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D0%86%D0%9F%D0%A8%D0%A0%D0%86%D0%A2_2022.pdf

ЗМІСТ

ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПРОЄКТІВ ТА ПОРТФЕЛІВ ПРОЄКТІВ АУТСОРСИНГОВИХ ІТ-КОМПАНІЙ	21
1.1 Аналіз предметної області та специфіка управління проєктами в ІТ-аутсорсингу.....	21
1.2 Класифікація та критичний аналіз існуючих методів та інформаційних систем для управління проєктами та портфелями ІТ-проєктів	36
1.3 Визначення науково-прикладного аспекту та постановка задачі дослідження	47
1.4 Висновки до розділу 1	51
Список використаних джерел до розділу 1.....	53
РОЗДІЛ 2 КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ТА МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ І ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПОРТФЕЛЯ ІТ-ПРОЄКТІВ	61
2.1 Концептуальна модель інформаційної технології оцінювання стану ІТ- проєктів та портфелів ІТ-проєктів.....	62
2.2 Формалізація задачі інтегрального оцінювання стану портфеля ІТ- проєктів.....	68
2.3 Таксономія метрик для інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів	80
2.4 Висновки до розділу 2	99
Список використаних джерел до розділу 2.....	100
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА МЕТОДУ ІНТЕГРАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПОРТФЕЛЯ ІТ-ПРОЄКТІВ	105
3.1 Розробка системи метрик для багатоаспектного аналізу стану проєктів та портфелів.....	106
3.2 Математична модель оцінювання розрахунку інтегрального показника стану ІТ-проєкту та портфеля ІТ-проєктів.....	117
3.3 Метод інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-	

	12
проектів (Health-статус)	126
3.4 Дослідження властивостей розробленого методу	138
3.5 Модифікація методу для усунення ефекту компенсації: перехід до частково-компенсаторної моделі.....	152
3.6. Висновки до розділу 3	156
Список використаних джерел до розділу 3.....	157
 РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АПРОБАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ІТ-ПРОЄКТІВ ТА ПОРТФЕЛІВ ІТ-ПРОЄКТІВ.....	163
4.1 Формування та обробка даних для розрахунку Health-статусу ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів.....	164
4.2 Проектування архітектури інформаційної системи оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів.....	172
4.3 Алгоритм функціонування інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів.....	177
4.4 Розробка рольової моделі доступу та сценаріїв використання інформаційних продуктів системи	180
4.5 Обговорення результатів та аналіз ефективності запропонованого рішення	183
Список використаних джерел до розділу 4.....	188
 ВИСНОВКИ	190
ДОДАТКИ	193
ДОДАТОК А.....	194
ДОДАТОК Б	197
ДОДАТОК В	201
ДОДАТОК Г	202
ДОДАТОК Д.....	203
ДОДАТОК Е.....	211
ДОДАТОК Ж.....	220

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

API – Application Programming Interface (інтерфейс прикладного програмування) BANI – Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible (крихкий, тривожний, нелінійний, незбагнений)

BI – Business Intelligence (бізнес-аналітика)

CAGR – Compound Annual Growth Rate (сукупний середньорічний темп зростання)

CI/CD – Continuous Integration / Continuous Delivery (безперервна інтеграція та доставка)

CPI – Cost Performance Index (індекс виконання бюджету)

CRM – Customer Relationship Management (управління взаємовідносинами з клієнтами)

DORA – DevOps Research and Assessment (група досліджень DevOps)

DTO – Data Transfer Object (об'єкт передачі даних)

ERP – Enterprise Resource Planning (система планування ресурсів підприємства) ETL – Extract, Transform, Load (вилучення, перетворення, завантаження)

HCM – Human Capital Management (управління людським капіталом)

HTTP – HyperText Transfer Protocol (протокол передачі гіпертексту)

JSON – JavaScript Object Notation (текстовий формат обміну даними) J

WT – JSON Web Token (веб-токен JSON)

KPI – Key Performance Indicator (ключовий показник ефективності)

MCDA – Multi-Criteria Decision Analysis (багатокритеріальний аналіз прийняття рішень)

MVC – Model-View-Controller (модель-вигляд-контролер)

ORM – Object-Relational Mapping (об'єктно-реляційне відображення)

PM – Project Manager (керівник проекту)

PMO – Project Management Office (офіс управління проектами)

PMS – Project Management System (система управління проектами)

PSA – Professional Services Automation (автоматизація професійних послуг)
QA – Quality Assurance (забезпечення якості)
RAG – Red, Amber, Green (система статусів «світлофора»)
REST – Representational State Transfer (передача стану представлення)
SaaS – Software as a Service (програмне забезпечення як послуга)
SAW – Simple Additive Weighting (метод простої адитивної згортки)
SDLC – Software Development
Life Cycle (життєвий цикл розробки програмного забезпечення)
SPI – Schedule Performance Index (індекс виконання графіку)
SQL – Structured Query Language (мова структурованих запитів)
UI – User Interface (інтерфейс користувача)
URI – Uniform Resource Identifier (уніфікований ідентифікатор ресурсу)
VUCA – Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity (нестабільність, невизначеність, складність, неоднозначність)
IS – Інформаційна система
IT – Інформаційні технології
ICM – Інформаційна система моніторингу стану IT-проектів та портфелів IT-проектів

ВСТУП

Актуальність теми.

Сучасна світова економіка характеризується стрімкими процесами цифрової трансформації, де інформаційні технології (ІТ) виступають ключовим драйвером конкурентоспроможності. Для української економіки ІТ-сектор є однією з експортно-орієнтованих галузей, що демонструє стійкість навіть в умовах кризових явищ. Домінуючою бізнес-моделлю на вітчизняному ринку залишається аутсорсинг (надання послуг з розробки ПЗ), успіх якого безпосередньо залежить від ефективності управління головним активом - людським капіталом.

Проте умови функціонування ІТ-компаній зазнали кардинальних змін. Сучасне бізнес-середовище описується концепцією BANI (Brittle - крихкий, Anxious - тривожний, Nonlinear - нелінійний, Incomprehensible - незбагнений). Глобальна рецесія, скорочення бюджетів замовників, зміна формату роботи (remote/hybrid) та наслідки воєнного стану в Україні створили безпрецедентні виклики. Традиційні підходи до управління ресурсами, що базувалися на довгостроковому плануванні та стабільному завантаженні, втрачають ефективність. Компанії стикаються з проблемою неконтрольованого зростання «бенчу» (резерву фахівців, що не приносять доходу) або, навпаки, дефіциту ресурсів на критичних проєктах.

Існуючі інформаційні системи управління проєктами (PMS) та планування ресурсів підприємства (ERP) функціонують переважно як системи обліку (Systems of Record). Вони фіксують dokonані факти (відпрацьований час, витрачений бюджет), але не надають менеджменту інструментів для проактивного, інтегрального оцінювання стану проєктів у режимі реального часу. Відсутність єдиної методики агрегації різномірних показників (фінансових, технічних, процесних) призводить до суб'єктивізму в прийнятті рішень та запізненого реагування на ризики.

Проблематика управління ресурсами в умовах ринкової невизначеності та оптимізації процесів в ІТ-галузі відображена у роботах провідних українських

дослідників. Методологічний базис проєктного менеджменту та компетентнісного підходу закладено у працях С.Д. Бушуєва, Н.С. Бушуєвої, В.А. Рача; методи портфельного управління в умовах невизначеності розроблено І.В. Кононеньком та К.В. Кошкіним; питання ресурсного менеджменту в мультипроєктному середовищі досліджено І.В. Чумаченком та Л.С. Черновою. Людський капітал та поведінкові аспекти управління командами розглядаються у роботах В.В. Морозова, К.В. Колеснікової; ризик-менеджмент і адаптивне управління - О.Б. Данченком та О.В. Россошанською; системи моніторингу ресурсів і оптимізація процесів розробки ПЗ - Т.О. Прокопенком, Д.С. Бедрієм та С.В. Білоусом. Безпосередній науковий базис дослідження сформовано у роботах Є.В. Ланських, присвячених застосуванню інформаційних технологій для управління ресурсами аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринку.

У зв'язку з цим виникає актуальна науково-прикладна задача розробки нової інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній, яка базується на методах інтегрального оцінювання та агрегації різнорідних метрик (Health-статусу). Вирішення цієї задачі дозволить підвищити адаптивність аутсорсингових ІТ-компаній, мінімізувати фінансові втрати та забезпечити стабільність бізнесу в умовах невизначеності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконано в рамках науково-дослідних робіт кафедри інформаційних технологій проєктування Черкаського державного технологічного університету за темою «Інтелектуальні технології управління складними організаційно-технологічними об'єктами з врахуванням ризиків» (номер державної реєстрації 0123U101686), де здобувач був співвиконавцем етапу розробки моделей оцінювання стану проєктів у 2024-2025 роках.

Мета і завдання дослідження.

Метою дисертаційного дослідження є підвищення ефективності управління аутсорсинговими ІТ-компаніями шляхом розробки та наукового обґрунтування інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів, що базується на методі інтегрального оцінювання Health-статусу.

Досягнення поставленої мети передбачає послідовне вирішення таких взаємопов'язаних **завдань**:

- провести системний аналіз предметної області оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній, що включає дослідження бізнес-моделей, ключових викликів ринкової невизначеності та критичний аналіз існуючих класів інформаційних систем (PMS, ERP, BI) з метою удосконалення підходів до системного аналізу та обґрунтування необхідності розробки нових інструментів оцінювання стану проєктів;

- розробити концептуальну модель оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній;

- побудувати математичну модель розрахунку інтегрального показника стану ІТ-проєкту та портфеля ІТ-проєктів, дослідити її теоретичні властивості;

- розробити удосконалений метод інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів (Health-статус);

- систематизувати та розвинути таксономію метрик для інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів;

- спроектувати архітектуру та реалізувати інформаційну систему оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів на основі розробленого методу, що передбачає автоматизацію процесів збору даних, розрахунку інтегральних показників та їх візуалізації у вигляді дашборду Health-статусу для оперативного оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів;

- провести практичну апробацію розробленої інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів в умовах реального аутсорсингового ІТ-бізнесу та оцінити її вплив на якість та оперативність управлінських рішень щодо стану ІТ-проєктів і портфеля ІТ-проєктів.

Об'єкт дослідження - процеси оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринкового середовища.

Предмет дослідження - моделі, методи та інформаційна технологія інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-

компаній в умовах невизначеності ринкового середовища.

Методи дослідження.

Методологічну основу роботи складає комплексний підхід, що включає: методи системного аналізу - для дослідження структури процесів управління ресурсами та декомпозиції задачі моніторингу; теорію моніторингу та оцінювання стану складних систем - для формалізації задачі агрегації різнорідних метрик в інтегральний показник; методи багатокритеріального аналізу (MCDA), зокрема метод зваженої суми (SAW) - для розробки математичної моделі розрахунку Health-статусу; методи теорії множин - для формального опису предметної області; об'єктно-орієнтоване проєктування та нотацію C4 Model - для розробки архітектури інформаційної системи.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

- розроблено концептуальну модель оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній, яка, на відміну від існуючих підходів до побудови систем моніторингу та підтримки управлінських рішень, визначає чотирирівневу архітектуру (збір даних -> управління даними -> аналітика -> представлення) та інтегрує процеси оцінювання стану проєктів у єдиний контур підтримки прийняття рішень аутсорсингової ІТ-компанії;
- побудовано математичну модель розрахунку інтегрального показника стану ІТ-проєкту та портфеля ІТ-проєктів, яка, на відміну від існуючих підходів, реалізує частково-компенсаторну агрегацію метрик із можливістю встановлення порогових умов («вето») та верифікованими властивостями монотонності, стабільності, чутливості та адаптивності, що дозволяє підвищити точність ідентифікації критичних зон у стані проєктів та портфелів проєктів в умовах невизначеності.

Удосконалено:

- метод інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів (Health-статус), який, на відміну від існуючих методів, базується на агрегації різнорідних метрик із чотирьох доменів (фінансового, технічного,

процесного та планування) з використанням некомпенсаторних правил («вето»), що дозволяє усунути ефект маскування критичних проблем та підвищити об'єктивність ідентифікації ризикових проєктів та портфелів проєктів в умовах невизначеності.

Набуло подальшого розвитку:

- таксономія метрик для інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів, яка, на відміну від існуючих підходів, систематизує показники за чотирма управлінськими доменами (фінансовий, технічний, процесний, планування) з визначенням джерел даних та рольової моделі доступу для стратегічного, тактичного та операційного рівнів управління, що забезпечує уніфікований і відтворюваний процес формування вектора метрик для розрахунку Health-статусу.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці дієвого інструментарію для оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній. Розроблена інформаційна технологія дозволяє: автоматизувати збір управлінської звітності, скоротивши трудовитрати менеджменту; підвищити точність ідентифікації проблемних проєктів; оптимізувати розподіл ресурсів та знизити фінансові втрати від простою фахівців.

Запропоновано архітектурний підхід до побудови інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів на основі схеми паралельної обробки «N проєктів = N потоків» та повноциклових ETL-процесів нормалізації різнорідних метрик (Jira, Tempo, GitLab, SonarQube), що забезпечує масштабованість і відмовостійкість системи без деградації продуктивності та дозволяє інтегрувати технологію в наявний ІТ-ландшафт аутсорсингових компаній без заміни базових систем обліку.

Результати дисертаційного дослідження реалізовано у вигляді інформаційної системи, яку впроваджено в діяльність ІТ-компаній, про що свідчать відповідні акти впровадження (Додаток А).

Особистий внесок здобувача.

Усі наукові результати, викладені в дисертації, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: аналіз проблеми та огляд літератури [1, 2]; розробка системи метрик та математичної моделі Health-статусу [3, 6]; проєктування архітектури інформаційної системи та її програмна реалізація [4, 5]; проведення експериментальних досліджень та аналіз їх результатів [7-12].

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та результати роботи доповідалися та обговорювалися на 7 міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема: «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій» (Черкаси, 2022, 2023, 2024, 2025), «Integration of Education, Science and Business in Modern Environment» (2025), «Innovations and New Directions in Scientific Research» (2025).

Публікації.

За темою дисертації опубліковано 12 наукових праць, з яких 4 статті у фахових виданнях України, 1 стаття у закордонному періодичному виданні та 7 тез доповідей у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 223 сторінки, з них основного тексту - 151 сторінка. Робота містить 9 рисунків та 14 таблиць. Список використаних джерел налічує 178 найменувань.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПРОЄКТІВ ТА ПОРТФЕЛІВ ПРОЄКТІВ АУТСОРСИНГОВИХ ІТ-КОМПАНІЙ

1.1 Аналіз предметної області та специфіка управління проєктами в ІТ-аутсорсингу

Проблематика управління проєктами, програмами та портфелями в умовах турбулентного оточення є предметом ґрунтовних досліджень вітчизняних наукових шкіл, доробок яких формує методологічний базис для вирішення завдань оптимізації ресурсів в ІТ-сфері. Вагомий внесок у розвиток фундаментальних основ проєктного менеджменту, зокрема компетентнісного підходу та управління розвитком організацій, зробили С.Д. Бушуєв [1, 2], Н.С. Бушуєва [3] та В.А. Рач [4]. Їхні праці заклали підвалини розуміння проєктно-орієнтованого управління як інструменту стратегічного розвитку підприємств. Розвиток методології управління складними технічними та соціальними системами, а також стандартизації в цій галузі, відображено в роботах В.Д. Гогунського [5] та О.А. Білощицького [6], які акцентують увагу на інформаційних аспектах прийняття рішень.

Враховуючи специфіку даного дослідження, особливої уваги заслуговують роботи, присвячені стратегічному плануванню та портфельному управлінню. Так, І.В. Кононенко [7] та К.В. Кошкін [8] глибоко досліджують методи формування та оптимізації портфелів проєктів з урахуванням невизначеності, що є критичним для аутсорсингових ІТ-компаній. Питання управління ресурсами в мультипроєктному середовищі, балансування навантаження та координації взаємодії між учасниками проєктів детально розглядаються в наукових доробках І.В. Чумаченка [9] та Л.С. Чернової [10].

Окремий пласт досліджень стосується людського фактору та поведінкових аспектів управління, адже саме людський капітал є основним активом ІТ-компаній. Моделі формування команд, оцінки компетентностей та управління стейкхолдерами представлені в працях В.В. Морозова [11], К.В. Колеснікової [12] та В.М. Молоканової [13]. Водночас Ю.М. Тесля [14] розвиває теорію

рефлексивного та несилового управління, що є особливо актуальним для інтелектуальних команд розробників.

В умовах BANI-середовища (крихкості та нелінійності), в якому функціонують сучасні українські IT-компанії, на перший план виходять методи ризик-менеджменту та адаптації. Методологія управління проєктами в умовах ризиків та поведінкові моделі прийняття рішень ґрунтовно опрацьовані О.Б. Данченко [15], П.О. Тесленком [16] та О.В. Россошанською [17]. Специфіку управління безпекою, стійкістю систем та інформаційними технологіями моніторингу досліджують О.Б. Зачко [18], С.В. Цюцюра [19] та Ю.Л. Хлєвна [20].

Безпосередньо проблематиці ресурсного менеджменту в IT-галузі, побудові систем моніторингу ресурсів та оптимізації процесів розробки програмного забезпечення присвячені роботи Т.О. Прокопенко [21], Д.С. Бедрія [22] та С.В. Білоуса [23]. Проблематику ресурсного менеджменту в аутсорсингових IT-компаніях в умовах ринкової невизначеності досліджено у працях Є.В. Ланських [24, 25], результати яких складають безпосереднє підґрунтя даного дослідження, в роботі розглядаються прикладні аспекти застосування інформаційних технологій для управління ресурсами в умовах високої невизначеності ринку.

Однак, незважаючи на значний науковий доробок зазначених вчених, питання створення інтегрованих інформаційних технологій для комплексної оцінки стану (Health-статусу) портфеля IT-проєктів з урахуванням специфіки аутсорсингової бізнес-моделі та феномену «бенчу» (bench) залишаються недостатньо висвітленими, що й обумовлює актуальність теми дисертації [25].

Сучасна світова економіка характеризується процесами глобалізації та цифрової трансформації, де інформаційні технології (IT) виступають не лише як інструмент підтримки бізнесу, а і як ключовий фактор його конкурентоспроможності та інноваційного потенціалу. В цьому контексті аутсорсингова модель надання IT-послуг, що полягає у передачі компанією частини своїх завдань або бізнес-процесів зовнішньому виконавцю, стала однією з домінуючих стратегій управління в глобальному бізнесі. Зародившись у 1980-х роках як інструмент для зниження витрат на IT-інфраструктуру, аутсорсинг

еволюціонував від простої передачі допоміжних функцій до складних форм стратегічного партнерства, включаючи розробку програмного забезпечення, управління хмарними сервісами та консалтинг. Глобальний ринок ІТ-аутсорсингу у 2024 році оцінюється у понад 500 мільярдів доларів США з прогнозованим щорічним зростанням (CAGR) на рівні 8-9% до 2030 року, що свідчить про його фундаментальну роль у сучасній економіці [28]. Економічне підґрунтя цього явища базується на кількох фундаментальних принципах.

Фундаментальним драйвером аутсорсингу традиційно виступає оптимізація витрат. Цей підхід дозволяє компаніям скоротити операційні витрати (OpEx) та перетворити капітальні витрати (CapEx) на змінні. Дослідження показують, що економія може досягати 20-30% за рахунок доступу до дешевшої робочої сили та ефекту масштабу, який забезпечує великий сервіс-провайдер [27].

Іншим важливим економічним фактором є доступ до глобального ринку талантів. В умовах глобального дефіциту кваліфікованих ІТ-спеціалістів, аутсорсинг стає інструментом для залучення експертизи, недоступної на локальному ринку [28]. Це дозволяє компаніям швидко залучати фахівців з вузькою спеціалізацією (напр., у сферах кібербезпеки, аналізу великих даних, штучного інтелекту) без тривалого процесу найму та утримання власного штату.

З точки зору стратегічного менеджменту, аутсорсинг дозволяє компаніям сконцентруватися на основних компетенціях. Згідно з класичною теорією, компанії досягають найбільшого успіху, фокусуючись на своїй унікальній ринковій пропозиції, або ключових компетенціях (core competencies), як їх визначили Прахалад та Хамель [30, 31]. Передача непрофільних, хоч і важливих, ІТ-функцій зовнішньому партнеру дозволяє вивільнити управлінські та фінансові ресурси для посилення саме цих ключових напрямків.

Крім того, аутсорсингова модель забезпечує підвищення гнучкості та масштабованості бізнесу. Вона дозволяє компаніям швидко адаптуватися до змін ринкового попиту, динамічно збільшуючи або зменшуючи обсяг залучених ресурсів. Ця властивість, відома як стратегічна гнучкість (strategic agility) [30], є критично важливою для виживання в мінливих умовах BANI-середовища [32].

Водночас, ІТ-аутсорсинг, як високоспеціалізований вид бізнесу, є надзвичайно чутливим до ринкових коливань. Як зазначено у роботі, він стикається з численними викликами, включаючи політичну та економічну нестабільність, що підтверджується дослідженнями впливу геополітичних ризиків на глобальні ланцюги постачання послуг [32]. Глобальна пандемія COVID-19 та повномасштабне вторгнення росії в Україну лише загострили ці виклики, підкресливши необхідність розробки нових, більш стійких моделей управління [33].

Ключова відмінність аутсорсингової компанії від продуктової полягає в тому, що її основним "товаром" є не програмний продукт як такий, а інтелектуальний капітал, втілений в експертизі та часі кваліфікованих спеціалістів. Це переміщує фокус управління з виробничих процесів на процеси управління знаннями та людськими ресурсами, що визначає специфіку домінуючих в індустрії бізнес-моделей [39, 40].

Модель Time & Material (T&M) є найбільш поширеною в індустрії, оскільки вона забезпечує максимальну гнучкість для клієнта в умовах високої невизначеності вимог, що є характерним для Agile-розробки [59]. З точки зору теорії агентських відносин, ця модель мінімізує інформаційну асиметрію між "принципалом" (клієнтом) та "агентом" (виконавцем), оскільки клієнт платить за фактичні зусилля і має змогу контролювати процес, знижуючи ризик моральної небезпеки [35, 36]. Однак, для компанії-виконавця T&M створює постійний операційний тиск щодо забезпечення максимального завантаження (утилізації) спеціалістів. Кожна година простою є прямою втратою доходу, що вимагає від компанії розбудови складних систем ресурсного менеджменту для оперативного перерозподілу фахівців між проєктами.

Модель Fixed Price (FP), навпаки, перекладає більшість ризиків, пов'язаних з неправильною оцінкою складності та термінів, на виконавця. Ця модель вимагає детального початкового аналізу та специфікації вимог, що робить її менш гнучкою та більш придатною для проєктів з чітко визначеним обсягом робіт [37]. З точки зору теорії управління ризиками, для забезпечення рентабельності проєктів за

моделлю FP необхідне не лише жорстке планування, а й ефективний контроль над обсягом робіт (scope management), щоб уникнути неконтрольованого розширення завдань (scope creep). Як свідчать дослідження Standish Group ("CHAOS Report") [37], саме scope creep є однією з головних причин перевищення бюджету та провалу ІТ-проектів, що робить управління цим ризиком ключовою компетенцією для ІТ-компаній, що працюють за FP-моделлю.

Модель Dedicated Team (DT) є гібридною і поєднує елементи попередніх двох, набуваючи рис реляційного контракту. Вона передбачає надання клієнту виділеної команди на довгостроковій основі за фіксовану місячну плату. Ця модель забезпечує стабільний та прогнозований грошовий потік для аутсорсера та глибоку інтеграцію команди в процеси клієнта. Проте, вона створює складні завдання, пов'язані з утриманням та професійним розвитком команди, а також ефективним управлінням у періоди зниження активності на проекті, щоб уникнути прихованих збитків та демотивації персоналу [36].

Незалежно від обраної моделі, центральним економічним завданням є управління ефективністю використання людських ресурсів. Основними показниками, що характеризують цю ефективність, є утилізація (utilization rate) та "бенч" (bench). "Бенч" - це стан, коли кваліфікований спеціаліст, що знаходиться у штаті компанії, тимчасово не залучений до комерційного проекту, що генерує дохід. З фінансової точки зору, "бенч" є формою прямих операційних збитків, оскільки компанія продовжує нести витрати на заробітну плату, не отримуючи відповідного доходу. Значущість цієї задачі підкреслюється загальноприйнятими галузевими стандартами. За даними аналітичних звітів, середньою нормою утилізації для сервісних ІТ-компаній є діапазон 75-85% [27]. Рівень "бенчу", що стабільно перевищує 15-20% від загального штату, розглядається як критичний для фінансової стійкості. Таким чином, проблема управління "бенчем" є не абстрактною, а конкретною, вимірюваною загрозою для економічної моделі аутсорсингової компанії.

Процес управління ресурсами в аутсорсинговій компанії є циклічним і включає етапи прогнозування попиту, планування ресурсів, моніторингу проектів

та оперативного реагування [43, 44].

Процес управління людськими ресурсами в аутсорсинговій компанії можна представити у вигляді схеми (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Циклічна модель управління ресурсами в ІТ-аутсорсингу
[сформовано автором на основі [41]]

Як видно зі схеми, процес є циклічним і включає етапи прогнозування попиту, планування ресурсів, моніторингу проєктів та оперативного реагування. Цей цикл є ітеративним і вимагає постійного аналізу та коригування. Однак, як

буде показано далі, ефективність цього процесу значно знижується під впливом факторів зовнішнього середовища.

Традиційні моделі управління, що базуються на довгостроковому плануванні та прогнозуванні, виявилися недостатньо ефективними для опису та реагування на виклики сучасного глобалізованого світу [26]. Парадигма VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity), що домінувала в стратегічному менеджменті з кінця XX століття, хоч і описувала нестабільність, але не враховувала системних зсувів, що стали очевидними після глобальних криз, таких як пандемія COVID-19 та геополітичні конфлікти. Для опису цього нового, більш хаотичного стану середовища американський футуролог Джамаїс Кашіо [32] у 2020 році запропонував акронім BANI, який є концептуальною еволюцією VUCA. BANI більш точно відображає сучасні реалії, зміщуючи акцент з простої невизначеності на системну незабачуваність та крихкість. Концепція складається з чотирьох взаємопов'язаних характеристик, кожна з яких має прямий і руйнівний вплив на процеси управління ресурсами в ІТ-аутсорсингу [32].

Крихкість (Brittle) описує стан систем, які, здаючись стабільними та міцними, насправді є вразливими до раптового колапсу. На відміну від простої волатильності (V), крихкість не передбачає коливань; вона передбачає раптовий злам без попередження [32]. В контексті теорії систем, це явище пов'язане з надмірною оптимізацією та відсутністю надлишковості (redundancy), що робить систему ефективною, але нестійкою до шоків. Для ІТ-аутсорсингу це означає, що довгостроковий і прибутковий проєкт, який є основою фінансової стабільності для десятків чи сотень співробітників, може бути зупинений за один день через зміну стратегії клієнта, його банкрутство або геополітичні санкції [32]. Такий злам призводить до каскадного ефекту [32]: миттєве вивільнення великої кількості високооплачуваних ресурсів, різке падіння показника утилізації, зростання "бенчу" та необхідність термінової, часто хаотичної, перерозподілу спеціалістів, що генерує значні фінансові збитки.

Тривожність (Anxious) є психологічним наслідком усвідомлення крихкості світу. Вона породжує стан постійної напруги та стресу, що безпосередньо впливає

на якість прийняття управлінських рішень. З точки зору теорії прийняття рішень в умовах невизначеності, тривожність призводить до домінування когнітивних упереджень, таких як уникнення втрат (loss aversion) та параліч аналізу (analysis paralysis) [69]. Менеджери, боячись зробити помилку з катастрофічними наслідками, або затягують з прийняттям рішень, намагаючись зібрати все більше даних, або, навпаки, приймають поспішні, реактивні рішення [33]. Класичним прикладом є управління "бенчем": страх втратити цінного спеціаліста, пов'язаний з високою вартістю його заміни та втратою унікальних знань, змушує компанію утримувати його на "бенчі" невинновдано довго, несучи прямі фінансові збитки, замість того, щоб прийняти ризиковане, але потенційно більш оптимальне рішення.

Нелінійність (Nonlinear) описує світ, де відсутній прямий, пропорційний зв'язок між причиною та наслідком. На відміну від складності (C), що передбачає велику кількість взаємопов'язаних частин, нелінійність означає, що результат взаємодії цих частин є непередбачуваним [32]. Ця характеристика тісно пов'язана з теорією хаосу та "ефектом метелика", де незначні початкові події можуть мати непропорційно великі наслідки, а значні зусилля - не давати очікуваного результату. В управлінні ресурсами це руйнує класичні моделі лінійного планування [43]. Наприклад, незначна затримка з підписанням контракту на один день може призвести не до одностенного зсуву, а до повного зриву ресурсного плану на кілька місяців, оскільки ключовий спеціаліст за цей день може прийняти іншу пропозицію, що запустить ланцюгову реакцію перепланування у десятках пов'язаних проєктів.

Незбагненність (Incomprehensible) є парадоксальним наслідком інформаційного вибуху. На відміну від неоднозначності (A), де бракує інформації, незбагненність виникає через її надлишок [32]. Величезні обсяги різнорідних даних (Big Data) призводять до того, що співвідношення "сигнал/шум" стає критично низьким.

Менеджери стикаються з потоками даних з різних систем: фінансові показники з ERP, технічні метрики з Jira, дані з систем контролю версій (GitLab), показники плинності кадрів з HR-систем, відгуки клієнтів з CRM, новини ринку

[44]. Спроба врахувати всі ці фактори без відповідних інструментів для їх агрегації та синтезу призводить до "аналітичного паралічу", коли прийняти будь-яке обґрунтоване, цілісне рішення стає практично неможливо [45].

Таким чином, сукупність цих чотирьох факторів створює середовище, в якому традиційні підходи до управління ресурсами, засновані на досвіді, інтуїції та аналізі окремих показників, стають неефективними [21]. Виникає гостра потреба в інструментах нового покоління, що дозволяють перейти від реактивного "гасіння пожеж" до проактивного управління, заснованого на об'єктивних, інтегральних даних, здатних відобразити цілісну картину стану портфеля проєктів [43].

Український ІТ-ринок, є невід'ємною частиною глобальної екосистеми, повною мірою відчуває на собі вплив BANI-факторів, які до того ж посилюються унікальними локальними обставинами. Для розуміння глибини поточної кризи та специфіки завдань з управління ресурсами, необхідно проаналізувати траєкторію розвитку сектору, його реакцію на безпрецедентні виклики та структурні зміни, що відбуваються.

Український ІТ-сектор як феномен економічного зростання та його вразливість. До 2022 року український ІТ-сектор демонстрував феноменальні темпи зростання, ставши ключовим драйвером економіки. Щорічне зростання експорту на 25-30% було нормою, а кількість ІТ-спеціалістів перевищила 280 тисяч осіб. Сформувалися потужні ІТ-кластери у Києві, Львові, Харкові, Дніпрі та Одесі, які перетворили Україну на провідний центр ІТ-аутсорсингу в Центральній та Східній Європі [48]. Однак ця модель зростання, орієнтована на експорт, мала іманентну вразливість: надзвичайну залежність від стабільності попиту з боку західних ринків (переважно США та ЄС) та від геополітичної стабільності в регіоні. Ця крихкість, не будучи очевидною в періоди зростання, стала центральним фактором ризику з початком повномасштабного вторгнення [33].

У докризовий період Україна не лише нарощувала обсяги ІТ-експорту, а й формувала образ одного з ключових глобальних хабів знань. За оцінками галузевих оглядів, експорт ІТ-послуг досягав близько 6,8 млрд дол. США, що становило близько 4 % ВВП країни. У 2023 році Україна посіла перше місце серед 169 країн

у Good Country Index за напрямом «Science & Technology», що підкреслює її внесок у глобальний науково-технологічний розвиток. Близько 20 % ІТ-компаній зі списку Fortune 500 залучали українські команди розробки, а такі транснаціональні корпорації, як Microsoft, Amazon, Google та Ericsson, розміщували в Україні свої R&D-центри. З одного боку, це посилювало статус України як надійного технологічного партнера, з іншого - підвищувало залежність індустрії від зовнішнього попиту та геополітичної стабільності [48].

Повномасштабне вторгнення 2022 року стало найсуворішим стрес-тестом для індустрії. Примітно, що незважаючи на найгірші прогнози, сектор продемонстрував надзвичайну стійкість. Експорт ІТ-послуг у 2022 році навіть зріс, досягнувши рекордної цифри у 7,34 мільярда доларів [48]. Ця стійкість була забезпечена завдяки заздалегідь розробленим планам безперервності бізнесу (Business Continuity Plans), масовій релокації спеціалістів у безпечніші регіони України та за кордон, а також розгортанню резервної інфраструктури (супутниковий інтернет, генератори).

Однак, ця стійкість мала свою ціну. З точки зору міжнародних клієнтів, з'явився новий, потужний ризик - ризик фізичної безпеки та безперервності операцій. Для його пом'якшення, українські компанії були змушені масово відкривати іноземні офіси (у Польщі, Румунії, Іспанії, Латинській Америці), що збільшило їхні операційні витрати та створило нові виклики, пов'язані з управлінням географічно розподіленими командами. Водночас, 2023 рік приніс і свої випробування, відзначившись падінням експорту ІТ-послуг на 9,3% протягом першого півріччя. Це падіння можна пояснити сукупністю збоїв, спричинених війною, та накладанням глобального економічного спаду, який призвів до скорочення ІТ-бюджетів у всьому світі [27].

Глобальний економічний спад 2023 року, що проявився у масових скороченнях в світових технологічних гігантах, прямо вплинув на український аутсорсинг. Кількість нових замовлень скоротилася, а існуючі клієнти почали вимагати оптимізації бюджетів. Це призвело до кардинальної зміни на ринку праці: від "ринку кандидата" до "ринку роботодавця". Як наслідок, проблема "бенчу"

загострилася до безпрецедентного рівня [46]. Якщо раніше "бенч" був короткостроковим явищем, то тепер він став затяжним, що змушує компанії або утримувати спеціалістів у збиток, або вдаватися до скорочень, втрачаючи накопичену експертизу. Це створює прямий запит на інструменти, що дозволяють не просто фіксувати, а й прогнозувати та оптимізувати утилізацію на рівні всього портфеля.

Для всебічного розуміння динаміки ринку ІТ-аутсорсингу в Україні необхідно провести ретельний аналіз пов'язаних ризиків та можливостей, що детально представлено в табл. 1.1.

Незважаючи на виклики, криза відкриває і нові можливості для трансформації. Стратегічний поворот до посилення цифрової інфраструктури та розвитку інноваційних екосистем стає першочерговим. З'являється шанс на перехід від простого аутсорсингу (надання робочої сили) до високотехнологічного партнерства: розробки складних продуктів, R&D-послуг та посилення експертизи у нішах з високою доданою вартістю (кібербезпека, штучний інтелект, Military Tech) [29]. Статус кандидата в члени ЄС відкриває перспективи для глибшої інтеграції в європейські ринки та участі у спільних науково-технічних проєктах. Успішна реалізація цих можливостей напряду залежить від здатності ІТ-компаній ефективно управляти своїм найціннішим ресурсом - талантами, що ще раз підкреслює актуальність даного дослідження [25].

Кризові явища, описані у попередньому підрозділі, мали прямий та глибокий вплив на найцінніший актив українського ІТ-сектору - людський капітал. Динаміка ринку праці у 2022-2023 роках свідчить не просто про коливання, а про фундаментальну структурну трансформацію, що загострило існуючі проблеми управління ресурсами та створило нові [46, 47].

Скорочення та реструктуризація кадрового потенціалу. У період з січня 2022 року по липень 2023 року спостерігалось помітне та суттєве скорочення контингенту ІТ-спеціалістів, що фізично працюють в Україні. Це скорочення є наслідком двох різноспрямованих, але однаково потужних факторів. По-перше, масова релокація спеціалістів за кордон, що є проявом феномену "втечі мізків"

(human capital flight).

Таблиця 1.1 – Аналіз ризиків та можливостей для ринку ІТ-аутсорсингу в Україні [складено автором на основі [27, 28, 32, 33, 48]].

Аспект	Ризик	Можливість
Геополітичні зміни	Політична нестабільність та міжнародні конфлікти можуть негативно вплинути на ринок ІТ-аутсорсингу, створюючи перешкоди для міжнародного співробітництва та інвестицій.	Нові міжнародні угоди та партнерства можуть відкрити нові ринки та збільшити можливості для аутсорсингових ІТ-компаній.
Економічні цикли	Економічний спад може призвести до скорочення бюджетів на ІТ-послуги, що спричинить зменшення обсягів аутсорсингу.	Економічне зростання може збільшити попит на ІТ-послуги та створити нові можливості для розширення та інновацій.
Глобальні технологічні тренди	Швидкий технологічний прогрес може вимагати постійних інвестицій у навчання та розвиток, щоб залишатися конкурентоспроможними.	Інноваційні технологічні рішення, такі як штучний інтелект, хмарні технології та блокчейн, можуть створити нові можливості для надання високоякісних ІТ-послуг та відкриття нових ринків.
Цифрова трансформація	Цифровізація вимагає значних інвестицій у нові технології та навички.	Цифровізація створює нові можливості для розвитку ІТ-аутсорсингу.

У першій половині 2023 року було зафіксовано скорочення на 5%, що становить майже 5000 осіб, у топ-50 ІТ-компаніях України [46]. Це призвело до загальної кількості 92,4 тис. співробітників порівняно зі 100 тис. на початку 2022 року. Аналіз динаміки по найбільших гравцях ринку (табл. 1.2) показує, що скорочення торкнулися саме тих ІТ-компаній, які були стовпами стабільності та

зростання індустрії.

Таблиця 1.2 – Топ-10 ІТ-аутсорсингових ІТ-компаній за негативною динамікою зростання в Україні [адаптовано з матеріалів [48,49]]

Назва компанії	Динаміка найму за перше півріччя 2023 р., спеціалісти
SoftServe	-1468
EPAM Ukraine	-1225
GlobalLogic Ukraine	-444
NIX	-400
Ubisoft	-348
DataArt	-250
ELEKS	-215
Playrix	-210
Ciklum	-203
Luxoft Ukraine	-200

Хоча релокація не завжди означала звільнення, вона створила нову реальність - управління географічно розподіленими командами, що ускладнило комунікацію, підтримку корпоративної культури та юридичний супровід. По-друге, мобілізація значної кількості ІТ-спеціалістів до лав Збройних Сил України створила ризик раптової втрати ключових технічних експертів, що прямо впливає на здатність ІТ-компаній виконувати зобов'язання перед клієнтами [29].

Водночас ринок не був однорідно депресивним. Серед топ-50 ІТ-компаній в Україні лише 14 гравців продемонстрували зростання кількості спеціалістів у 2022-2023 роках. Показовим є приклад GR8 Tech (правонаступник Parimatch Tech), який

у другій половині 2022 року наростив штат на 323 спеціалісти, а також EVOPLAY, що серед п'яти найбільших ІТ-компаній змогла забезпечити приріст персоналу на 253 фахівці за пів року [48].

Важливо, що більшість ІТ-компаній із позитивною динамікою належать до продуктової моделі бізнесу, а не класичного сервісного аутсорсингу. Це ще раз підкреслює структурну вразливість аутсорсингових ІТ-компаній до шоків зовнішнього попиту, навіть у межах однієї національної екосистеми.

Наслідком скорочення попиту з боку західних клієнтів та внутрішніх кризових явищ став колапс ринку найму. Звертаючись до ширшого ландшафту ринку праці, виявляється низка значних трансформацій. Станом на квітень 2023 року на платформі DOU спостерігалася найнижча кількість вакансій за три роки - лише 3 226 [48].

Більшість технічних категорій зазнали скорочення понад 50%. Ця зміна парадигми поширилася на всі великі міста України і навіть на віддалені позиції, що відображає рис. 1.2.

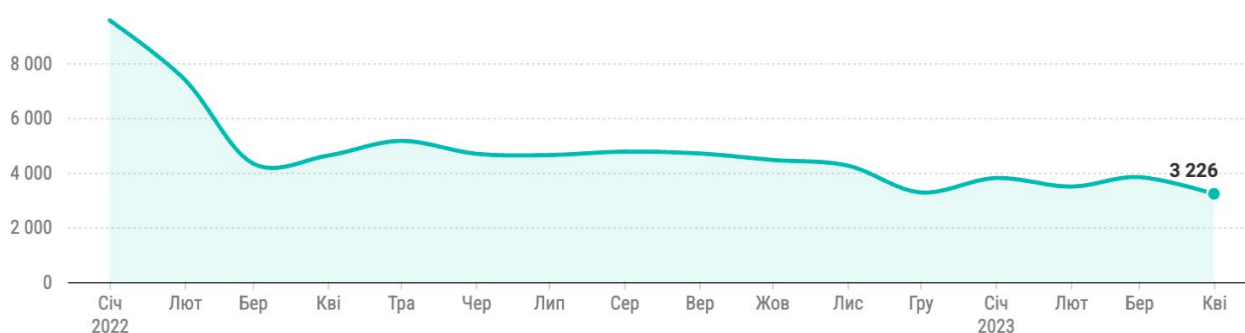


Рисунок 1.2 – Динаміка кількості вакансій на українському ІТ-ринку (2022-2023 рр.) [зформовано на основі [48]]

Водночас конкуренція за вакансії, що скорочуються, посилилася до рекордно високих показників: у квітні 2023 року на одну вакансію припадало в середньому 28,5 відгуків [48]. На початку жовтня 2023 року, за даними Djinni [49], кількість кандидатів у пошуку зросла на 5% порівняно з попереднім кварталом, тоді як кількість вакансій скоротилася на 25%. Індекс конкуренції зріс з 9,15 до 13 за три місяці. Ці дані свідчать про те, що ринок праці кардинально перейшов від "ринку

кандидата" до "ринку роботодавця".

Ця трансформація ринку не скасувала, а, навпаки, драматично загострила проблему утримання висококваліфікованих кадрів та ефективного управління ними. В умовах скорочення кількості нових проєктів, проблема "бенчу" перетворилася з тактичної на стратегічну. Якщо раніше перебування на "бенчі" було короткостроковим (2-4 тижні), то в нових реаліях воно може тривати місяцями. Це ставить перед компаніями складну оптимізаційну дилему:

З одного боку, утримувати дорогого спеціаліста на "бенчі" протягом кількох місяців - це прямі збитки, які можуть бути критичними для фінансової моделі компанії [25].

З іншого боку, звільнення такого спеціаліста - це втрата накопиченої експертизи та ризик не знайти адекватної заміни, коли ринок відновиться.

Ця дилема робить традиційні, інтуїтивні підходи до управління ресурсами неефективними [42]. Виникає гостра, вимірювана потреба в інструментах, що дозволяють не просто констатувати факт простою, а прогнозувати попит, моделювати різні сценарії розподілу ресурсів та об'єктивно оцінювати стан всього портфеля проєктів для прийняття обґрунтованих рішень про інвестиції в утримання чи скорочення персоналу [45].

Наведений раніше аналіз ґрунтується на емпіричних даних щодо ринку ІТ-аутсорсингу України за 2020-2023 роки. Для його проведення було послідовно застосовано три етапи: (1) збір даних - статистика експорту ІТ-послуг, звітність провідних ІТ-асоціацій [29], аналітичні огляди DOU, Djinni [46-48] та профільні галузеві репорти; (2) статистичний та трендовий аналіз для виявлення ключових закономірностей у динаміці експорту, чисельності спеціалістів та кількості вакансій; (3) порівняльний аналіз даних із різних джерел для верифікації висновків і виявлення можливих розбіжностей. Обмеженням такого підходу є залежність результатів від повноти та актуальності відкритих джерел, що додатково підсилює аргументацію на користь створення інтегрованих інструментів моніторингу портфеля проєктів та ресурсів на рівні компанії.

Специфіка аутсорсингового ІТ-бізнесу полягає в тому, що компанії

одночасно ведуть множину проєктів різних типів, утворюючи портфель проєктів. Управління портфелем проєктів в ІТ-аутсорсингу суттєво відрізняється від управління окремими проєктами: менеджмент вищого рівня стикається із необхідністю одночасного балансування ресурсів між конкуруючими ініціативами, оцінювання сукупного ризику та стратегічної важливості кожного проєкту. Питання формування та оптимізації портфелів проєктів в умовах невизначеності розроблено у роботах Кононенка І.В. [7] та Кошкіна К.В. [8]; Чумаченка І.В. [12]. Водночас зазначені підходи не враховують специфіки аутсорсингового бізнесу, де склад портфеля може змінитися за один день унаслідок призупинення або розірвання контракту замовником, що породжує специфічний операційний ризик - неконтрольоване зростання «бенчу» (незайнятих у комерційних проєктах фахівців). Відсутність ефективних інструментів інтегрального оцінювання стану портфеля проєктів у режимі реального часу є одним з ключових факторів, що обмежує здатність аутсорсингових ІТ-компаній адаптуватися до вимог BANI-середовища - і саме це обумовлює необхідність розробки відповідної інформаційної технології.

1.2 Класифікація та критичний аналіз існуючих методів та інформаційних систем для управління проєктами та портфелями ІТ-проєктів

У контексті даного дослідження під поняттям «ресурси» розуміються два ключові типи: по-перше, людські ресурси — фахівці ІТ-компанії та час їхньої зайнятості (utilization), що безпосередньо визначає здатність компанії виконувати проєкти; по-друге, фінансові ресурси — витрати на оплату праці персоналу, зокрема витрати, пов'язані з утриманням незайнятих фахівців («бенч»). Саме взаємозалежність цих двох типів ресурсів формує ключову операційну задачу аутсорсингової ІТ-компанії, вирішення якої потребує відповідного інструментарію моніторингу та оцінювання стану проєктів.

В умовах нестабільності та непередбачуваності ринку, описаних раніше, компанії стикаються зі складною задачею прогнозування та планування ресурсів

[48]. Динамічний характер ринку в поєднанні з невідомим темпом технологічного прогресу вимагає використання спеціалізованих методів та інструментів для ефективного вирішення цих проблем [49]. У сфері аутсорсингу ІТ-послуг, де людський капітал є одночасно і основним активом, і головною статтею витрат, управління ресурсами стає ключовим фактором для підтримки конкурентоспроможності та досягнення стратегічних цілей [50, 51]. Існуючий ринок програмного забезпечення пропонує широкий спектр рішень, які, однак, еволюціонували для вирішення різних завдань і функціонують на різних рівнях управлінської ієрархії [52]. Для проведення глибокого аналізу доцільно класифікувати ці інструменти за їхнім основним функціональним призначенням та рівнем інтеграції в бізнес-процеси компанії.

Ручні та табличні методи. Історично першим та найбільш базовим інструментарієм для управління ресурсами є електронні таблиці (MS Excel, Google Sheets). Їхня поширеність, особливо у невеликих компаніях, пояснюється нульовим порогом входження та максимальною гнучкістю - вони дозволяють створити будь-яку кастомну модель обліку. Однак ця гнучкість має зворотний бік - фундаментальні недоліки, які в BANI-середовищі стають критичними. По-перше, висока ймовірність людських помилок при ручному введенні та обробці даних робить їх ненадійним джерелом для прийняття рішень [53]. По-друге, відсутність можливості для колаборативної роботи в реальному часі створює інформаційні затримки, що є неприпустимим в умовах, які вимагають швидкої реакції. По-третє, практично повна відсутність аналітичних та оптимізаційних інструментів робить такі системи суто реактивними. Вони дозволяють констатувати факт (наприклад, касовий розрив), але не прогнозувати його і не моделювати шляхи уникнення [54, 55]. В рамках даного дослідження такі системи розглядаються як застарілі та неефективні для середніх та великих ІТ-компаній. Системи операційного рівня: Фокус на проєкті (PMS)

Наступний еволюційний рівень - це системи управління проєктами (Project Management Systems, PMS), які є основним інструментом для планування та контролю виконання завдань на рівні окремих проєктів [50]. Ця категорія включає

як класичні інструменти, орієнтовані на методологію водоспаду (MS Project) [57], так і сучасні платформи, що є де-факто стандартом для гнучкої розробки (Atlassian Jira, Asana, Trello) [57]. Їхня головна функція - декомпозиція роботи, призначення виконавців, відстеження витраченого часу та контроль прогресу [58]. Сильна сторона цих систем - глибока деталізація в межах одного проєкту. Вони дозволяють проєктному менеджеру ефективно управляти своєю командою та завданнями. Однак їхня архітектура є проєкто-центричною, що є фундаментальним обмеженням для стратегічного управління [59]. PMS розглядають кожен проєкт як ізольовану сутність, формуючи так звані інформаційні силоси (information silos) - відокремлені масиви даних, недоступні для суміжних підсистем управління, - що унеможливорює аналіз взаємовпливу проєктів, оцінки сукупного ризику портфеля та оптимізації розподілу ресурсів на рівні всієї компанії [60].

Для подолання проблеми інформаційних силосів, створених PMS, було розроблено клас корпоративних інтегрованих систем, які намагаються об'єднати управління проєктами, фінансами та людськими ресурсами в єдиному інформаційному просторі [61].

Системи планування ресурсів підприємства (Enterprise Resource Planning, ERP): Походячи з виробничої сфери, ці системи (SAP, Workday) орієнтовані на стандартизацію та автоматизацію наскрізних бізнес-процесів (фінанси, кадри, логістика) [63]. В IT-компаніях вони переважно використовуються для фінансового обліку та управління людським капіталом (Human Capital Management) [63]. Їхній недолік - інерційність та орієнтація на стабільні процеси, що погано узгоджується з динамікою проєктної діяльності в IT [64].

Системи професійної автоматизації (Professional Services Automation, PSA): Цей клас систем (Kantata, Planview) є еволюцією ERP, спеціально адаптованою для сервісних IT-компаній. Вони об'єднують функціонал PMS з фінансовим обліком, білінгом та ресурсним менеджментом, дозволяючи бачити повну картину від продажу до фінансового результату [66]. Незважаючи на комплексність, ці системи є переважно системами обліку (systems of record) [66]. Вони чудово фіксують поточний стан справ (утилізація, прибутковість), але не пропонують проактивних

оптимізаційних моделей. Рішення про перерозподіл ресурсів все одно приймається менеджером на основі його суб'єктивного досвіду [67].

Верхнім рівнем існуючого інструментарію є системи бізнес-аналітики (Business Intelligence, BI), такі як Microsoft Power BI та Tableau [70]. Їхня головна перевага - здатність підключатися до різних джерел даних (наприклад, до бази даних Jira та фінансової ERP одночасно) і візуалізувати агреговану інформацію у вигляді інтерактивних дашбордів [70]. Це дозволяє менеджеру отримати цілісне уявлення про стан справ. Однак, з точки зору теорії ICM, BI-системи є інструментами візуалізації, а не аналізу чи оптимізації [70]. Вони є блискучою реалізацією підсистеми даних та підсистеми інтерфейсу, але не містять підсистеми моделей [71]. BI-системи допомагають менеджеру швидше побачити проблему (наприклад, різке падіння рентабельності портфеля проєктів), але не пропонують шляхів її вирішення, не оцінюють її критичність в контексті інших проєктів і не містять вбудованих математичних моделей для пошуку оптимального розподілу ресурсів [72]. Ця відсутність модельного ядра і є тією прогалиною, яку покликане заповнити дане дослідження.

Системи управління проєктами (Project Management Systems, PMS) є індустріальним стандартом та першим рівнем автоматизації для операційного управління в IT-компаніях. Їхня поява стала відповіддю на недоліки ручних методів, запропонувавши структуроване середовище для декомпозиції роботи, призначення виконавців, відстеження витраченого часу та контролю прогресу виконання завдань. Фундаментальною парадигмою, на якій побудована переважна більшість PMS, є проєкто-центризм: проєкт розглядається як основна, атомарна одиниця управління, навколо якої групуються всі дані, ресурси та процеси. Ця парадигма є одночасно і головною перевагою цих систем для тактичного управління, і їхнім ключовим обмеженням для вирішення стратегічних завдань портфельного рівня [60].

Система Atlassian Jira є де-факто "золотим стандартом" для команд, що працюють за гнучкими методологіями (Scrum, Kanban). Її ключова перевага - надзвичайна гнучкість, що дозволяє налаштовувати робочі процеси (workflows) під

унікальні потреби будь-якої команди [73]. Завдяки розгалуженій екосистемі доповнень (плагінів) з Atlassian Marketplace, базовий функціонал Jira може бути значно розширений. Наприклад, плагіни Tempo Timesheets та Structure перетворюють Jira на потужний інструмент для ресурсного планування на рівні проєкту, дозволяючи детально відстежувати витрати часу, планувати завантаженість співробітників та візуалізувати складні ієрархії завдань.

Однак, фундаментальним архітектурним обмеженням Jira залишається її проєкто-центрична природа. Кожен проєкт в Jira є ізольованим "силосом" даних. Інструменти для аналізу ресурсів, навіть у розширених плагінах, працюють в межах одного проєкту. Вони не надають нативних механізмів для міжпроєктного аналізу, оцінки сукупного ризику портфеля чи оптимізації розподілу ресурсів на рівні всієї компанії. Таким чином, Jira є ідеальним інструментом для Project Manager або Scrum Master, але надає вкрай обмежену цінність для Head of PMO або Portfolio Manager. Замість цілісної картини стану всього портфеля, керівництво отримує набір розрізнених фрагментів, що унеможливорює прийняття обґрунтованих стратегічних рішень згідно зі стандартами управління портфелем [74, 75].

Microsoft Project є класичним інструментом, що втілює традиційний підхід до проєктного менеджменту, орієнтований на методологію водоспаду (Waterfall) та стандарти PMI PMBOK [43]. Його сильна сторона - детальне предикативне планування: побудова ієрархічної структури робіт (WBS), аналіз критичного шляху, вирівнювання ресурсів (resource leveling) та побудова діаграм Ганта. Проте, саме ці сильні сторони роблять його неадаптивним до реалій BANI-середовища [32]. По-перше, його детермінований підхід до планування фундаментально суперечить емпіричній, ітеративній природі сучасної розробки ПЗ. По-друге, основний недолік MS Project в сучасному IT-ландшафті - це складність інтеграції з іншими системами, що використовуються в розробці (наприклад, з Jira чи GitLab). Це створює глибокі інформаційні "силоси", коли дані про довгострокове планування існують окремо від даних про реальне, щоденне виконання. План в MS Project швидко втрачає актуальність, перетворюючись на продукт, а не на живий інструмент управління.

Окремим системним недоліком, спільним для багатьох PMS, є їхня недостатня інтеграція з ключовими метриками ефективності процесів розробки, що описані в сучасних DevOps-практиках. Такі показники, як Lead Time for Changes (час реалізації змін) та Change Failure Rate (частота невдалих змін), є критично важливими для оцінки швидкості та стабільності команди. Як доведено у фундаментальних дослідженнях [46], саме ці метрики, а не традиційні показники виконання завдань (кількість закритих "тікетів"), є найкращими предикторами продуктивності IT-організації. Існуючі PMS часто не надають нативних інструментів для їх розрахунку, що вимагає додаткових складних інтеграцій або ручного збору даних, нівелюючи саму ідею автоматизованого моніторингу.

Таким чином, системи операційного рівня, будучи незамінними для тактичного управління, не вирішують завдання стратегічного, портфельного управління ресурсами через свою проєкто-центричну архітектуру та фокус на показниках активності, а не на показниках ефективності потоку створення цінності [46].

Системи цього класу є наступним еволюційним кроком, що намагається вирішити проблему інформаційних "силосів", створених проєкто-центричними PMS. Їхня фундаментальна парадигма - створення "єдиного джерела правди" (Single Source of Truth) шляхом інтеграції даних про проєкти, фінанси, персонал та продажі в єдиному інформаційному просторі [61]. Теоретично, такий підхід має надати керівництву цілісне бачення бізнесу. Однак, на практиці, через архітектурні особливості та історичне походження, ці системи також виявляються недостатньо адаптивними до викликів BANI-середовища [32].

Системи класу Professional Services Automation (PSA), такі як Kantata (раніше Mavenlink) та Planview, були спеціально розроблені для IT-компаній, що надають професійні послуги, включаючи IT-аутсорсинг. Їхня головна перевага - управління повним життєвим циклом проєкту "від продажу до виставлення рахунку" (Quote-to-Cash) [66]. Вони об'єднують функціонал PMS з модулями управління ресурсами, фінансового обліку, обліку робочого часу та білінгу. Це дозволяє керівництву бачити повну картину по кожному проєкту: від початкової оцінки рентабельності

на етапі продажу до фінального фінансового результату.

Незважаючи на комплексність, PSA-системи є переважно реактивними системами обліку (systems of record), а не проактивними системами моніторингу та оцінювання [66]. Вони чудово відповідають на питання "Що відбулося?" (яка була утилізація минулого місяця, яка прибутковість закритого проєкту), але не пропонують вбудованих оптимізаційних чи прогностичних моделей для відповіді на питання "Що робити далі?". Рішення про перерозподіл ресурсів між проєктами, про найм чи скорочення персоналу все одно приймається менеджером на основі його суб'єктивного досвіду, а не на основі моделювання [67]. Їхня реакція на раптові зовнішні виклики (наприклад, несподівана зупинка великого проєкту) є обмеженою: система лише зафіксує факт падіння утилізації, але не допоможе знайти оптимальний шлях виходу з кризи.

Системи планування ресурсів підприємства (ERP). Гіганти ринку, такі як SAP SuccessFactors та Workday, походять з виробничої сфери і пропонують потужні модулі для управління людським капіталом (Human Capital Management - HCM) [62]. Вони дозволяють управляти всіма аспектами життєвого циклу співробітника: від найму до оцінки ефективності, навчання та розвитку [63]. Їхня сильна сторона - стандартизація та автоматизація кадрових та фінансових процесів у великих, стабільних організаціях [64].

Саме ця орієнтація на стабільність робить ERP-системи негнучкими та інерційними [64]. Вони вимагають значних ресурсів для впровадження та підтримки, що робить їх недоступними для багатьох середніх ІТ-компаній. Їхня архітектура, розроблена для управління стандартизованими бізнес-процесами великих корпорацій, погано адаптується до динаміки та високої невизначеності аутсорсингового бізнесу. Крім того, жорстка структура цих систем часто вступає в протиріччя з сучасними підходами до гнучкого (Agile) бюджетування. Такі практики, як Beyond Budgeting або квартальне бізнес-планування (Quarterly Business Reviews), що орієнтовані на швидку адаптацію та довіру до команд, погано сумісні з традиційними, проєктно-орієнтованими фінансовими модулями ERP-систем, які вимагають детального річного планування та контролю [3, 26].

Існують також вузькоспеціалізовані платформи, що вирішують окремі задачі. Платформи, як-от Anaplan, пропонують гнучке фінансове планування та моделювання бізнес-процесів, але їхнє ефективне використання вимагає високої кваліфікації та спеціалізованих знань, що робить їх нішевим рішенням [72].

Інструменти для моделювання бізнес-процесів, такі як Bizagi та ARIS, дозволяють візуалізувати та аналізувати процеси, але їхня адаптивність до швидких змін є обмеженою, і вони не є інструментами операційного управління [77].

Детальний порівняльний аналіз переваг, недоліків та потенційних напрямків для розвитку цих систем наведено в табл. 1.3.

Узагальнюючи проведений аналіз інструментів (табл. 1.3), можна констатувати, що більшість із них залишаються орієнтованими на внутрішній рівень проєкту та не інтегрують зовнішні чинники - макроекономічні показники, регуляторні зміни, геополітичні ризики [76]. У BANI-середовищі це призводить до того, що системи управління ресурсами не забезпечують ні достатньої адаптивності, ні можливості портфельного прогнозування [32].

Верхнім рівнем існуючого інструментарію, що найближче підходить до вирішення задачі цілісного аналізу, є системи бізнес-аналітики (Business Intelligence, BI). Платформи, такі як Microsoft Power BI, Tableau та Qlik Sense, стали потужним інструментом для створення інтерактивних звітів та дашбордів [68]. Їхня головна архітектурна перевага - здатність підключатися до різномірних джерел даних (наприклад, до бази даних Jira, фінансової ERP-системи та кадрової HCM-системи одночасно) і візуалізувати агреговану інформацію [70]. Це дозволяє менеджеру отримати панорамне уявлення про стан справ, об'єднавши на одному екрані операційні, фінансові та кадрові показники.

Роль BI-систем у контексті задачі моніторингу ресурсів. Однак, для коректної оцінки можливостей та обмежень BI-платформ, необхідно проаналізувати їх з точки зору класичної теорії моніторингу та оцінювання ресурсів (ICM) [47, 72].

Згідно з цією теорією, повноцінна ICM складається з трьох ключових підсистем:

Підсистема даних (Data Subsystem): Відповідає за збір, зберігання та

управління даними.

Таблиця 1.3 – Аналіз інструментів управління людськими ресурсами в ІТ
[Адаптовано з Таблиці 3 [24]]

Інструмент	Переваги	Недоліки	Напрямки для зростання
Jira	Гнучке управління проєктами, ефективне відстеження завдань.	Обмежені можливості аналізу великих даних.	Інтеграція із зовнішніми даними та макроекономічними показниками.
Microsoft Project	Детальне планування проєктів та ресурсів.	Складність інтеграції з іншими системами.	Гнучкість в умовах раптових ринкових змін.
Bizagi	Візуалізація бізнес-процесів, аналіз ефективності.	Обмежена адаптивність до швидких змін.	Моделювання ризиків та стратегічне планування.
Anaplan, Planview, SAP SuccessFactors	Гнучке планування та моделювання бізнес-процесів. Підтримка широкого спектру бізнес-функцій.	Висока складність та потреба у спеціалізованих знаннях для ефективного використання. Обмежена реакція на зовнішні виклики.	Розширені можливості для аналізу та управління ризиками, що виходять за межі людських ресурсів. Аналіз впливу глобальних подій на проєкти.
Workday	Інтегровані HR-рішення, ефективне управління талантами та фінансами. Підтримує масштабованість та глобальні операції.	Висока вартість та складність впровадження. Може вимагати додаткових налаштувань для специфічних потреб.	Підвищена адаптивність до ринкових умов, що швидко змінюються, та гнучкість у прогнозуванні тенденцій.

Підсистема моделей (Model Subsystem): Інтелектуальне ядро, що містить

математичні, статистичні, оптимізаційні та інші моделі для аналізу даних та генерації альтернатив.

Підсистема інтерфейсу (Interface Subsystem): Відповідає за взаємодію з користувачем та візуалізацію результатів.

В рамках цієї архітектури, ВІ-системи є блискучою реалізацією підсистеми даних (через потужні інструменти ETL, такі як Power Query) та підсистеми інтерфейсу (через розвинені можливості візуалізації). Проте, вони практично повністю позбавлені підсистеми моделей [53]. ВІ-системи є інструментами візуалізації, а не аналізу чи оптимізації. Вони допомагають менеджеру швидше побачити проблему (наприклад, різке зростання кількості багів на проєкті або падіння утилізації), але не пропонують шляхів її вирішення, не оцінюють її критичність в контексті інших проєктів і не містять вбудованих математичних моделей для пошуку оптимального розподілу ресурсів.

Обмеження ВІ в умовах BANI-середовища. Це архітектурне обмеження стає особливо критичним в умовах BANI-середовища [32].

Незбагненність (Incomprehensible): ВІ-системи, надаючи ще більше даних у вигляді красивих графіків, можуть посилювати проблему "аналітичного паралічу", якщо вони не супроводжуються моделями, що перетворюють ці дані на конкретні, інтерпретовані висновки.

Нелінійність (Nonlinear): Проста візуалізація історичних трендів (наприклад, лінійна екстраполяція) є неефективною в нелінійному світі. Потрібні моделі, здатні враховувати складні взаємозв'язки між різними факторами, чого ВІ-системи не пропонують.

Таким чином, ВІ-платформи є необхідним, але недостатнім елементом для побудови повноцінної аналітичної системи. Вони є потужним інструментом для описової аналітики (Descriptive Analytics), яка відповідає на питання "Що сталося?". Однак, для ефективного управління в умовах невизначеності необхідний перехід до діагностичної (Diagnostic), прогностичної (Predictive) та приписуючої (Prescriptive) аналітики [70], що вимагає наявності математичних моделей, відсутніх у стандартних ВІ-інструментах.

Проведений у підрозділі 1.2 критичний аналіз існуючих класів інформаційних систем дозволяє зробити висновок, що фундаментальна проблема полягає не лише в обмеженій функціональності окремих інструментів, а й у їхній парадигмальній невідповідності сучасним викликам управління в BANI-середовищі.

Проблема відсутності інтегрального аналітичного ядра. Ключовим узагальнюючим недоліком, спільним для всіх проаналізованих категорій систем (PMS, PSA/ERP, BI), є відсутність науково обґрунтованого механізму для агрегації десятків різнорідних метрик в єдиний, кількісно вимірюваний, інтегральний показник «здоров'я» (Health-статус) проєкту [76, 78]. Керівництво потребує не більше даних, а якісно нової інформації - інтегральних оцінок, що дозволяють швидко ідентифікувати справжні, а не уявні проблеми.

Неадаптованість до зовнішньої невизначеності. Існуючі системи базуються на детермінованих, лінійних моделях планування [42]. Вони ефективні в передбачуваних умовах, але виявляються недієвими в крихкому (Brittle) та нелінійному (Nonlinear) світі. Відсутність вбудованих механізмів сценарного моделювання та прогностичного аналізу не дозволяє компаніям проактивно готуватися до шоків [45].

Проблема внутрішньої фрагментації даних. Навіть при спробі ручної інтеграції компанії стикаються з проблемою інформаційних "силосів", коли дані з різних систем (PMS, ERP, HCM) є неузгодженими. Це призводить до ситуації, коли різні підрозділи компанії оперують різними даними, що унеможлиблює прийняття узгоджених стратегічних рішень [61].

Таким чином, виникає глибока наукова суперечність: з одного боку, ринок та BANI-середовище вимагають від ІТ-компаній гнучкості та прийняття рішень на основі цілісних даних. З іншого боку - існуючий інструментарій, через свою проєкто-центричну та реактивну природу, не надає адекватних механізмів для цього.

Формується «функціональний розрив» між наявною практикою ресурсного менеджменту та реальною потребою ІТ-компаній в інструментах стратегічного

рівня. Подальші розділи дисертації спрямовані на подолання цього розриву через розроблення інтегрованої методики Health-оцінювання портфеля проєктів і відповідної інформаційної системи, яка може базуватися на сучасних аналітичних підходах, включно з методами штучного інтелекту та машинного навчання [25].

1.3 Визначення науково-прикладного аспекту та постановка задачі дослідження

Проведений у попередніх підрозділах системний аналіз предметної області, специфіки функціонування аутсорсингових ІТ-компаній та існуючого інструментарію дозволяє синтезувати низку ключових висновків, що в сукупності формують науково-прикладну проблему. Встановлено, що діяльність цих ІТ-компаній нерозривно пов'язана з управлінням динамічним портфелем проєктів в умовах високої невизначеності, що точно описується концепцією BANI-середовища [32, 33]. Крихкість ринку, нелінійність економічних процесів та незбагненність інформаційних потоків роблять традиційні детерміновані моделі планування неефективними [43, 60]. Ця проблема значно загострюється унікальними викликами українського ІТ-ринку, зокрема трансформацією ринку праці та загостренням проблеми управління "бенчем" [47, 48].

Водночас детальний критичний аналіз існуючих класів інформаційних систем виявив їхню фундаментальну невідповідність сучасним викликам. Системи управління проєктами (PMS) виявилися занадто проєкто-центричними та тактичними [56, 74]; корпоративні системи (PSA/ERP) - реактивними, інерційними та погано адаптованими до гнучких методологій [62, 65]; аналітичні платформи (BI) - позбавленими власних оптимізаційних моделей [71, 72]. Це дозволяє сформулювати центральну науково-прикладну проблему.

Ключовим узагальнюючим недоліком, що впливає з аналізу, є відсутність науково обґрунтованого методу інтегральної оцінки стану проєктів та портфелів [76, 78].

Це науково-прикладне завдання лежить на перетині кількох наукових

дисциплін:

З точки зору теорії систем, портфель проєктів є складною, відкритою системою, поведінка якої визначається не лише станом окремих елементів (проєктів), а й складними, нелінійними взаємозв'язками між ними [76]. Існуючі інструменти пропонують редукціоністський підхід, аналізуючи окремі проєкти або окремі метрики, що не дозволяє побачити цілісну, емерджентну картину.

З точки зору теорії прийняття рішень, менеджмент змушений оперувати десятками розрізнених метрик: фінансовими (CPI, SPI), технічними, процесними та кадровими. Це ставить особу, що приймає рішення (ОПР), в умови обмеженої раціональності [45], де через когнітивні перевантаження та інформаційну асиметрію неможливо прийняти оптимальне рішення [69].

З точки зору інформаційних технологій, виклик полягає у відсутності "підсистеми моделей" у архітектурі існуючих систем, яка б перетворювала дані на знання [47, 72].

Таким чином, формується наукова суперечність між гострою потребою ІТ-бізнесу в інструментах проактивного, цілісного управління портфелем проєктів та неспроможністю існуючих інформаційних технологій, через їхні парадигмальні обмеження, задовольнити цю потребу [25].

Вирішення виявленої суперечності вимагає розробки цілісного науково-методологічного підходу та відповідної інформаційної технології. Проведений аналіз дозволяє чітко сформулювати вимоги до такої технології, яка, на відміну від існуючих рішень, повинна забезпечувати вирішення трьох фундаментальних завдань:

Агрегація різнорідних метрик. Технологія повинна реалізовувати механізм для автоматизованого збору даних з гетерогенних джерел (PMS, ERP, VCS) та їх приведення до єдиної, консистентної системи показників [45]. Це не лише технічне завдання, а й методологічне, що вимагає розробки єдиної моделі даних, здатної адекватно відобразити багатоаспектність стану ІТ-проєкту [49, 53].

Інтегральна оцінка. Центральним ядром технології має бути математична модель для розрахунку об'єктивного, кількісно вимірюваного показника "здоров'я"

(Health-статус) як для кожного окремого проекту, так і для всього портфеля в цілому [76]. Ця модель має бути прозорою ("білою скринькою"), адаптивною до зміни бізнес-пріоритетів та стійкою до незначних коливань даних [76].

Проактивне оцінювання та оповіщення. Технологія повинна забезпечувати менеджмент аналітичною інформацією, що дозволяє перейти від описової аналітики (Descriptive Analytics), яка констатує минулі події, до діагностичної (допомагає зрозуміти причини проблем) та прогностичної (Predictive) аналітики, що дозволяє ідентифікувати потенційні ризики на ранніх стадіях для оперативного реагування та стратегічного планування [69, 73].

Окремі аспекти цієї проблематики висвітлено у попередніх роботах автора, присвячених аналізу викликів ресурсного менеджменту та розробці інструментарію управління ресурсами в аутсорсингових ІТ-компаніях [78, 79, 80, 81].

Виявлена у ході системного аналізу наукова суперечність дозволяє сформулювати науково-прикладне завдання, що є центральним для даного дисертаційного дослідження. Воно полягає у подоланні глибокого розриву між, з одного боку, гострою потребою аутсорсингових ІТ-компаній в ефективних інструментах управління ресурсами, що адекватні умовам BANI-середовища [32, 34], та, з іншого боку, відсутністю науково обґрунтованих методів та інформаційних технологій, здатних задовольнити цю потребу [25].

Перша сторона суперечності - гостра потреба в проактивному управлінні - обумовлена фундаментальними змінами в операційному середовищі. Крихкість ринку, що проявляється у раптовій зупинці проєктів, та нелінійність економічних процесів вимагають від керівництва здатності до миттєвої та оптимальної переалокції десятків і сотень спеціалістів [32, 34]. Тривожність та незбагненність, що виникають через надлишок розрізнених даних, унеможливають прийняття рішень на основі інтуїції та досвіду [33, 43]. В цих умовах виникає об'єктивна, вимірювана потреба в переході від реактивного управління, що констатує проблеми постфактум (зростання "бенчу", падіння рентабельності), до проактивного, модельно-орієнтованого підходу, здатного надавати цілісну,

інтегральну картину стану всього портфеля проєктів у режимі, наближеному до реального часу [46, 76].

Друга сторона суперечності - неадекватність існуючого інструментарію - була доведена у ході критичного аналізу. Встановлено, що існуючі класи інформаційних систем (PMS, ERP, BI) через свої парадигмальні обмеження не вирішують поставленого завдання [53, 66]. Вони або є занадто тактичними та проєкто-центричними (PMS), або реактивними та обліковими (ERP/PSA), або ж позбавленими аналітичного ядра (BI). Жоден з існуючих підходів не пропонує науково обґрунтованого методу для агрегації гетерогенних метрик (фінансових, технічних, процесних) в єдиний, об'єктивний показник, що міг би слугувати надійною основою для прийняття управлінських рішень [21, 74].

Виявлене науково-прикладне завдання та сформульовані вимоги до його вирішення дозволяють визначити мету та задачі дисертаційного дослідження.

Метою дисертаційного дослідження є підвищення ефективності управління ресурсами в аутсорсингових ІТ-компаніях шляхом наукового обґрунтування та розробки інформаційної технології моніторингу та оцінювання стану ІТ-проєктів, що базується на методі інтегрального оцінювання Health-статусу проєктів та портфеля.

Досягнення поставленої мети передбачає послідовне вирішення таких взаємопов'язаних завдань:

Перше завдання - проведення системного аналізу предметної області управління ресурсами в ІТ-аутсорсингу, що включає дослідження бізнес-моделей, ключових викликів ринкової невизначеності та критичний аналіз існуючих класів інформаційних систем з метою обґрунтування необхідності розробки нових підходів .

Друге завдання — удосконалення концептуальної моделі інформаційної технології моніторингу та оцінювання стану ІТ-проєктів шляхом визначення чотирирівневої архітектури системи, її позиціонування в контурі управління аутсорсинговою компанією та формалізації постановки задачі інтегрального оцінювання з визначенням вхідних і вихідних даних та критеріїв адекватності.

Третє завдання - розробка методу інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів (Health-статус), що передбачає визначення принципів формування та архітектури системи метрик і правил некомпенсаторної агрегації показників.

Четверте завдання - побудова математичної моделі розрахунку інтегрального показника стану IT-проєкту та портфеля, дослідження її теоретичних властивостей, зокрема верифікація умов монотонності, стабільності, чутливості та адаптивності моделі, а також розробка модифікації на основі частково-компенсаторного підходу для усунення ефекту компенсації в адитивних моделях.

П'яте завдання - розробка інформаційної технології моніторингу та оцінювання стану ресурсів, що включає систематизацію та таксономію метрик, обґрунтування вибору джерел даних та проєктування рольової моделі доступу для різних рівнів управління.

Шосте завдання - проєктування архітектури та реалізація програмного прототипу інформаційної технології на основі розробленого методу, що передбачає автоматизацію процесів збору даних, розрахунку інтегральних показників та їх візуалізації у вигляді дашборду Health-статусу для оперативного оцінювання стану проєктів.

Сьоме завдання - практична апробація розробленої інформаційної технології в умовах реального аутсорсингового IT-бізнесу та оцінювання її впливу на ефективність управління ресурсами і портфелем проєктів.

Об'єктом дослідження є процеси управління ресурсами в аутсорсингових IT-компаніях, що розглядаються як складна, динамічна система, яка функціонує в умовах високої невизначеності.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія для інтегрального оцінювання стану портфеля IT-проєктів, що дозволяють підвищити обґрунтованість та оперативність прийняття рішень з оптимізації розподілу людських та фінансових ресурсів [76].

1.4 Висновки до розділу 1

У даному розділі проведено детальний системний аналіз задачі управління

ресурсами в аутсорсингових ІТ-компаніях, що дозволило отримати низку важливих результатів, які формують теоретико-методологічне підґрунтя для даного дисертаційного дослідження.

Було встановлено, що ключовими викликами для ІТ-аутсорсингового бізнесу є управління "бенчем" та утилізацією в умовах, що найкраще описуються концепцією VANI-середовища. Аналіз довів, що крихкість ринку, яка проявляється у раптовій зупинці проєктів, та нелінійність економічних процесів вимагають переходу від традиційних реактивних методів управління, заснованих на досвіді та інтуїції, до проактивних, модельно-орієнтованих підходів. Ця проблема значно посилюється в контексті українського ринку, де глобальний економічний спад наклався на виклики, пов'язані з повномасштабним вторгненням, що призвело до кардинальної трансформації ринку праці та безпрецедентного загострення проблеми "бенчу", перетворивши її з операційної на стратегічну загрозу для бізнесу.

На основі аналізу наукових джерел було визначено теоретичне підґрунтя для вирішення даного науково-прикладного завдання. Встановлено, що відсутність інтегрального показника стану проєкту та портфеля зумовлює необхідність розробки спеціалізованого інструментарію моніторингу, який агрегує різномірні метрики в єдиний Health-статус та забезпечує автоматичну сигналізацію про відхилення для підтримки оперативних управлінських рішень.

Проведений глибокий критичний аналіз існуючих класів інформаційних систем (PMS, PSA, ERP, BI) показав їхню фундаментальну неспроможність комплексно вирішити поставлену задачу. Було виявлено, що головними парадигмальними недоліками є проєкто-центричність, реактивність, відсутність вбудованих аналітичних моделей та, що найважливіше, відсутність механізму інтегральної оцінки стану портфеля проєктів. Ця прогалина не дозволяє керівництву отримувати цілісну, об'єктивну картину для прийняття стратегічних рішень.

На основі виявленого науково-прикладного завдання, що полягає у суперечності між гострою потребою ринку та відсутністю адекватних інструментів,

було сформульовано мету та завдання дисертаційного дослідження. Мета полягає у підвищенні ефективності управління ресурсами шляхом розробки інформаційної технології моніторингу та оцінювання стану ресурсів, а завдання послідовно окреслюють кроки для її досягнення: від аналізу та розробки методу до його програмної реалізації та експериментальної перевірки.

Таким чином, результати, отримані в даному розділі, доводять високу актуальність обраної теми дослідження та формують міцне теоретичне та методологічне підґрунтя для розробки нових моделей та методів у наступних розділах дисертації.

Список використаних джерел до розділу 1

1. Бушуєв С. Д., Бушуєва Н. С. Механізми формування стратегічної цінності проектно-керованих організацій. Управління розвитком складних систем. 2010. Вип. 1. С. 9–16. URL: <http://urss.knuba.edu.ua/zbirniki-urss/zbirnik-1> (дата звернення: 25.07.2023).
2. Bushuyev S., Murzabekova S., Murzabekova A., Khusainova M. Develop breakthrough competence of project managers based on entrepreneurship energy. Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017. Lviv, 2017. P. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2017.8098722>
3. Бушуєва Н. С. Моделі та методи проактивного управління організаційним розвитком підприємств : монографія. Київ : Наукова думка, 2007. 270 с.
4. Рач В. А., Россошанська О. В., Медведєва О. М. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку : навч. посіб. Київ : К.І.С., 2010. 276 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/42600/> (дата звернення: 28.10.2022).
5. Гогунський В. Д., Колесников О. В. Моделювання процесів в управлінні проектами. Праці Одеського політехнічного університету. 2013. Вип. 1.

С. 138–143. DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.40.2013.27>

6. Білощицький О. А., Гогунський В. Д. Інформаційні технології оцінювання результатів наукової діяльності. Управління розвитком складних систем. 2015. Вип. 22. С. 112–119.

7. Кононенко І. В., Букреєва К. С. Модель і метод оптимізації портфеля проектів підприємства. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". 2010. № 60. С. 13–19. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/14603> (дата звернення: 27.09.2022).

8. Кошкін К. В., Покотилів І. П. Управління портфелями проектів розвитку ІТ-компаній. Управління проектами та розвиток виробництва. 2015. № 2. С. 45–54. URL: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/54/15kkvpik.pdf> (дата звернення: 16.01.2023).

9. Чумаченко І. В., Доценко Н. В. Формування команд ІТ-проектів у мультипроектному середовищі. Радіoeлектроніка, інформатика, управління. 2016. № 4. С. 132–138. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2016-4-16>

10. Чернова Л. С., Гогунський В. Д. Балансування ресурсів у багатопроектному середовищі. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". 2017. № 2. С. 98–104.

11. Морозов В. В., Кальян О. В. Управління ІТ-проектами на основі компетентнісного підходу. Управління розвитком складних систем. 2018. Вип. 33. С. 34–40.

12. Колеснікова К. В., Лук'янов Д. В. Оцінка компетентностей команд ІТ-проектів. Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2019. № 2. С. 45–52. DOI: <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2019.171884>

13. Молоканова В. М. Інформаційні технології управління стейкхолдерами інноваційних проектів. Системи управління, навігації та зв'язку. 2018. Вип. 4. С. 112–116.

14. Тесля Ю. М. Вступ до інформатики природи : монографія. Київ : Маклауд, 2010. 256 с.

15. Данченко О. Б., Бедрій Д. С. Ризик-менеджмент в ІТ-проектах: моделі

та методи. Управління проектами та розвиток виробництва. 2020. № 1. С. 22–31. URL: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/73/20dobrim.pdf> (дата звернення: 15.10.2022).

16. Тесленко П. О. Макромодельовання життєвого циклу проектів. Управління розвитком складних систем. 2014. Вип. 18. С. 78–83. URL: <http://urss.knuba.edu.ua/zbirniki-urss/zbirnik-18> (дата звернення: 29.09.2023).

17. Россошанська О. В. Поведінкові моделі управління в проектно-орієнтованих організаціях. Інвестиції: практика та досвід. 2015. № 4. С. 15–20. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/4_2015/5.pdf (дата звернення: 28.03.2023).

18. Зачко О. Б., Кобилкин Д. С. Моделювання безпеки у складних проектних системах. Управління проектами та розвиток виробництва. 2019. № 3. С. 55–62.

19. Цюцюра С. В., Цюцюра М. І. Інформаційні технології в управлінні проектами. Вісник КНУБА. 2017. Вип. 4. С. 101–108.

20. Хлєвна Ю. Л. Оптимізація ресурсного забезпечення ІТ-проектів. Управління проектами та розвиток виробництва. 2021. № 2. С. 40–48.

21. Прокопенко Т. О. Методологія управління ІТ-ресурсами аутсорсингових компаній. Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2021. № 1. С. 60–67

22. Бедрій Д. С., Данченко О. Б. Системи підтримки прийняття рішень у проектах розробки програмного забезпечення. Радіоелектроніка, інформатика, управління. 2020. № 2. С. 140–148. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-15>

23. Білоус С. В. Оптимізація процесів розробки в ІТ-аутсорсингу. Інформаційні технології та системи. 2022. Вип. 3. С. 85–92.

24. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Проблеми оптимізації ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринку. Управління розвитком складних систем. 2024. № 58. С. 53–60. DOI: [10.32347/2412-9933.2024.58.53-60](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.53-60)

25. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Роль сучасних технологій в

оптимізації фінансових і людських ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній. Управління розвитком складних систем. 2024. № 60. С. 87–94. DOI: 10.32347/2412-9933.2024.60.87-94.

26. Hope J., Fraser R. Beyond Budgeting: How Managers Can Break Free from the Annual Performance Trap. Boston: Harvard Business Review Press, 2003. 232 p.
27. Gartner. Top Strategic Technology Trends for 2026. URL: <https://www.gartner.com> (дата звернення: 10.01.2023).
28. KPMG. Global IT Services Outlook 2025: Resilience in Uncertainty. 2025. 48 p.
29. Williamson O. E. The Economic Institutions of Capitalism. New York: Free Press, 1985. 450 p.
30. Prahalad C. K., Hamel G. The Core Competence of the Corporation. Harvard Business Review. 1990. Vol. 68, No. 3. P. 79–91.
31. Barney J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. Journal of Management. 1991. Vol. 17, No. 1. P. 99–120.
32. Cascio J. Facing the Age of Chaos. Medium. 2020. URL: <https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b11518fb1e71> (дата звернення: 15.01.2023).
33. Strielkowski W. Living in the BANI world: economic and social challenges. Journal of Global Economics. 2023. Vol. 11, No. 4. P. 15–22.
34. Braun T. Managerial responses to BANI: leadership in a brittle world. Strategy & Leadership. 2024. Vol. 52, No. 1. P. 34–41.
35. Pfeffer J., Salancik G. R. The External Control of Organizations: A Resource Dependence Perspective. Stanford: Stanford University Press, 2003. 336 p.
36. Coase R. H. The Nature of the Firm. Economica. 1937. Vol. 4, No. 16. P. 386–405.
37. Standish Group. CHAOS Report 2020. Boston : The Standish Group International, 2020. 52 p. URL: https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2020.pdf (дата звернення: 26.10.2022).

38. Jensen M. C., Meckling W. H. Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure. *Journal of Financial Economics*. 1976. Vol. 3, No. 4. P. 305–360.
39. Teece D. J. *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. Oxford: Oxford University Press, 2009. 304 p.
40. Nonaka I., Takeuchi H. *The Knowledge-Creating Company*. New York: Oxford University Press, 1995. 284 p.
41. Drucker P. F. *Post-Capitalist Society*. New York: HarperBusiness, 1993. 240 p.
42. Grant R. M. Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. *Strategic Management Journal*. 1996. Vol. 17. P. 109–122.
43. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 7th ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021. 370 p.
44. Kerzner H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 13th ed. Hoboken: Wiley, 2022. 848 p.
45. Simon H. A. *The New Science of Management Decision*. New York: Harper & Row, 1960. 175 p.
46. Forsgren N., Humble J., Kim G. *Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps*. Portland: IT Revolution Press, 2018. 288 p.
47. Power D. J. *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Westport: Quorum Books, 2002. 272 p.
48. ІТ-ринок України: підсумки 2022 року. DOU. URL: <https://dou.ua> (дата звернення: 12.02.2023).
49. Статистика найму та "бенчу" в ІТ. Djinni. URL: <https://djinni.co/salary> (дата звернення: 14.02.2023).
50. Schwalbe K. *Information Technology Project Management*. 9th ed. Boston: Cengage Learning, 2018. 672 p.
51. McConnell S. *Software Estimation: Demystifying the Black Art*. Redmond: Microsoft Press, 2006. 336 p.
52. Boehm B. W. *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs: Prentice

Hall, 1981. 767 p.

53. Brooks F. P. The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering. Reading: Addison-Wesley, 1995. 322 p.
54. Sommerville I. Software Engineering. 10th ed. London: Pearson, 2015. 816 p.
55. Power D. J. Decision Support Systems: A Historical Overview. Journal of the Association for Information Systems. 2007. Vol. 8, No. 2. P. 121–140.
56. Alter S. Decision support systems: current practice and continuing challenges. Reading: Addison-Wesley, 1980. 316 p.
57. Lock D. Project Management. 10th ed. Burlington: Gower Publishing, 2013. 550 p.
58. Royce W. Software Project Management: A Unified Framework. Boston: Addison-Wesley, 1998. 448 p.
59. Cohn M. Agile Estimating and Planning. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005. 368 p.
60. Haugan G. T. Effective Work Breakdown Structures (WBS). Vienna: Management Concepts, 2002. 180 p.
61. Levine H. A. Project Portfolio Management. San Francisco: Jossey-Bass, 2005. 560 p.
62. Kendall G. I., Rollins S. C. Advanced Project Portfolio Management and the PMO. Boca Raton: J. Ross Publishing, 2003. 464 p.
63. Davenport T. H. Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems. Boston: Harvard Business School Press, 2000. 336 p.
64. Monk E., Wagner B. Concepts in Enterprise Resource Planning. 4th ed. Boston: Cengage Learning, 2013. 272 p.
65. Ulrich D. Human Resource Champions. Boston: Harvard Business School Press, 1997. 304 p.
66. O’Leary D. E. Enterprise Resource Planning Systems. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 232 p.
67. Fitzsimmons J. A., Fitzsimmons M. J. Service Management. 7th ed. New

York: McGraw-Hill/Irwin, 2011. 608 p.

68. Moore G. A. Systems of Engagement and the Future of Enterprise IT. AIIM White Paper. 2011. 14 p.

69. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. 499 p.

70. Sharda R., Delen D., Turban E. Business Intelligence, Analytics, and Data Science. 4th ed. New York: Pearson, 2017. 512 p.

71. Few S. Information Dashboard Design. Sebastopol: O'Reilly Media, 2006. 260 p.

72. Sprague R. H., Carlson E. D. Building Effective Decision Support Systems. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1982. 329 p.

73. Burstein F., Holsapple C. W. Handbook on Decision Support Systems. Berlin: Springer, 2008. 888 p.

74. Davenport T. H., Harris J. G. Competing on Analytics. Boston: Harvard Business School Press, 2007. 240 p.

75. Li P. Jira Software Essentials. 2nd ed. Birmingham: Packt Publishing, 2018. 396 p.

76. The Standard for Portfolio Management. 4th ed. Newtown Square: PMI, 2017. 127 p.

77. Scheer A.-W. ARIS - Business Process Modeling. 3rd ed. Berlin: Springer, 2000. 180 p.

78. Kaplan R. S., Norton D. P. The Strategy-Focused Organization. Boston: Harvard Business School Press, 2000. 416 p.

79. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Оптимізація управління ресурсами в ІТ-аутсорсингових компаніях: виклики та стратегії в умовах глобалізації та непередбачуваності ринку. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 06 груд. 2023 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 63–65. URL: https://drive.google.com/file/d/1f0cc_HaFDH4G3AI_NfwqfTjaMjyWBvkc/view

80. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Ефективність управління

ресурсами в аутсорсингових ІТ-компаніях: виклики та розвиток нових методів та інструментів. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 06 груд. 2023 р.).

Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 65–69. URL:

https://drive.google.com/file/d/1f0cc_HaFDH4G3AI_NfwqfTjaMjyWBvkc/view

81. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Вплив сучасних технологій на оптимізацію фінансових і людських ресурсів в аутсорсингових ІТ-компаніях. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2024): матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Черкаси, 22 лист. 2024 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2024. С. 15–16. URL: https://drive.google.com/file/d/15-8DffQpER_5F6TniHYNIDf2BjOPjehX/view

82. Помогайбо Д. А. Інструментарій управління ресурсами в ІТ-проектах. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 9 груд. 2022 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2022. С. 43–44.

https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4353/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D0%86%D0%9F%D0%A8%D0%A0%D0%86%D0%A2_2022.pdf

РОЗДІЛ 2

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ТА МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ І ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПОРТФЕЛЯ ІТ-ПРОЄКТІВ

Аналіз, проведений у попередньому розділі, виявив науково-прикладне завдання. Воно полягає у глибокій суперечності між гострою потребою аутсорсингових ІТ-компаній в ефективних інструментах управління ресурсами, що адекватні умовам BANI-середовища, та парадигмальною невідповідністю існуючих інформаційних технологій (PMS, ERP, BI), які є переважно реактивними, проєкто-центричними та не містять науково обґрунтованих методів для інтегральної, багатоаспектної оцінки стану портфеля проєктів. Існуючі системи є переважно системами обліку (systems of record), що фіксують минулі події, тоді як сучасні умови вимагають переходу до систем інтелектуальної підтримки (systems of intelligence), здатних надавати проактивну допомогу в прийнятті складних управлінських рішень.

Для вирішення цього завдання необхідна розробка нової інформаційної технології, що функціонує за принципами ICM. Згідно з класичною теорією Г. Саймона [1], процес прийняття рішень складається з трьох фаз: розвідки (intelligence), проєктування (design) та вибору (choice). Аналіз показав, що існуючі системи ефективні лише на першій фазі (надання "сирих" даних для розвідки), але не надають інструментів для фази проєктування (моделювання та аналіз альтернатив) та фази вибору (оцінка та ранжування альтернатив). Розроблювана в даній дисертації технологія має на меті закрити цю прогалину, забезпечивши підтримку повного циклу прийняття рішень [2-5].

Загальний метод дисертаційного дослідження базується на принципах системного аналізу. Цей підхід дозволяє розглядати портфель ІТ-проєктів не як механічну сукупність ізольованих одиниць, а як складну, відкриту, динамічну систему, поведінка якої визначається нелінійними взаємозв'язками між елементами та постійним впливом зовнішнього середовища. Такий погляд вимагає застосування методів, здатних оперувати з цілісними, інтегральними характеристиками системи, а не лише з аналізом її окремих компонентів.

Отже, перш ніж переходити до розробки конкретних математичних моделей та методів (що буде зроблено у Розділі 3), необхідно закласти міцний методологічний фундамент. Цей фундамент має визначити загальну архітектуру, принципи функціонування, інформаційні потоки та місце майбутньої технології в контурі управління компанією [6-9, 45].

Метою даного розділу є удосконалення концептуальної моделі інформаційної технології моніторингу та оцінювання стану портфеля ІТ-проектів як складної системи. Досягнення цієї мети вимагає послідовного вирішення трьох ключових завдань, що визначають логічну структуру розділу. Спочатку необхідно розробити концептуальну модель інформаційної технології, що визначить її архітектуру та позиціонування як ICM. Далі буде проведено строгу формалізацію задачі інтегрального оцінювання, що переведе проблему з якісного опису в площину чітких математичних та логічних визначень. Нарешті, буде проведено глибокий аналіз та обґрунтування вибору комплексу наукових методів, які будуть використані для вирішення поставленої задачі, з порівняльним аналізом альтернатив та доведенням адекватності обраного інструментарію.

2.1 Концептуальна модель інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів

Як було обґрунтовано у підрозділі 1.2, задача управління портфелем ІТ-проектів в умовах невизначеності є слабоструктурованою. Згідно з класичною теорією Г. Саймона, такі задачі характеризуються тим, що не всі їхні етапи (розвідки, проєктування, вибору) можуть бути повністю формалізовані та алгоритмізовані. Існуючі інформаційні системи (PMS, ERP) ефективно підтримують лише фазу розвідки (intelligence), надаючи "сирі" дані, але не пропонують інструментів для фази проєктування (design) (моделювання та аналіз альтернативних рішень) та фази вибору (choice) (оцінка та ранжування альтернатив). Для вирішення таких завдань найбільш доцільним є застосування підходу, що базується на підході ICM.

Розроблювана модель позиціонується саме як спеціалізована ICM з

модельно-орієнтованим підходом (Model-Driven DSS). На відміну від даних-орієнтованих ICM (Data-Driven DSS), які фокусуються на маніпуляції з великими обсягами даних (як BI-системи), або знань-орієнтованих ICM (Knowledge-Driven DSS), що базуються на правилах та експертних системах, ядром нашої технології є саме математична модель. Ця модель, що буде розроблена у Розділі 3, інкапсулює в собі управлінські знання та дозволяє перетворювати потік розрізнених даних на інтегральний, інтерпретований показник. Саме наявність цієї підсистеми моделей є ключовою відмінністю розробки від існуючих на ринку рішень [10-12].

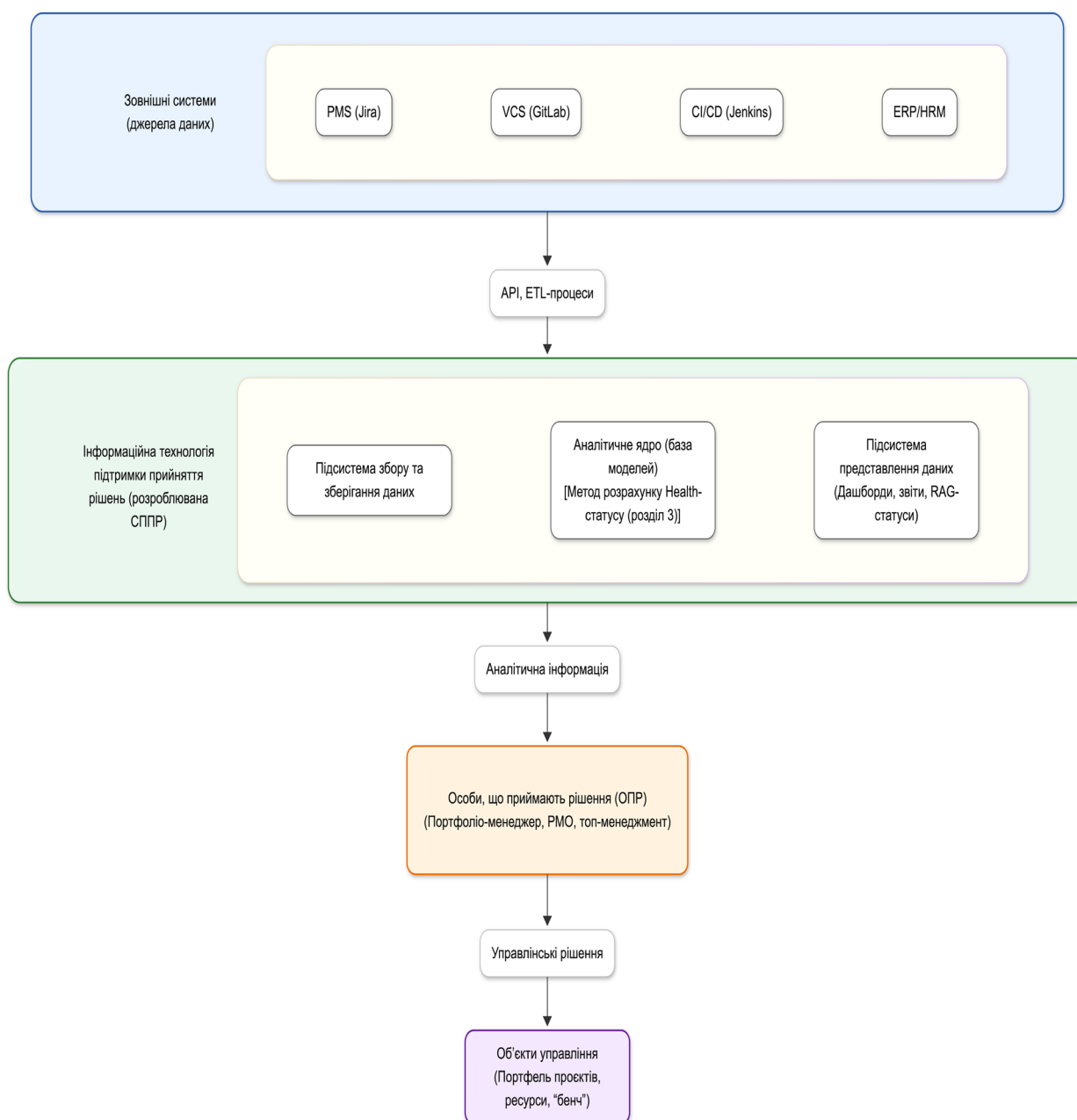


Рисунок 2.1 - Місце ICM в інформаційному ландшафті та контури управління ІТ-компанією [сформовано автором]

Розроблювана технологія призначена для надання аналітичної підтримки особам, що приймають рішення (ОПР) - портфоліо-менеджерам, керівникам проєктних офісів (РМО) та топ-менеджменту. Її місце в загальному контурі управління ресурсами компанії ілюструє рис. 2.1.

Як видно з рис. 2.1, що є контекстною діаграмою, розробленою за нотацією C4 Model, ICM виступає як проміжний аналітичний шар між операційними системами-джерелами даних (PMS, ERP, VCS) та ОПР [13-16]. Вона виконує функцію "аналітичного процесора": агрегує дані, застосовує до них математичні моделі, перетворює їх на знання (у вигляді інтегральних оцінок та прогнозів) і надає їх менеджменту. Це дозволяє замкнути контур управління, керованого даними (Data-Driven Management), де рішення приймаються не на основі інтуїції, а на основі об'єктивних, модельних оцінок, що, в свою чергу, впливає на операційні процеси, які генерують нові дані для аналізу [17-20].

Для деталізації принципів функціонування розробимо багаторівневу концептуальну модель інформаційної технології, що складається з чотирьох логічних рівнів, які відповідають класичній архітектурі сучасних аналітичних систем Рис. 2.2

Рівень 1: Рівень збору та інтеграції даних (*Data Acquisition Layer*)

Цей рівень є фундаментом усієї системи, оскільки від повноти та якості зібраних даних напряду залежить адекватність усіх подальших розрахунків. Його основне завдання - забезпечити надійну та регулярну інтеграцію з гетерогенними зовнішніми інформаційними системами, які є первинними джерелами даних. Основними компонентами цього рівня є спеціалізовані конектори (адаптери), що взаємодіють з програмними інтерфейсами (*Application Programming Interface, API*) цих систем. Ключовими викликами на цьому рівні є забезпечення стабільності з'єднань, обробка помилок автентифікації, врахування обмежень на кількість запитів до API (*rate limiting*) та синхронізація даних, що надходять з різною періодичністю. Для комплексної оцінки необхідні дані з кількох доменів:

Операційні дані з систем управління проєктами (PMS) та систем обліку часу (напр., Atlassian Jira, Tempo Timesheets). З цих систем за допомогою REST API

видобуваються дані про сутності проєктного управління: статуси завдань (для побудови кумулятивних діаграм), типи завдань (Task, Bug, Story), їхні пріоритети, заплановані та фактичні трудовитрати по кожному завданню та по кожному співробітнику. Ці дані є основою для розрахунку метрик виконання та ефективності процесів.

Технічні дані з систем контролю версій (VCS, напр., GitLab, GitHub), статичного аналізу коду (SonarQube) та безперервної інтеграції (CI/CD, напр., Jenkins). Інтеграція з цими системами дозволяє отримати об'єктивні показники інженерної культури та якості продукту: частота комітів, кількість та тривалість існування гілок (*branches*), обсяг та складність merge-запитів, показники якості коду (покриття тестами, дублювання, наявність вразливостей), а також ключові DevOps-метрики (частота та успішність розгортань, час відновлення після збоїв).

Фінансові дані з корпоративних систем планування ресурсів (ERP) або фінансових систем (напр., 1C, SAP). З цих систем отримуються дані про бюджети проєктів, фактичні витрати (включаючи непрямі), доходи, ставки співробітників та загальну рентабельність, що є необхідним для розрахунку фінансових показників, таких як CPI.

Рівень 2: Рівень управління та трансформації даних (*Data Management Layer*)

Отримані на першому рівні "сирі" дані з різних джерел є неузгодженими, мають різний формат, рівень деталізації та часто містять помилки. Завданням цього рівня є їх перетворення на єдину, консистентну, надійну модель даних, придатну для аналізу. Цей рівень реалізує класичний процес ETL (*Extract, Transform, Load*):

Видобування (*Extract*): Періодичне (зазвичай, щонічне) або потокове отримання даних з джерел за допомогою конекторів та їх розміщення у проміжному сховищі (*staging area*).

Трансформація (*Transform*): Це найбільш складний та наукомісткий етап, що включає низку процедур:

Очищення даних (*Data Cleansing*): Обробка пропущених значень, виправлення аномалій та помилок формату.

Інтеграція та збагачення даних (*Data Integration & Enrichment*): Об'єднання

даних з різних джерел. Наприклад, дані про витрачений час з Tempo поєднуються з даними про типи завдань з Jira та ставками співробітників з ERP для розрахунку фактичної вартості кожної задачі.

Розрахунок похідних метрик: Саме на цьому етапі на основі первинних даних розраховується більшість метрик, описаних у Розділі 3, наприклад, індекси SPI/CPI, Bug Growth Rate, Lead Time тощо.

Завантаження (*Load*): Збереження трансформованих, структурованих даних у централізоване сховище даних (*Data Warehouse*). Це сховище, реалізоване на основі реляційної або колоночної СУБД, стає "єдиним джерелом правди" (*Single Source of Truth*) для всієї аналітики, що гарантує консистентність та надійність результатів.

Рівень 3: Аналітичний рівень (*Analytical Layer*)

Це інтелектуальне ядро системи, що реалізує її основну бізнес-логіку та відповідає за перетворення даних на знання. Саме на цьому рівні реалізується підсистема моделей ICM. Центральним компонентом цього рівня є розроблений в даній дисертації метод інтегрального оцінювання стану (Health-статусу), детальна розробка якого є предметом Розділу 3. Цей метод реалізується у вигляді взаємопов'язаних програмних модулів:

Модуль розрахунку Health-статусу окремого проєкту (H_i): Реалізує математичну модель (метод зваженої суми) для агрегації десятків первинних метрик, отриманих з Рівня 2, в єдиний інтегральний показник для кожного проєкту.

Модуль розрахунку Health-статусу портфеля (P_i): Агрегує показники окремих проєктів з урахуванням їхньої ваги та пріоритетності, надаючи керівництву цілісну картину.

Модуль розрахунку ризику портфеля (R_{portf}): Надає кількісну оцінку сукупного ризику на основі стану проєктів та їхньої важливості.

Модуль некомпенсаторних правил ("вето"): Реалізує логіку, що коригує результати розрахунків для усунення ефекту компенсації, як буде показано у Розділі 3.

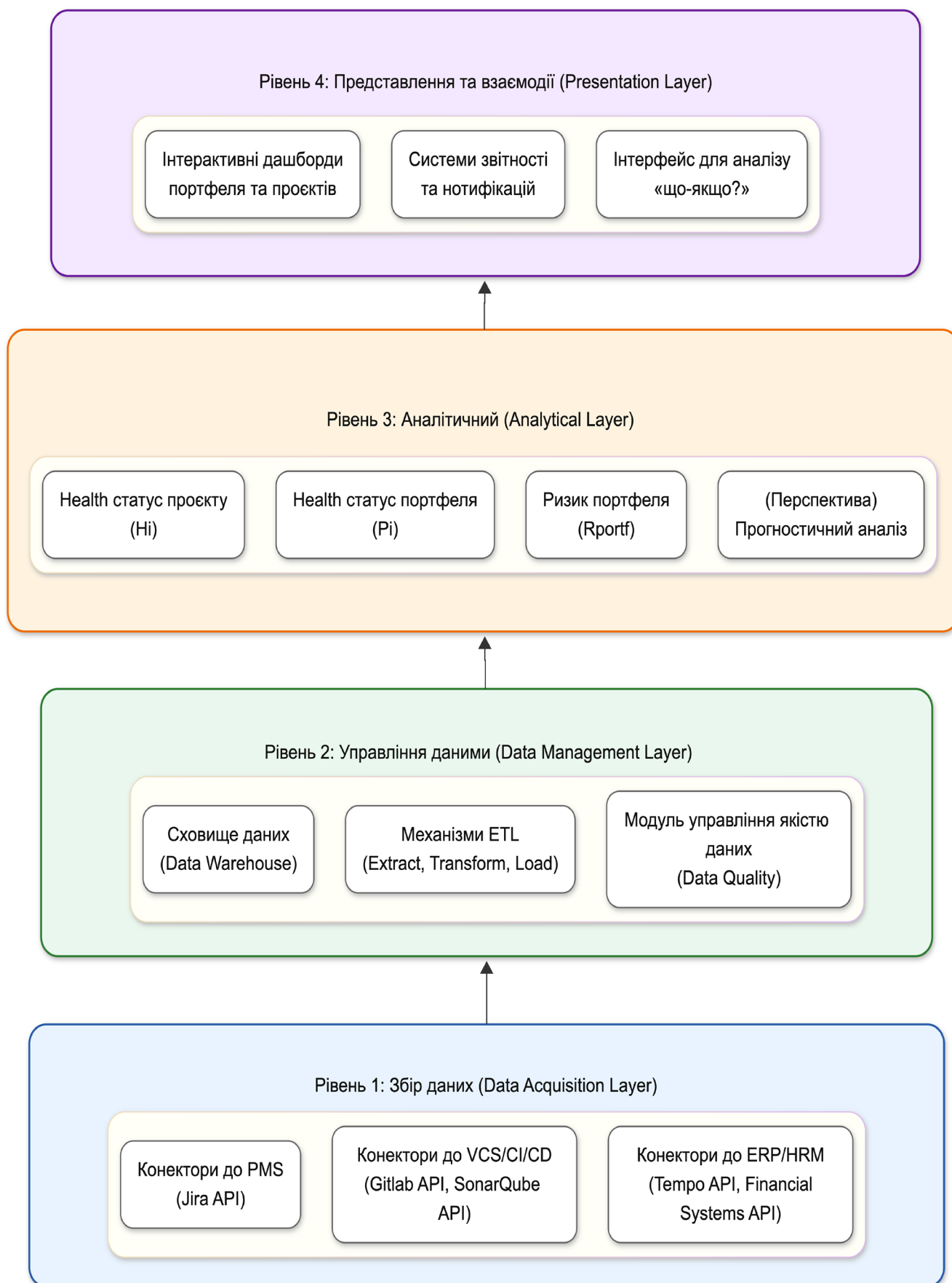


Рисунок 2.2 – Концептуальна модель оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів [сформовано автором]

Рівень 4: Рівень представлення та взаємодії (Presentation Layer). Цей рівень відповідає за візуалізацію результатів аналізу та надання їх ОПР у зручному для сприйняття та інтерпретації вигляді. Він реалізує підсистему інтерфейсу ICM. Основні компоненти:

Інтерактивні дашборди: Головний інструмент для ОПР, що відображає Health-статус всього портфеля та кожного окремого проєкту у вигляді інтуїтивно зрозумілих RAG-статусів (Red, Amber, Green). Ключовою вимогою до дашбордів є підтримка функції аналізу з заглибленням (*drill-down*), що дозволяє користувачу переходити від загальної картини (стан портфеля) до деталей (стан окремого проєкту) і далі до первинних метрик, що спричинили ту чи іншу оцінку.

Система звітності: Можливість генерувати регулярні (напр., щотижневі звіти по портфелю) та кастомні звіти для глибокого аналізу.

Система нотифікацій та сповіщень (*Alerting*): Автоматичне сповіщення менеджерів через електронну пошту або месенджери про критичні зміни у стані проєктів (напр., перехід проєкту з "Amber" у "Red" статус), що дозволяє забезпечити оперативне реагування.

Запропонована концептуальна модель є комплексною, охоплює всі етапи роботи з даними від збору до візуалізації, та створює чітку методологічну основу для подальшої розробки математичного апарату та програмної реалізації інформаційної технології.

2.2 Формалізація задачі інтегрального оцінювання стану портфеля ІТ-проєктів

Проведені дослідження показали, що впровадження сучасних технологій управління проєктами, ресурсами та даними істотно впливає на ефективність використання фінансових і людських ресурсів в аутсорсингових ІТ-компаніях. Аналіз наукових публікацій і галузевих звітів свідчить, що систематичне застосування формалізованих методів планування, обліку й аналітики дає змогу зменшувати витрати на персонал, підвищувати продуктивність команд і

скорочувати адміністративні накладні витрати [21-23].

Зокрема, впровадження стандартизованих підходів до нормування трудових витрат та автоматизація процесів управління проєктами дозволяє зменшити витрати на персонал на 15-20 % за рахунок більш точного планування завантаження та скорочення оплаченого простою. Автоматизація звітності та обліку часу (time-tracking, інтегровані системи на кшталт Jira + Tempo) знижує витрати на адміністративні операції в середньому на 20-25 %, тоді як використання спеціалізованих систем управління проєктами (Microsoft Project, Primavera P6, Smartsheet, Planview) дає змогу скоротити час на планування приблизно на 20 % і підвищити прозорість завантаження ресурсів.

Додатково застосування аналітичних платформ (Power BI, Tableau, Qlik Sense тощо) забезпечує підтримку прийняття рішень на основі даних (data-driven decision making): точність прогнозування потреби в ресурсах може зростати до 25 %, а частка проєктів, що виконуються в межах бюджету та термінів, - істотно збільшуватися. Таким чином, сучасні технології управління ресурсами виступають не лише як інструмент автоматизації рутинних операцій, але й як ключовий фактор підвищення стійкості бізнес-моделі аутсорсингових ІТ-компаній в умовах BANI-середовища.

Разом із тим проведений аналіз виявив низку суттєвих обмежень існуючих рішень. По-перше, більшість систем орієнтовані на рівень окремих проєктів або окремих процесів (облік часу, бюджетування, управління задачами), що призводить до фрагментації даних між різними інструментами. По-друге, інтеграція цих систем часто реалізована частково або вимагає значних додаткових зусиль, через що побудова цілісної картини стану портфеля проєктів потребує ручного збирання й узгодження показників. По-третє, наявні інструменти зазвичай не містять формалізованих моделей оцінювання Health-статусу портфеля і не забезпечують автоматизованого агрегування метрик до рівня портфеля.

У результаті навіть за наявності потужних окремих рішень (PMS, ERP, CRM, BI-платформи) менеджмент змушений витрачати значну частину часу на ручну підготовку звітності, а не на власне прийняття рішень. Це створює

"функціональний розрив" між потенціалом сучасних технологій та реальними потребами управління портфелем ІТ-проектів: технології є, але вони не інтегровані в єдину інформаційну технологію, здатну підтримувати кількісне оцінювання стану портфеля і оптимізацію розподілу ресурсів.

Як було встановлено в попередньому розділі, ключовою проблемою, що перешкоджає ефективному управлінню ресурсами, є відсутність єдиного, об'єктивного підходу до оцінки поточного стану проектів та їх сукупності - портфеля. Менеджмент змушений приймати рішення на основі аналізу великої кількості різнорідних, часто суперечливих показників, що в умовах BANI-середовища призводить до суб'єктивізму, затримок та прийняття неоптимальних рішень. З точки зору теорії прийняття рішень, це завдання є класичним прикладом слабоструктурованої проблеми. Вона не є повністю неструктурованою, оскільки існують об'єктивні дані (метрики), але й не є структурованою, оскільки відсутній єдиний, загальноприйнятий алгоритм для знаходження оптимального рішення, а сам процес оцінки включає як кількісні, так і якісні експертні судження.

Для подолання цієї проблеми необхідно перейти від інтуїтивного аналізу до формалізованої процедури оцінювання. Такий перехід дозволяє перевести складну управлінську дилему у площину прикладної математики та системного аналізу. Теоретичним фундаментом для такої формалізації є теорія прийняття рішень за багатьма критеріями, а відповідний інструментарій - методи багатокритеріального аналізу (*Multi-Criteria Decision Analysis* - MCDA) [16-18]. Ця методологія надає систематичні процедури для аналізу складних рішень, що включають множинні, часто суперечливі критерії. В даному випадку "альтернативами" виступають окремі проекти, а "критеріями" - набір метрик, що характеризують різні аспекти їхньої успішності (фінансові, технічні, процесні).

Вибір кількісного моделювання як основного методологічного підходу є свідомим. Хоча якісні методи (наприклад, кейс-стаді, експертні інтерв'ю) є цінними для описових досліджень, в умовах BANI-середовища, де інтуїція ОПР зазнає впливу когнітивних упереджень, спричинених тривожністю та незбагненністю, вони є недостатніми для оперативного управління. Розробка формальної моделі

відповідає конструктивістській парадигмі дослідження: ми не просто описуємо об'єктивну реальність, а конструюємо новий вимірювальний інструмент (концепт Health-статусу) для її структурування та розуміння. Такий підхід забезпечує об'єктивність (зниження впливу суб'єктивних факторів), відтворюваність (метод може бути застосований однаково до всіх проєктів) та фальсифікованість (адекватність моделі може бути емпірично перевірена), що є наріжними каменями наукового методу.

Отже, завдання у загальному вигляді полягає у розробці формальної процедури (методу), яка дозволяє на основі множини різнорідних критеріїв (метрик) розрахувати єдиний інтегральний показник. З формальної точки зору, це означає побудову агрегуючої функції корисності F , яка відображає вектор оцінок проєкту за m критеріїв на єдину скалярну величину (2.1):

$$H_i = F(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}), \quad (2.1)$$

де H_i - інтегральний показник "здоров'я" для i -го проєкту,

а S_{ij} - оцінка (статус) i -го проєкту за j -м критерієм.

Цей інтегральний показник має слугувати об'єктивною основою для порівняння проєктів, ідентифікації ризиків та підтримки прийняття управлінських рішень.

Можливість побудови такої адитивної функції корисності базується на певних аксіоматичних припущеннях теорії корисності з багатьма атрибутами (MAUT). Ключовим припущенням є преференційна незалежність критеріїв, що означає, що спосіб, яким ОПР порівнює два результати за одним критерієм, не залежить від фіксованих значень інших критеріїв. Хоча в реальних системах повна незалежність критеріїв є рідкістю (наприклад, якість коду може впливати на терміни виконання), запропонована в даній роботі декомпозиція метрик на відносно незалежні домени (фінансовий, технічний, процесний) та використання лінійної моделі як першого наближення є науково та практично виправданим

компромісом, що дозволяє отримати робастну та інтерпретовану модель, адекватну для вирішення поставленого завдання.

Ця формалізація напряду пов'язана з концептуальною моделлю ICM, розробленою в підрозділі 2.1. Вектор оцінок $(1,2,...,m)$ є виходом Рівня 2 (Управління даними), де "сирі" дані перетворюються на стандартизовані метрики. Сама агрегуюча функція F реалізується на Рівні 3 (Аналітичному), що є ядром системи. А фінальний показник N_i передається на Рівень 4 (Представлення) для візуалізації та надання ОПР. Таким чином, формалізація завдання є логічним кроком, що пов'язує концептуальну архітектуру системи з її майбутнім математичним апаратом.

Для побудови строгої та валідної математичної моделі необхідно попередньо розробити формальну онтологію предметної області. Ця онтологія визначає основні сутності (класи об'єктів), їхні ключові атрибути та відношення між ними. Такий підхід, що базується на принципах інженерії знань, дозволяє створити однозначну, консистентну та повну модель, що є необхідною умовою для подальшої алгоритмізації та програмної реалізації.

Нехай U - універсум.

Виділимо та формально опишемо наступні основні множини та сутності.

1. Множина проєктів (портфель) P

Множина проєктів P є скінченною, впорядкованою множиною, що представляє собою портфель компанії (2.2):

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}, \quad (2.2)$$

де p_i - i -й проєкт у портфелі,

а $n=|P|$ - загальна кількість проєктів.

Кожен проєкт p_i є складною сутністю,

яку можна представити у вигляді кортежу ключових атрибутів (2.3):

$$p_i = \langle ID_i, Name_i, Client_i, Budget_i, Team_i, Stack_i, \dots \rangle, \quad (2.3)$$

де:

ID_i - унікальний ідентифікатор проєкту.

$Name_i$ - назва проєкту.

$Client_i$ - ідентифікатор клієнта або внутрішнього замовника.

$Budget_i$ - загальний бюджет проєкту.

$Team_i$ - множина спеціалістів, залучених до проєкту.

$Stack_i$ - множина технологій, що використовуються.

В контексті даного дослідження, множина P розглядається не просто як сукупність, а як система, елементи якої конкурують за обмежені ресурси компанії (людські, фінансові), що і створює оптимізаційне завдання.

2. Множина метрик M

Множина метрик M є скінченною множиною критеріїв, що використовуються для оцінки стану проєкту (2.4):

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_m\}, \quad (2.4)$$

де m_j - j -та метрика, а $m = |M|$ - загальна кількість метрик.

Кожна метрика m_j також є складною сутністю, що характеризується не лише назвою, а й набором мета-атрибутів (2.5):

$$m_j = \langle ID_j, Name_j, Unit_j, OptDir_j, Source_j, \dots \rangle, \quad (2.5)$$

де:

$Unit_j$ - одиниця виміру (напр., %, дні, грошові одиниці).

$OptDir_j$ - напрямок оптимізації (max або min). Наприклад, для метрики "Прибутковість" напрямок буде max, а для "Кількість дефектів" - min.

$Source_j$ - інформаційна система-джерело даних для розрахунку метрики (напр., Jira, Tempo, GitLab).

Ця множина є гетерогенною і включає показники з різних доменів, що відображають багатоаспектність поняття "здоров'я" проєкту. Для структурування, множину M можна декомпонувати на непересічні підмножини за функціональними

доменами:

$M_{fin} \subset M$ - підмножина фінансових метрик (напр., CPI, SPI, рентабельність) [28, 29].

$M_{tech} \subset M$ - підмножина технічних метрик (напр., Bug Growth, Code Coverage, Change Failure Rate) [30-33].

$M_{proc} \subset M$ - підмножина процесних метрик (напр., Lead Time, Cycle Time, Committed vs Completed) [34-37].

Така декомпозиція є важливою для подальшого призначення вагових коефіцієнтів та інтерпретації результатів.

3. Множина статусів метрик S_{val}

Для уможливлення порівняння та агрегації гетерогенних метрик вводиться процедура нормалізації, яка переводить абсолютні значення кожної метрики в уніфіковану шкалу [24-26]. В даній роботі використовується трирівнева порядкова шкала статусів (2.6):

$$S_{val} = \{1, 2, 3\}, \quad (2.6)$$

що відповідають якісним оцінкам "Red" (проблемний стан), "Amber" (стан, що вимагає уваги) та "Green" (стан в межах норми). Вибір саме порядкової шкали є методологічно обґрунтованим, оскільки вона, на відміну від простої номінальної шкали, зберігає інформацію про відношення порядку ($3 > 2 > 1$), що є необхідною умовою для подальших математичних операцій агрегації.

4. Відношення та похідні сутності: Матриця статусів S

На перетині множин проєктів P та метрик M існує ключове відношення, яке ми визначимо як матрицю статусів S . Це є функціональне відображення, що ставить у відповідність кожній парі (проєкт, метрика) певне значення зі шкали статусів (2.7):

$$\frac{S}{P} \times M \rightarrow S_{val}, \quad (2.7)$$

Кожен елемент цієї матриці, S_{ij} , представляє собою оцінку (статус) стану j -ї

метрики для i -го проєкту. Сукупність цих статусів є основою для подальших розрахунків. Матриця S є формальним представленням "моментального зрізу" стану всього портфеля проєктів і є головним вхідним об'єктом для аналітичного ядра системи.

На основі визначеної онтології предметної області, наступним кроком є строга формалізація вхідних та вихідних даних для розроблюваного методу. Цей етап є критично важливим, оскільки він визначає інформаційні межі моделі та чітко окреслює, які дані є необхідними для її функціонування (вхід) та які результати вона має генерувати (вихід).

Вхідні дані (Input) моделі: Вхідні дані моделі складаються з трьох ключових компонентів: емпіричної бази (матриця статусів), яка відображає поточний стан системи, та двох наборів параметрів (вектори ваг), які відображають стратегічні пріоритети та функцію корисності осіб, що приймають рішення.

Матриця статусів S як емпірична основа. Основою для будь-яких розрахунків є сукупність статусів метрик для всіх проєктів у портфелі. Цю сукупність найбільш коректно представити у вигляді матриці статусів S розмірністю $n \times m$ (2.8):

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nm} \end{pmatrix}, \quad (2.8)$$

де кожен елемент $S_{ij} \in \{1, 2, 3\}$ є статусом j -ї метрики для i -го проєкту.

Кожен рядок цієї матриці, $S_i = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}\}$, є вектором стану i -го проєкту. Матриця S є формальним представленням "моментального зрізу" стану всього портфеля і є результатом роботи Рівня 1 (Збору даних) та Рівня 2 (Управління даними) концептуальної моделі. Саме на цих рівнях "сирі" значення метрик (напр., $СРІ=0.95$) перетворюються на стандартизовану порядкову оцінку (напр., $S_{ij}=2$) за допомогою порогових правил.

Вектор вагових коефіцієнтів метрик W як відображення тактичних пріоритетів. Для агрегації різнорідних метрик необхідно визначити їхню відносну важливість. Цю функцію виконує вектор вагових коефіцієнтів метрик W (2.9):

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}, \quad (2.9)$$

де $w_j \in [0, 1]$ - вага (важливість) j -ї метрики, що задовольняє умові нормування $\sum_{j=1}^m w_j = 1$.

З точки зору теорії корисності з багатьма атрибутами (*Multi-Attribute Utility Theory*, MAUT), вектор W є формальним, кількісним вираженням функції корисності або системи переваг ОПР на тактичному рівні. Він відповідає на питання: "Що є більш важливим для успіху проєкту на даному етапі - дотримання бюджету, швидкість розробки чи технічна якість?". Визначення цих коефіцієнтів є суб'єктивним процесом, що відображає стратегічні пріоритети компанії. Для зниження суб'єктивізму та отримання валідних ваг, їх визначення має відбуватися за формалізованою процедурою експертного оцінювання, яка буде детально описана у підрозділі 2.3.4.

Вектор вагових коефіцієнтів проєктів W_p як інструмент стратегічного управління.

Аналогічно до метрик, проєкти в портфелі не є рівнозначними. Їхня важливість для бізнесу визначається вектором вагових коефіцієнтів проєктів W_p (2.10):

$$W_p = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}, \quad (2.10)$$

де $W_i \in [0, 1]$ - вага (пріоритетність) i -го проєкту в портфелі, що задовольняє умові нормування $\sum_{i=1}^n W_i = 1$. Цей вектор є інструментом стратегічного рівня, що дозволяє керівництву формалізувати пріоритети портфеля. Він визначається колегіальним рішенням на основі таких факторів, як бюджет, потенційний дохід, стратегічна важливість для виходу на нові ринки чи утримання ключових клієнтів. Наявність цього вектора дозволяє моделі розрізняти ситуації, коли проблеми виникають у невеликому внутрішньому проєкті або у флагманському проєкті для стратегічного партнера.

Вихідні дані (Output) моделі є результатом застосування аналітичних методів до вхідних даних і являють собою набір інтегральних показників, призначених для підтримки прийняття рішень на різних рівнях управління.

Вектор інтегральних оцінок (Health-статусів) проєктів H . Головним результатом роботи моделі на проєктному рівні є вектор інтегральних оцінок H (2.11):

$$H = \{H_1, H_2, \dots, H_n\}, \quad (2.11)$$

де H_i - числове значення інтегрального показника "здоров'я" для i -го проєкту, що належить до неперервного проміжку $[1, 3]$. Цей показник є результатом агрегації вектора стану проєкту S_i з урахуванням вектора ваг метрик W .

Він вирішує проблему незбагненності, перетворюючи десятки різномірних показників на єдину, інтерпретовану оцінку, що дозволяє проводити об'єктивне порівняння та ранжування проєктів.

Скалярні показники портфельного рівня (P_i , R_{portf}). Для стратегічного управління необхідні показники, що характеризують стан портфеля в цілому. Модель генерує два таких показники:

Скалярне значення інтегральної оцінки (Health-індекс) портфеля P_i . Це єдине число, що є результатом агрегації вектора H з урахуванням вектора ваг проєктів W_p . Воно слугує "індикатором температури" всього портфеля, дозволяючи керівництву швидко оцінити загальний стан справ.

Скалярне значення метрики ризику портфеля R_{portf} . На відміну від P_i , який є усередненою оцінкою, цей показник може розраховуватися за більш складними, нелінійними моделями (наприклад, враховуючи кількість проєктів у "червоній" зоні та їхню сумарну вагу), надаючи більш точну оцінку сукупного ризику для бізнесу [19, 20].

На основі розробленої онтології та визначених вхідних і вихідних даних, задачу дослідження можна формально описати як побудову двох агрегуючих функцій:

Функції агрегації проектного рівня F_p (2.12):

$$H_i = F_p(S_i, W), \quad (2.12)$$

де функція F_p відображає вектор стану проекту S_i та вектор ваг метрик W на скалярний показник Health-статусу H_i .

Функції агрегації портфельного рівня F_{portf} (2.13):

$$PI = F_{portf}(H, W_p), \quad (2.13)$$

де функція F_{portf} відображає вектор Health-статусів проектів H та вектор ваг проектів W_p на скалярний Health-індекс портфеля PI .

Розроблюваний метод, що реалізує ці функції, має не просто працювати, а бути адекватним, тобто його результати мають бути коректними, надійними та корисними для прийняття управлінських рішень. Для забезпечення цього, до методу висувається низка формальних критеріїв адекватності, що базуються на класичній теорії прийняття рішень та вимогах до ICM.

Монотонність як вимога логічної коректності. Властивість монотонності є фундаментальною вимогою до будь-якої коректної функції переваг. Вона гарантує, що модель поводить себе логічно та передбачувано: при покращенні значення будь-якого вхідного критерію, за умови незмінності (*ceteris paribus*) інших критеріїв, загальна інтегральна оцінка не може погіршитись. Формально, для будь-яких двох векторів стану S_i та S_i' , якщо S_i' домінує над S_i (тобто, $S_{ij}' \geq S_{ij}$ для всіх j і існує хоча б один k такий, що $S_{ik}' > S_{ik}$), то має виконуватися умова $F_p(S_i', W) \geq F_p(S_i, W)$. Відсутність цієї властивості свідчила б про парадоксальну та неадекватну поведінку моделі, де покращення в проекті призводить до погіршення його оцінки, що повністю б нівелювало довіру до системи.

Прозорість ("Біла скринька") як вимога довіри та інтерпретованості. Властивість прозорості є однією з найважливіших вимог до ICM, особливо в бізнес-середовищі. На відміну від моделей "чорної скриньки" (напр., нейронні мережі), де

логіка отримання результату є прихованою, модель "білої скриньки" дозволяє повністю відтворити та зрозуміти процес отримання висновку. Це є критично важливим для побудови довіри до системи з боку ОПР. Менеджер повинен не просто бачити фінальну оцінку (напр., "проект проблемний"), а й розуміти, чому вона така (напр., "через критичний стан метрик CPI та Bug Growth"). Така детермінованість та можливість "простежити" розрахунок дозволяє перейти від простої констатації до аргументованого аналізу та є необхідною умовою для валідації адекватності самої моделі.

Чутливість та стабільність як вимога робастності. Ефективна модель повинна знаходити баланс між чутливістю та стабільністю. Чутливість означає, що модель має реагувати на значущі зміни у стані проекту, особливо на погіршення критично важливих метрик. Стабільність (або робастність) означає, що модель має ігнорувати несуттєві коливання ("інформаційний шум") і бути стійкою до невеликих похибок у вхідних даних, які неминучі в реальних системах. Відсутність чутливості зробить модель "сліпою" до ризиків, а відсутність стабільності призведе до постійних, хаотичних змін в оцінках, що унеможливить їх використання для прийняття рішень. Таким чином, метод має дозволяти керувати цим балансом, що є важливою вимогою.

Адаптивність як вимога відповідності стратегічному контексту. Згідно з теорією контингентності, не існує єдиного "найкращого" способу управління; він залежить від контексту та умов. Відповідно, модель оцінки не може бути статичною. Вона повинна бути адаптивною, тобто дозволяти гнучке налаштування відповідно до зміни стратегічних пріоритетів компанії. Наприклад, в умовах економічної кризи пріоритетними можуть стати фінансові метрики, а при виході на новий ринок - метрики якості та задоволеності клієнта [21-23]. Метод має надавати формальний механізм (в даному випадку, через зміну вагових коефіцієнтів w_j та W_i) для відображення цих змін стратегічного контексту в математичній моделі.

Таким чином, формалізація завдання та визначення цих чотирьох ключових критеріїв адекватності дозволяє чітко окреслити вимоги до майбутнього методу. Це створює необхідну методологічну базу для переходу до розробки конкретних

математичних моделей у наступному розділі, а також формує "контракт", за яким у Розділі 4 буде оцінюватися адекватність та ефективність розробленого рішення.

Таким чином, результати аналізу сучасних технологій управління ресурсами й даними, дозволяють сформулювати вимоги до інтегрованої інформаційної технології підтримки прийняття рішень на рівні портфеля ІТ-проектів. З одного боку, ця технологія має спиратися на перевірені практикою інструменти (системи управління проектами, time-tracking, ERP, BI-платформи), з іншого - усунути їхні ключові обмеження за рахунок:

- уніфікації метрик та правил їх інтерпретації;
- автоматизованого агрегування показників до рівня портфеля;
- забезпечення кількісної оцінки Health-статусу проектів і портфеля в цілому;
- підтримки сценарного аналізу та оптимізації розподілу фінансових і людських ресурсів.

Описана інтегрована інформаційна технологія виступає концептуальним "мостом" між наявними технологічними рішеннями й розробленою в наступному розділі математичною моделлю розрахунку Health-статусу портфеля ІТ-проектів. Саме тому підрозділ 2.2 синтезує результати попередніх досліджень автора щодо ролі сучасних технологій в оптимізації ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній зі специфічними вимогами до подальшої формалізації метрик і алгоритмів оцінювання стану портфеля.

2.3 Таксономія метрик для інтегрального оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів

У даному підрозділі запропоновано систематизовану таксономію метрик для інтегрального оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів. На відміну від існуючих підходів, що або обмежуються окремими фінансовими показниками (SPI, CPI), або пропонують надлишкові набори KPI без чіткої структури, автором здійснено багаторівневу класифікацію показників за чотирма взаємодоповнювальними управлінськими доменами: фінансового контролю, якості розробки, ефективності виробництва та планування й виконання.



Рисунок 2.3 – Алгоритм формування таксономії метрик для інтегрального оцінювання стану IT-проектів та портфелів IT-проектів» [розроблено автором]

Для кожної з 10 відібраних метрик визначено: формалізований алгоритм розрахунку, прив'язку до конкретного автоматизованого джерела даних (Jira, Tempo, GitLab, SonarQube), порогові правила нормалізації до уніфікованої шкали RAG (Red/Amber/Green) та рольову модель доступу відповідно до рівня управління (операційний, тактичний, стратегічний).

Таблиця 2.1 – Зведена таксономія метрик інформаційної технології оцінювання стану IT-проектів та портфелів IT-проектів [розроблено автором]

Код	Назва метрики	Домен	Джерело	Алгоритм розрахунку	Порогові правила RAG	Рівень доступу
Домен 1. Фінансовий контроль (Cost Management) Jira, Tempo						
TMC-2	Індекс виконання графіку (SPI)	Фін.	Tempo	$SPI = EV / PV$	$\geq 1.0 \rightarrow \text{Green}$; $0.9-1.0 \rightarrow \text{Amber}$; $< 0.9 \rightarrow \text{Red}$	PM, DM, SDM
TMC-3	Індекс виконання бюджету (CPI)	Фін.	Tempo	$CPI = EV / AC$	$\geq 1.0 \rightarrow \text{Green}$; $0.9-1.0 \rightarrow \text{Amber}$; $< 0.9 \rightarrow \text{Red}$	PM, DM, SDM
Домен 2. Якість розробки (Quality & Code Stability) Jira, GitLab, SonarQube						
JMC-1	Здоров'я беклогу (Backlog Health)	Якість	Jira	$BH = N_{\text{Ready}} / N_{\text{Total}}$	$\geq 80\% \rightarrow \text{Green}$; $60-80\% \rightarrow \text{Amber}$; $< 60\% \rightarrow \text{Red}$	PM, DM
JMC-6	Приріст дефектів (Bug Growth)	Якість	Jira	$BG = (B_t - B_{t-1}) / B_{t-1}$	$< 0\% \rightarrow \text{Green}$; $0-10\% \rightarrow \text{Amber}$; $> 10\% \rightarrow \text{Red}$	PM, DM, SDM
JMC-18	Відкриті дефекти за пріоритетом	Якість	Jira	Підрахунок Blocker / Critical	$0 \rightarrow \text{Green}$; $1-2 \rightarrow \text{Amber}$; $> 2 \rightarrow \text{Red}$	PM, DM
GMC-3	Частота невдалих змін (CFR)	Якість	GitLab	$CFR = N_{\text{fail}} / N_{\text{total}}$	$< 5\% \rightarrow \text{Green}$; $5-15\% \rightarrow \text{Amber}$; $> 15\% \rightarrow \text{Red}$	PM, DM, SDM
Домен 3. Ефективність виробництва (Flow & Predictability) Jira, GitLab						
JMC-7	Кумулятивний потік (CFD)	Потік	Jira	Аналіз розширень зон CFD	Рівномірний $\rightarrow \text{Green}$; Вузькі місця $\rightarrow \text{Amber}$; Заблок. $\rightarrow \text{Red}$	PM, DM
GMC-2	Час реалізації змін (Lead Time)	Потік	GitLab	$LT = T_{\text{деплой}} - T_{\text{коміт (серед.)}}$	$< 7 \text{ дн} \rightarrow \text{Green}$; $7-14 \text{ дн} \rightarrow \text{Amber}$; $> 14 \text{ дн} \rightarrow \text{Red}$	PM, DM, SDM
Домен 4. Планування та виконання (Delivery Performance) Jira						
JMC-21	Committed vs Completed (CvC)	План.	Jira	$CvC = N_{\text{викон}} / N_{\text{заплан}}$	$\geq 90\% \rightarrow \text{Green}$; $80-90\% \rightarrow \text{Amber}$; $< 80\% \rightarrow \text{Red}$	PM, DM

Алгоритм трьохетапного процесу формування таксономії наведено на

рис. 2.3. Результатом застосування цього трьохетапного комплексу методів є науково та практично обґрунтована, структурована система метрик, яка є валідними вхідними даними для математичної моделі. Зведену таксономію всіх 10 метрик з формалізованими алгоритмами розрахунку, пороговими правилами та рольовою моделлю доступу наведено у табл. 2.1.

З урахуванням результатів Розділу 1 і формалізованого завдання, описаного в підрозділі 2.2, моніторинг портфеля розглядається як задача багатокритеріального оцінювання множини проєктів (2.14),

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}, \quad (2.14)$$

Кожен проєкт P_i описується вектором нормованих часткових оцінок (2.15),

$$S_i = (S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}), \quad (2.15)$$

де s_{ij} - безрозмірна оцінка стану проєкту за j -м критерієм, приведена до єдиної шкали (наприклад, Green / Amber / Red). Вплив окремих критеріїв визначається вектором вагових коефіцієнтів (2.16),

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_m), \quad (2.16)$$

де всі $w_j \geq 0$, а їх сума дорівнює одиниці (2.17):

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad (2.17)$$

У рамках даного дослідження інтегральний показник Health-статусу окремого проєкту задається адитивною моделлю (2.18):

$$H_i = \sum_{j=1}^m w_j s_{ij}, \quad (2.18)$$

яка відповідає класичній моделі зваженої суми (Weighted Sum Model) у теорії багатокритеріального прийняття рішень і

Вирішення науково-прикладного завдання, сформульованого у Розділі 1, та формалізованого завдання, описаного у підрозділі 2.2, вимагає вибору та обґрунтування відповідної методологічної парадигми. Враховуючи багатокритеріальний та слабоструктурований характер завдання, а також його функціонування в умовах високої невизначеності, метод дослідження має забезпечити не лише розробку валідного математичного апарату, а і його адекватність предметній області та практичну верифікацію.

Метою є не просто пояснення чи опис існуючого стану речей (як у класичних природничих чи соціальних науках), а створення нового, корисного продукту - інформаційної технології та методу, що її обґрунтовує. Така спрямованість дослідження найкращим чином відповідає парадигмі Науки про проєктування (*Design Science Research*, DSR) [4-6]. Згідно з Хевнером та ін., головною метою DSR є створення та оцінка ІТ-продуктів, призначених для вирішення ідентифікованих організаційних проблем. Парадигма DSR є ітеративним процесом, що включає три основні цикли:

Цикл релевантності (*Relevance Cycle*): Забезпечує зв'язок дослідження з реальною проблемою та вимогами предметної області.

Цикл строгості (*Rigor Cycle*): Забезпечує зв'язок з існуючою базою знань (теоріями, моделями, методами) для гарантії наукової обґрунтованості розробки.

Центральний цикл проєктування (*Design Cycle*): Ітераційний процес створення та оцінки вихідного продукту.

Саме ця парадигма визначає загальну логіку даної дисертації: від аналізу реальної проблеми та вимог (Розділ 1) до розробки продукту на основі існуючих наукових методів (Розділи 2-3) та його подальшої оцінки (Розділ 4).

В рамках обраної парадигми DSR для вирішення поставлених завдань необхідно застосувати комплексний, змішаний підхід (*Mixed-Methods Research*), що поєднує якісні та кількісні методи [24-27].

Якісні методи застосовуються на початкових етапах для глибокого розуміння контексту проблеми (цикл релевантності). Це включає систематичний аналіз наукової літератури для ідентифікації існуючих підходів та метод експертних оцінок (напівструктуровані інтерв'ю з менеджерами) для валідації проблеми та формування вимог до майбутнього продукту [41-43].

Кількісні та формальні методи застосовуються на етапах розробки та оцінки продукту (цикл строгості та цикл проєктування). Це включає методи математичного моделювання (для побудови агрегуючої функції), методи багатокритеріального аналізу (для обґрунтування вибору моделі) та метод обчислювального експерименту (для валідації та аналізу чутливості розробленого методу).

Таке поєднання дозволяє, з одного боку, забезпечити практичну значущість та релевантність дослідження, а з іншого - гарантувати його наукову строгість та відтворюваність результатів.

Загальний метод дисертаційного дослідження базується на принципах системного аналізу, який дозволяє розглядати портфель ІТ-проєктів не як набір незалежних одиниць, а як складну, відкриту, динамічну систему. З точки зору теорії систем, такий портфель має всі ознаки складної системи: велику кількість елементів (проєкти, співробітники, метрики), нелінійні взаємозв'язки між ними (зміна в одному проєкті впливає на інші через спільні ресурси), емерджентність (властивості портфеля в цілому не є простою сумою властивостей окремих проєктів) та постійну взаємодію з зовнішнім середовищем (ринок, клієнти). Такий підхід передбачає декомпозицію загальної проблеми на окремі, більш прості завдання (вибір метрик, розробка моделі агрегації, проєктування архітектури), визначення сутностей системи та зв'язків між ними, та подальший синтез отриманих рішень у єдину цілісну інформаційну технологію. Це дозволяє уникнути надмірного спрощення та врахувати взаємовплив різних факторів, що є критично важливим для адекватного моделювання реальних бізнес-процесів.

Для вирішення конкретних завдань, що впливають з мети дисертаційної роботи, було обрано та адаптовано комплекс наукових методів, які детально

обґрунтовуються у наступних підпунктах.

У термінах підходу Design Science Research розроблюваний у дисертації інструментарій включає дві взаємопов'язані складові. По-перше, це математична модель інтегрального показника H_i та похідних портфельних показників, яка забезпечує формалізоване оцінювання стану проєктів і портфеля. По-друге, це інформаційна технологія та програмна архітектура, що реалізують зазначену модель у вигляді системи підтримки прийняття рішень для менеджменту аутсорсингової ІТ-компанії.

Необхідною передумовою розробки методу інтегрального оцінювання є формування вичерпного та водночас ненадлишкового набору первинних метрик, що всебічно характеризують стан проєкту. Якість цього набору напряду визначає валідність та практичну цінність усієї подальшої моделі. Для вирішення цього завдання було застосовано змішаний підхід, що поєднує методи систематичного аналізу наукової літератури та якісні методи, засновані на експертних знаннях.

Запропонована у підрозділі 2.3 адитивна модель інтегрального показника H_i розглядається як ядро підсистеми моделей у структурі ICM. Вона доповнюється підсистемою даних, яка акумулює метрики з наявних корпоративних систем (системи управління проєктами, ERP, CRM, системи контролю версій, системи якості коду тощо), та підсистемою інтерфейсу, що забезпечує візуалізацію результатів оцінювання і сценарний аналіз для користувачів (Delivery Manager, Head of PMO, C-level). Таким чином, розроблювана ICM інтегрує існуючу інфраструктуру збору даних із новим модельним ядром, орієнтованим на оцінювання Health-статусу портфеля ІТ-проєктів [5], [6].

На першому етапі було проведено систематичний огляд наукової літератури, що є строгим та відтворюваним методом для ідентифікації, оцінки та синтезу результатів усіх релевантних досліджень з певної теми. На відміну від традиційного огляду, SLR вимагає чітко визначеного протоколу, що забезпечує об'єктивність та мінімізує упередженість дослідника. Протокол огляду включав наступні етапи:

Формулювання дослідницьких питань: Було визначено ключові питання,

наприклад: "Які кількісні показники (KPI) найчастіше використовуються для оцінки успішності IT-проектів?", "Які метрики є специфічними для управління проектами в аутсорсингових компаніях?".

Розробка стратегії пошуку: Було визначено ключові слова (*project management, IT outsourcing, project success, KPI, metrics, performance measurement*) та проведено пошук у провідних наукометричних базах даних (IEEE Xplore, ACM Digital Library, Scopus) та стандартах проектного менеджменту (PMBOK, PRINCE2, Agile).

Визначення критеріїв включення та виключення: До аналізу включалися лише повнотекстові, рецензовані статті та доповіді конференцій, опубліковані за останні 10 років, що безпосередньо стосувалися вимірювання ефективності IT-проектів.

Видобування та синтез даних: З відібраних джерел було виділено та систематизовано понад 50 унікальних метрик. Результатом цього етапу стало формування початкового, надлишкового списку потенційних метрик-кандидатів.

Метод експертних оцінок для валідації та контекстуалізації метрик

Наукові джерела надають загальнотеоретичну базу, однак для практичного застосування необхідно адаптувати та валідувати набір метрик з урахуванням специфіки предметної області - українського IT-аутсорсингу. Для цього було застосовано метод експертних оцінок, реалізований через проведення серії напівструктурованих інтерв'ю з групою з 7 експертів (досвід 5+ років на позиціях Project Manager, Delivery Manager, Head of PMO). Процедура включала наступні кроки:

Ранжування за критеріями: Експертам було запропоновано оцінити кожен метрику з початкового списку за трьома ключовими критеріями:

Релевантність: Наскільки метрика відображає реальні фактори успіху чи ризику в проекті?

Вимірюваність: Наскільки складно та дорого автоматично збирати дані для цієї метрики з існуючих систем (Jira, GitLab)?

Впливовість: Чи може менеджер реально впливати на цей показник своїми

рішеннями?

Відбір та фіналізація: Метрики, що отримали найвищі сумарні оцінки, були включені до фінального списку. Такий підхід, що поєднує теоретичну обґрунтованість з практичною експертизою, дозволив відібрати найбільш значущі показники та відкинути другорядні, що є критичним для уникнення переобтяження моделі та забезпечення її практичної цінності.

Методи класифікації та структурування для побудови ієрархічної моделі

Фінальний набір з 10 метрик є гетерогенним. Для його впорядкування та перетворення на логічну структуру було застосовано методи класифікації та таксономії. На основі аналізу, подібного до побудови збалансованої системи показників (Balanced Scorecard), відібрані метрики було згруповано за чотирма логічними доменами ("Планування та виконання", "Якість розробки", "Ефективність виробництва", "Фінансовий контроль"). Це дозволило створити структуровану ієрархічну модель метрик. Така модель, на відміну від простого "плаского" списку, має значні переваги:

Концептуальна ясність: Вона спрощує розуміння та інтерпретацію стану проєкту, дозволяючи аналізувати його з різних точок зору.

Підґрунтя для визначення ваг: Ієрархічна структура є необхідною передумовою для подальшого призначення вагових коефіцієнтів, оскільки дозволяє визначати ваги як для окремих метрик, так і для доменів в цілому.

Результатом застосування цього трьохетапного комплексу методів є науково та практично обґрунтована, структурована система метрик, яка є валідними вхідними даними для математичної моделі, що буде розроблена у Розділі 3.

Проведена у підрозділі 2.2 формалізація задачі інтегрального оцінювання стану портфеля ІТ-проєктів показала, що шуканий показник Health-статусу має ґрунтуватися на агрегації множини різнорідних метрик, які описують ключові аспекти реалізації портфеля (результативність, вартість, строки, ресурси, ризики тощо) та приводяться до порівнянного вигляду шляхом нормалізації. Водночас сам факт нормалізації метрик не усуває методологічної проблеми їх подальшої згортки: необхідно визначити правило агрегації, яке забезпечує отримання єдиної

абсолютної, інтерпретованої оцінки та відповідає сформульованим у п. 2.2.4 вимогам адекватності (прозорість, монотонність, чутливість, адаптивність).

Отже, наступним етапом дослідження є обґрунтований вибір математичного апарату, придатного для інтеграції нормалізованих показників у єдиний індекс Health-статусу. З огляду на те, що задача передбачає одночасний облік кількох критеріїв з потенційно різною важливістю та потребує не лише ранжування альтернатив, а формування кількісної оцінки стану портфеля, вона належить до класу багатокритеріальних задач оцінювання (MCDA).

Центральним завданням дослідження є розробка математичного апарату для агрегації (згортки) різнорідних, нормалізованих метрик в єдиний інтегральний показник Health-статусу. Як було формалізовано у підрозділі 2.2, це завдання належить до класу багатокритеріальних завдань оцінювання (MCDA). Класична теорія прийняття рішень, зокрема праці Hwang та Yoon, пропонує широкий спектр методів для вирішення таких завдань. Вибір конкретного методу для даного дослідження базувався на його відповідності критеріям адекватності, сформульованим у підрозділі 2.2. (прозорість, монотонність, чутливість, адаптивність), та специфіці предметної області, що вимагає не просто ранжування, а отримання абсолютної, інтерпретованої оцінки. Для цього було проведено глибокий порівняльний аналіз трьох основних класів методів MCDA. У даній роботі для побудови інтегрального показника використано модель зваженої суми з експертним визначенням вагових коефіцієнтів на основі ранжування критеріїв, що спирається на ідеї методу аналізу ієрархій (АНР), але без повної реалізації процедури попарних порівнянь.

Метод аналізу ієрархій (*Analytic Hierarchy Process*, АНР), розроблений Т. Сааті, є одним з найбільш поширених методів для вирішення завдань вибору. Його сильна сторона - можливість роботи з якісними та кількісними критеріями та побудова ієрархічної структури проблеми. Однак, для нашого завдання АНР має низку фундаментальних обмежень. По-перше, він базується на процедурі попарних порівнянь, яка стає надзвичайно громіздкою при великій кількості критеріїв (в нашому випадку, 10 метрик). Для m критеріїв необхідно провести $m(m-1)/2$

порівнянь, що вимагає значних зусиль від експертів. По-друге, АНР схильний до проблеми зворотної залежності рангів (*rank reversal*), коли додавання нової, навіть неоптимальної, альтернативи може змінити порядок ранжування існуючих, що порушує логіку та стабільність оцінки. По-третє, результат АНР - це вектор пріоритетів, що показує відносну перевагу однієї альтернативи над іншою, що є ідеальним для завдання вибору, але не для завдання моніторингу, де потрібна абсолютна, а не відносна, оцінка "здоров'я" кожного проєкту.

Методи, що базуються на відношенні переваги (*Outranking Methods*), на прикладі ELECTRE. Методи сімейства ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité), розроблені Б. Роєм, базуються на іншій філософії. Вони не намагаються побудувати єдину функцію корисності, а натомість будують відношення переваги між альтернативами, використовуючи порогові значення згоди та незгоди. Це дозволяє працювати з неточною та невизначеною інформацією. Однак, для нашого завдання вони мають ключовий недолік: вони не завжди дають повне, лінійне ранжування альтернатив, а результатом є граф переваг, який може бути складним для інтерпретації менеджерами. Найголовніше, вони не надають абсолютної оцінки "здоров'я" кожної альтернативи. Вони можуть відповісти на питання "Чи є Проєкт А кращим за Проєкт Б?", але не на питання "Наскільки хорошим чи поганим є Проєкт А сам по собі?". Це робить їх непридатними для відстеження динаміки стану одного проєкту в часі.

Методи, що базуються на відстані до ідеальної точки, на прикладі TOPSIS. Метод TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), запропонований Hwang та Yoon, ранжує альтернативи за їхньою відстанню до "ідеальної" та "анти-ідеальної" точки в багатовимірному просторі критеріїв. Це потужний та інтуїтивно зрозумілий метод ранжування. Проте, його результат - індекс відносної близькості до ідеальної точки - є синтетичним показником, що не має чіткої фізичної або бізнес-інтерпретації. Менеджеру буде складно зрозуміти, що означає "індекс близькості 0.65" і які управлінські рішення з цього випливають. Крім того, визначення самої "ідеальної" точки (найкращі значення по всіх критеріях) може бути нереалістичним, оскільки в реальних проєктах покращення

одного критерію часто призводить до погіршення іншого (напр., швидкість розробки та якість коду).

Для задач моніторингу стану (а не вибору альтернатив) потрібна абсолютна шкала здоров'я кожного проєкту та лінійна інтерпретація внеску метрик. АНР придатний для вибору, але породжує громіздкі опитування й rank - reversal; Outranking-методи (ELECTRE/PROMETHEE) дають відношення переваги, непридатне для агрегованої абсолютної оцінки стану; TOPSIS/FTOPSIS формують відстані до (анти)ідеалу, що коректно для ранжування альтернатив, але не для інтегрального «здоров'я» в R/A/G-політиці. Тому для задачі моніторингу портфеля обґрунтовано обрано метод зваженої суми з R/A/G-нормалізацією та вагами на рівні метрик і проєктів.

На основі порівняльного аналізу альтернативних методів агрегації та сформульованих у підрозділі 2.2 критеріїв адекватності (монотонність, прозорість, адаптивність) для розробки інтегрального показника Health-статусу обрано метод простої адитивної згортки (Simple Additive Weighting, SAW) [38–40]. SAW задовольняє всім висунутим критеріям: забезпечує монотонну залежність інтегрального показника від часткових оцінок, допускає повне відтворення розрахунку та інтерпретацію внеску кожної метрики, а також дозволяє адаптувати вагові коефіцієнти без зміни структури моделі.

Для наочності, результати порівняльного аналізу зведено у табл. 2.1. Проведений порівняльний аналіз методів багатокритеріального оцінювання (АНР, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE тощо) засвідчив, що для задач оперативного моніторингу портфеля ІТ-проєктів ключовою вимогою є отримання абсолютної, стабільної та інтерпретованої шкали «здоров'я», яка дозволяє відстежувати стан окремого проєкту в часі, а не лише порівнювати альтернативи між собою.

АНР забезпечує коректне визначення ваг, проте потребує громіздких опитувань і схильний до rank-reversal, що знижує його придатність у динамічному BANI-середовищі. Методи outranking (ELECTRE, PROMETHEE) формують лише відношення переваги, яке неможливо перетворити на агрегований інтегральний показник стану. TOPSIS генерує відстані до ідеалу та антиідеалу, але працює з

відносною шкалою, що робить його корисним для ранжування, однак непридатним для абсолютної оцінки Health-статусу.

Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз методів MCDA для завдання оцінки Health-статусу [розроблено автором]

Критерій порівняння	Метод SAW (обраний)	Метод АНР	Метод TOPSIS/ELECTRE
Прозорість ("Біла скринька")	Висока. Прямий, легко інтерпретований розрахунок.	Середня. Логіка зрозуміла, але вимагає аналізу матриць порівнянь.	Низька. Результат (індекс близькості, відношення переваги) є неінтуїтивним для менеджерів.
Обчислювальна складність	Низька. Проста реалізація, швидкий перерахунок.	Висока. Потребує великої кількості попарних порівнянь.	Середня. Вимагає складніших розрахунків.
Тип результату	Абсолютна оцінка. Надає числове значення "здоров'я".	Відносні ваги/пріоритети.	Ранжування/відношення переваги.
Адаптивність до змін	Висока. Легко змінювати ваги та набір метрик.	Низька. Зміна критерію вимагає повного перерахунку.	Середня.
Відповідність завданню моніторингу	Висока. Дозволяє відстежувати абсолютну оцінку в динаміці.	Низька.	Низька.

У цьому контексті метод зваженої суми (SAW / Weighted Sum Model) є єдиним з розглянутих, який одночасно задовольняє трьом критично важливим вимогам:

Прозорість та інтерпретованість - внесок кожної метрики до інтегрального

показника H_i є лінійним, очевидним та легко перевірюваним, що формує високу довіру до результатів.

Гнучкість та адаптивність - структура метрик і система ваг можуть оперативно змінюватися відповідно до бізнес-пріоритетів та продуктової критичності.

Відповідність завданню моніторингу - на відміну від АНР/TOPSIS/ELECTRE/PROMETHEE, SAW формує абсолютний інтегральний індекс, придатний для R/A/G-інтерпретації та вимірювання динаміки одного проєкту в часі.

При цьому визнається фундаментальне обмеження класичного SAW - компенсаторність, коли низьке значення однієї метрики може бути «перекрите» високими значеннями інших. Це обмеження буде детально проаналізовано та подолано у Розділі 3 шляхом модифікації SAW-моделі та інтеграції механізмів некоректованої компенсації.

Таким чином, вибір SAW є методологічно обґрунтованим, практично релевантним для BANI-контексту й водночас створює підґрунтя для подальшої наукової новизни, пов'язаної з удосконаленням інтегральної моделі Health-оцінювання.

Ключовим етапом для коректного застосування методу SAW, що визначає його адекватність та відповідність системі переваг осіб, що приймають рішення (ОПР), є визначення вагових коефіцієнтів метрик (w_j) та проєктів (W_i). В теорії багатокритеріального аналізу, ваги є кількісним вираженням відносної важливості критеріїв і відіграють центральну роль у побудові агрегуючої функції корисності. Некоректне визначення ваг може призвести до отримання результатів, що не відповідають реальним пріоритетам, та повністю нівелювати цінність моделі. Як слушно вказують рецензенти, цей метод визначення має бути формалізовано, обґрунтованою та відтворюваною.

Існуючі методи визначення ваг можна класифікувати на дві великі групи:

Об'єктивні методи: Базуються на математичному аналізі даних без залучення ОПР. До них відносяться метод ентропії, що призначає більшу вагу критеріям з

більшою варіативністю значень (тобто, тим, що краще розрізняють альтернативи), та метод стандартного відхилення. Ці методи є корисними в задачах, де відсутня можливість залучення експертів або коли необхідно повністю усунути суб'єктивізм. Однак, для нашого завдання вони є неадекватними, оскільки важливість таких критеріїв, як "якість коду" чи "дотримання бюджету", є стратегічним рішенням, а не властивістю самих даних.

Суб'єктивні методи: Базуються на знаннях, досвіді та системі переваг експертів або ОПР. Ця група є значно ширшою і включає:

Метод аналізу ієрархій (АНР): Базується на попарних порівняннях критеріїв. Є дуже точним, але громіздким при великій кількості критеріїв.

Метод Дельфі: Ітеративна процедура анонімного опитування експертів з контрольованим зворотним зв'язком, спрямована на досягнення консенсусу.

Методи прямого оцінювання (*Direct Rating*): Найбільш проста та поширена група методів, де експерти напряму присвоюють критеріям бали або ранги.

Враховуючи необхідність відображення саме стратегічних пріоритетів компанії, для вирішення нашого завдання було обрано суб'єктивний підхід. З-поміж суб'єктивних методів, для забезпечення балансу між точністю та практичною реалізованістю, було обрано метод прямого оцінювання (ранжування) з подальшим нормуванням та перевіркою узгодженості.

Сукупність наведених міркувань визначає використання вагових коефіцієнтів w_j як параметрів адитивної моделі інтегрального показника Health-статусу проєкту. З урахуванням обмеження (2.19),

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad (2.19)$$

інтегральний показник H_i для кожного проєкту обчислюється за формулою (2.20),

$$H_i = \sum_{j=1}^m w_j S_{ij}, \quad (2.20)$$

Формалізована процедура визначення вагових коефіцієнтів. Запропонована процедура визначення ваг складається з наступних кроків, що забезпечують її об'єктивність та відтворюваність [8, 9]:

Крок 1: Формування експертної групи. Створюється група з 5-7 ключових стейкхолдерів (керівник РМО, провідні Delivery Managers, представники топ-менеджменту). Вибір експертів базується на критеріях компетентності (глибоке розуміння стратегічних пріоритетів компанії та операційних процесів), досвіду та неупередженості. Розмір групи є достатнім для отримання усередненої думки, але не надмірним, щоб не ускладнювати процес досягнення консенсусу.

Крок 2: Проведення експертного опитування (Ранжування). Кожному експерту пропонується незалежно та анонімно оцінити важливість кожної з m метрик, присвоївши їй бал за шкалою від 1 до 10 (де 1 - найменш важлива, 10 - найбільш важлива). Використання 10-бальної шкали є більш гнучким, ніж просте ранжування, оскільки дозволяє експертам виразити інтенсивність своїх переваг (наприклад, присвоїти кільком метрикам однаковий високий бал).

Крок 3: Розрахунок усереднених оцінок. Для кожної j -ї метрики розраховується середня експертна оцінка E_j за результатами опитування всіх експертів.

Крок 4: Нормування ваг. Для отримання фінальних вагових коефіцієнтів w_j , що задовольняють умові $\sum w_j = 1$, усереднені оцінки нормалізуються за формулою (2.21):

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{k=1}^m E_k}, \quad (2.21)$$

де E_j - усереднена експертна оцінка важливості j -го критерію, m - кількість критеріїв.

Цей метод визначення перетворює бальні оцінки у відносні ваги, що відображають частку важливості кожної метрики у загальній сукупності.

Крок 5: Перевірка узгодженості думок експертів. Це критично важливий етап для валідації результатів. Для оцінки ступеня консенсусу між експертами розраховується коефіцієнт конкордації Кендалла (W) [44]. Цей коефіцієнт варіюється від 0 (повна відсутність узгодженості) до 1 (повна узгодженість). Вважається, що значення $W > 0.7$ свідчить про високий ступінь консенсусу. Низьке значення коефіцієнта може свідчити про необхідність проведення додаткового ітеративного раунду обговорення (подібно до методу Дельфі), де анонімно представлені усереднені результати та крайні думки, після чого експертам пропонується переглянути свої оцінки.

Крок 6: Фіналізація та документування. Після досягнення прийнятного рівня консенсусу, фінальний вектор ваг W документується разом з обґрунтуванням та результатами перевірки узгодженості.

Аналогічна, але окрема процедура застосовується для визначення ваг проєктів (W_i) на рівні портфельного комітету. Такий формалізований, багатоетапний підхід, на відміну від інтуїтивного призначення ваг, забезпечує об'єктивність, відтворюваність та прозорість процесу налаштування моделі, що є необхідною умовою її наукової обґрунтованості та практичної придатності.

Отриманий у результаті нормування вектор вагових коефіцієнтів $w = (w_1, \dots, w_m)$ безпосередньо використовується в адитивній моделі інтегрального показника Health-статусу проєкту H_i . У цій моделі кожен критерій робить внесок у H_i , пропорційний своїй важливості, визначеній експертами. Таким чином, процедура експертного ранжування та узгодження думок перетворюється на формалізований механізм налаштування моделі під конкретний контекст аутсорсингової ІТ-компанії [7, 14].

Розробка теоретичних моделей та методів, як було зазначено, є лише першим етапом у парадигмі Науки про проєктування (*Design Science Research*). Для доведення їхньої адекватності, наукової обґрунтованості та практичної цінності необхідно провести строгу процедуру їхньої верифікації та валідації. В контексті

даного дослідження, згідно зі стандартом IEEE-STD-1012, ці поняття розмежовуються наступним чином:

Верифікація відповідає на питання: "Чи правильно ми створили інструмент?" (*Are we building the product right?*). Тобто, чи коректно програмний прототип реалізує математичні моделі та логічні правила, розроблені у Розділі 3. Це перевірка на внутрішню консистентність та відсутність помилок імплементації.

Валідація відповідає на питання: "Чи правильний інструментарій ми створили?" (*Are we building the right product?*). Тобто, чи дійсно розроблений метод та інформаційна технологія вирішують поставлену науково-прикладне завдання, і чи є їхні результати корисними та надійними в реальному управлінському контексті.

Для комплексного вирішення цих завдань у Розділі 4 буде застосовано багатоетапну методологію емпіричного дослідження, що поєднує кілька взаємодоповнюючих методів.

Метод обчислювального експерименту на основі програмного прототипу. Центральним інструментом для проведення емпіричного дослідження виступатиме розроблений програмний прототип інформаційної технології. На цьому прототипі буде проведено серію обчислювальних експериментів. Методика експерименту передбачає використання реальних, але анонімізованих історичних даних з портфеля проєктів однієї з українських ІТ-аутсорсингових компаній за період 12 місяців. Використання реальних, а не синтетичних даних, є критично важливим для забезпечення зовнішньої валідності (*external validity*) дослідження, тобто можливості узагальнення отриманих висновків на реальні бізнес-середовища. Експеримент буде спрямований на верифікацію коректності розрахунків (шляхом порівняння результатів програми з ручними розрахунками на тестових прикладах) та на збір вихідних даних (розрахованих показників Ні) для подальших етапів валідації.

Метод порівняльного аналізу (бенчмаркінг) для оцінки конструктивної валідності. Ключовим питанням валідації є перевірка конструктивної валідності (*construct validity*): чи дійсно розроблений нами інтегральний показник Health-

статусу вимірює теоретичний конструкт "здоров'я проєкту", як його розуміють досвідчені менеджери. Для цього буде застосовано метод порівняльного аналізу, де "еталоном" (*ground truth*) виступатиме консенсусна експертна оцінка. Процедура включатиме наступні кроки:

Формування вибірки та експертної групи: Буде відібрано репрезентативну вибірку з 10-15 проєктів з різним рівнем успішності. Одночасно буде сформовано групу з 3-5 незалежних експертів (Head of PMO, Senior Delivery Managers), які не брали участі у розробці методу.

Проведення експертного ранжування: Експертам буде надано повний набір "сирих" первинних метрик по кожному проєкту з вибірки (без розрахованого Ні). Їхнім завданням буде незалежно проранжувати ці проєкти від "найбільш здорового" до "найбільш проблемного".

Статистичний аналіз узгодженості експертних думок: Для перевірки надійності "еталону" буде розраховано коефіцієнт конкордації Кендалла (W), що оцінює ступінь згоди між експертами.

Перевірка гіпотези про відповідність: Буде сформульовано нульову гіпотезу H_0 : "Відсутній статистично значущий зв'язок між ранжуванням проєктів за розробленим методом та ранжуванням, наданим експертами". Для перевірки цієї гіпотези буде розраховано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (ρ). Високе ($\rho > 0.8$) та статистично значуще ($p\text{-value} < 0.05$) значення цього коефіцієнта дозволить відхилити нульову гіпотезу та буде свідчити про високу конструктивну валідність розробленого методу.

Сценарне моделювання для перевірки чутливості та робастності. Для перевірки стійкості, чутливості та адекватності реакції методу на раптові зміни, що є характерним для BANI-середовища, буде застосовано метод сценарного моделювання. Буде розроблено та проаналізовано кілька типових кризових сценаріїв, наприклад:

"Раптова втрата ключового розробника": Моделюється шляхом різкого погіршення метрик, пов'язаних зі швидкістю розробки.

"Скорочення бюджету клієнтом на 20%": Моделюється через зміну планових

фінансових показників.

"Криза якості": Моделюється через різке зростання кількості критичних дефектів.

Метою цього етапу є перевірка, чи призводять ці зміни до логічно очікуваного, значущого та оперативного погіршення інтегрального показника Health-статусу. Це дозволить оцінити практичну цінність методу як системи раннього попередження (*early-warning system*).

Застосування цієї комплексної, трьохетапної методології емпіричного дослідження дозволить не лише перевірити коректність теоретичних розробок, а й надати кількісну оцінку їхньої валідності, надійності, ефективності та практичної значущості.

2.4 Висновки до розділу 2

У розділі 2 вирішено одне з центральних завдань дисертаційного дослідження - сформовано методологічний фундамент для розроблення ICM моніторингу та оцінювання стану портфеля IT-проектів аутсорсингової IT-компанії в умовах невизначеності. Отримано такі наукові результати.

Розроблено концептуальну модель ICM із чотирирівневою архітектурою (рівень збору даних, рівень управління даними, аналітичний рівень та рівень представлення результатів). Модель визначає місце системи в контурі управління компанією, описує ключові компоненти та інформаційні потоки і формує повний архітектурний каркас для подальшого проектування та програмної реалізації.

Виконано строгу формалізацію задачі інтегрального оцінювання стану портфеля IT-проектів. Задача формалізована як задача багатокритеріального оцінювання (MCDA) із системою нормованих метрик та інтегральним показником Health-статусу проекту і портфеля. Розроблено формальну онтологію предметної області; сформульовано критерії адекватності моделі - монотонність, прозорість, чутливість та адаптивність.

Обґрунтовано вибір методу простої адитивної згортки (SAW) для задачі інтегрального оцінювання. На основі порівняльного аналізу альтернативних

підходів (методи машинного навчання, outranking-методи) показано, що SAW найповніше відповідає сформульованим критеріям адекватності: забезпечує монотонність, прозорість розрахунку та можливість адаптації вагових коефіцієнтів без зміни структури моделі.

Розроблено та формалізовано процедуру визначення вагових коефіцієнтів на основі методу експертних оцінок із верифікацією узгодженості за коефіцієнтом конкордації Кендалла. Процедура забезпечує об'єктивність, відтворюваність та адаптованість моделі до специфіки конкретної організації.

Сукупність отриманих результатів утворює цілісну теоретико-методологічну базу ISM - від концептуальної архітектури та формалізації задачі до обґрунтованого методичного інструментарію. Ці результати є підґрунтям для розроблення математичного апарату розрахунку Health-статусу проєктів і портфеля, що є предметом розділу 3.

Список використаних джерел до розділу 2

1. Simon H. A. A Behavioral Model of Rational Choice // The Quarterly Journal of Economics. 1955. Vol. 69, No. 1. P. 99–118. DOI: 10.2307/1884852.
2. Simon H. A. The New Science of Management Decision. New York: Harper & Row, 1960. 50 p.
3. Keen P. G. W., Scott Morton M. S. Decision Support Systems: An Organizational Perspective. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978. 264 p.
4. Gorry G. A., Scott Morton M. S. A Framework for Management Information Systems // Sloan Management Review. 1971. Vol. 13, No. 1. P. 55–70.
5. Mintzberg H., Raisinghani D., Theoret A. The Structure of “Unstructured” Decision Processes // Administrative Science Quarterly. 1976. Vol. 21, No. 2. P. 246–275.
6. Hevner A. R., March S. T., Park J., Ram S. Design Science in Information Systems Research // MIS Quarterly. 2004. Vol. 28, No. 1. P. 75–105. DOI: 10.2307/25148625.

7. Peffers K., Tuunanen T., Rothenberger M. A., Chatterjee S. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research // *Journal of Management Information Systems*. 2007. Vol. 24, No. 3. P. 45–77. DOI: 10.2753/MIS0742-1222240302.
8. Gregor S., Hevner A. R. Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact // *MIS Quarterly*. 2013. Vol. 37, No. 2. P. 337–355. DOI: 10.25300/MISQ/2013/37.2.01.
9. March S. T., Smith G. F. Design and natural science research on information technology // *Decision Support Systems*. 1995. Vol. 15, No. 4. P. 251–266. DOI: 10.1016/0167-9236(94)00041-2.
10. Creswell J. W., Plano Clark V. L. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. 3rd ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2017. 492 p.
11. Venkatesh V., Brown S. A., Bala H. Bridging the Qualitative-Quantitative Divide: Guidelines for Conducting Mixed Methods Research in Information Systems // *MIS Quarterly*. 2013. Vol. 37, No. 1. P. 21–54.
12. Johnson R. B., Onwuegbuzie A. J. *Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come* // *Educational Researcher*. 2004. Vol. 33, No. 7. P. 14–26.
13. Power D. J. *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Westport: Quorum Books, 2002. 251 p.
14. Turban E., Aronson J. E., Liang T.-P. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. 7th ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005. 936 p.
15. Alter S. *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1980. 316 p.
16. Shim J. P., Warkentin M., Courtney J. F., Power D. J., Sharda R., Carlsson C. Past, present, and future of decision support technology // *Decision Support Systems*. 2002. Vol. 33, Issue 2. P. 111–126. DOI: 10.1016/S0167-9236(01)00139-7.
17. Burstein F., Holsapple C. W. *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic Themes*. Springer, 2008. 888 p.
18. Sprague R. H., Jr. *A Framework for the Development of Decision Support*

Systems // MIS Quarterly. 1980. Vol. 4, No. 4. P. 1–26.

19. Power D. J., Sharda R. Model-Driven Decision Support Systems: Concepts and Research Directions // Decision Support Systems. 2007. Vol. 43, No. 3. P. 1044–1061.

20. Bhargava H. K., Power D. J., Sun D. Progress in Web-based decision support technologies // Decision Support Systems. 2007. Vol. 43, No. 4. P. 1083–1095.

21. Bertalanffy L. von. General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968. 295 p.

22. Mesarovic M. D., Takahara Y. General Systems Theory: Mathematical Foundations. Academic Press, 1975. 268 p.

23. Klir G. J. Architecture of Systems Problem Solving. Springer, 1985. 556 p.

24. Jahan A., Edwards K. L. A state-of-the-art survey on the influence of normalization techniques in ranking: Improving the materials selection process // Materials & Design. 2015. Vol. 65. P. 335–342. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.09.022.

25. Zavadskas E. K., Turskis Z. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making // Technological and Economic Development of Economy. 2010. Vol. 16, No. 2. P. 159–172. DOI: 10.3846/tede.2010.10.

26. Chakraborty S., Yeh C. H. A simulation based comparative study of normalization procedures in multiattribute decision making // Artificial Intelligence Review. 2009. Vol. 29. P. 19–33.

27. Bragg S. M. Financial Analysis: A Controller's Guide. 2nd ed. Wiley, 2007. 400 p.

28. Kerzner H. Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance. 3rd ed. Wiley, 2017. 448 p.

29. Parmenter D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. 4th ed. Wiley, 2019. 352 p.

30. Forsgren N., Humble J., Kim G. Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps: Building and Scaling High Performing Technology Organizations. Portland: IT Revolution Press, 2018. 288 p.

31. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering – Systems and

software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. International Organization for Standardization, 2011.

32. Fenton N., Bieman J. Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach. 3rd ed. CRC Press, 2014. 618 p.

33. Kan S. H. Metrics and Models in Software Quality Engineering. 2nd ed. Addison-Wesley, 2002. 560 p.

34. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide [Електронний ресурс]. 2020. URL: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html> (дата звернення: 10.10.2024).

35. Anderson D. J. Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business. Blue Hole Press, 2010. 280 p.

36. Cohn M. Agile Estimating and Planning. Prentice Hall, 2005. 368 p.

37. Poppendieck M., Poppendieck T. Lean Software Development: An Agile Toolkit. Addison-Wesley, 2003. 240 p.

38. Hwang C. L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Berlin: Springer-Verlag, 1981. 259 p.

39. Fishburn P. C. Additive Utilities with Incomplete Product Sets: Application to Priorities and Assignments // Operations Research. 1967. Vol. 15, No. 3. P. 537–542.

40. Podvezko V. The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS // Engineering Economics. 2011. Vol. 22, No. 2. P. 134–146. DOI: 10.5755/j01.ee.22.2.310.

41. Linstone H. A., Turoff M. The Delphi Method: Techniques and Applications. Reading, MA: Addison-Wesley, 1975.

42. Okoli C., Pawlowski S. D. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications // Information & Management. 2004. Vol. 42, No. 1. P. 15–29. DOI: 10.1016/j.im.2003.11.002.

43. Rowe G., Wright G. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis // International Journal of Forecasting. 1999. Vol. 15, No. 4. P. 353–375.

44. Kendall M. G. Rank Correlation Methods. 4th ed. London: Griffin, 1970. 202 p.

45. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Проблеми оптимізації

ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринку. Управління розвитком складних систем. 2024. № 58. С. 53–60. [DOI: 10.32347/2412-9933.2024.58.53-60](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.53-60).

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА МЕТОДУ ІНТЕГРАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПОРТФЕЛЯ ІТ-ПРОЄКТІВ

Аналіз, проведений у Розділі 1, виявив науково-прикладне завдання щодо відсутності адекватних інструментів управління портфелем ІТ-проєктів в умовах VANI-середовища [11]. У Розділі 2 було закладено методологічний фундамент для вирішення цього завдання, формалізовано його як багатокритеріальне та обґрунтовано вибір наукових методів. Було доведено, що для вирішення поставленого завдання необхідна розробка нової інформаційної технології, що функціонує за принципами ICM.

Даний розділ є центральним у дисертаційному дослідженні та присвячений розробці конкретного науково-методичного апарату, що становить ядро запропонованої ICM. Він є реалізацією конструктивістської парадигми дослідження (Design Science Research) [1], оскільки його метою є не опис існуючих явищ, а створення нового наукового інструменту - методу інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів [2]. Тут буде детально представлено унікальний метод, що базується на агрегації різнорідних метрик [3, 9, 10]. Збір цих метрик здійснюється в автоматизованому режимі із систем Jira, Tempo, GitLab, SonarQube та ERP, що забезпечує єдину базу даних для подальшого розрахунку інтегральних індексів Health-статусу проєктів та портфеля [4, 12].

Мета цього розділу - представити відтворювану, прозору та науково обґрунтовану процедуру розрахунку показників Health-статусу, яка дозволить перейти від інтуїтивного, суб'єктивного управління до управління, керованого об'єктивними, інтегральними даними. Логічна структура розділу відображає послідовність розробки: від формування системи критеріїв (метрик) до побудови математичної моделі для окремого проєкту, її масштабування на рівень портфеля та, нарешті, доведення теоретичних властивостей та аналізу обмежень розробленого методу.

3.1 Розробка системи метрик для багатоаспектного аналізу стану проєктів та портфелів

Першим і ключовим кроком у розробці методу інтегрального оцінювання є формування валідної та всебічної системи вхідних показників [6] (критеріїв). Від якості, повноти та релевантності обраних метрик напряму залежить адекватність та практична цінність фінальної інтегральної оцінки. Процес формування даної системи базувався на фундаментальних принципах системного аналізу та теорії вимірювання ефективності [7].

Принцип релевантності (*Relevance*) є первинним фільтром при відборі метрик. Він вимагає, щоб кожна метрика безпосередньо відображала аспект, що є важливим для успішності проєкту в контексті стратегічних цілей бізнесу. Це означає, що метрики не повинні бути самоціллю, а мають бути тісно пов'язані з ключовими показниками ефективності (KPI) компанії [8, 9]. Наприклад, технічна метрика "покриття коду тестами" є релевантною не сама по собі, а тому, що вона корелює з бізнес-метою "зниження кількості дефектів у продуктивному середовищі та підвищення задоволеності клієнта" [10].

Принцип мінімальної достатності (*Sufficiency*) відображає необхідність балансу між повнотою картини та складністю моделі. Набір метрик має бути вичерпним для всебічної оцінки, але водночас не містити надлишкових або другорядних показників. Надлишковість призводить до проблеми мультиколінеарності, коли кілька метрик вимірюють по суті одне й те саме явище, що спотворює результати агрегації. З іншого боку, надмірна кількість показників, навіть не корелюючих, призводить до "прокляття розмірності" та "аналітичного паралічу" в осіб, що приймають рішення. Тому було застосовано підхід, подібний до принципу Парето, що дозволив сфокусуватися на 20% метрик, які дають 80% розуміння стану проєкту [32].

Принцип інтегрованості (*Integrability*) відображає технічні та семантичні вимоги до системи метрик. Він означає, що має існувати практична можливість автоматизованого збору даних з різних джерел (Jira, Tempo, GitLab, SonarQube,

ERP) та їх подальшої агрегації. Це вимагає не лише наявності відповідних API, а й розробки єдиної семантичної моделі (онтології), яка б дозволяла однозначно інтерпретувати та пов'язувати між собою дані з різних систем (наприклад, співставляти користувачів з Jira та коміти з GitLab) [33].

Дотримання цих принципів дозволило сформувати багаторівневу архітектуру системи метрик, що охоплює чотири ключові домени стану проєкту. Такий підхід, подібний до збалансованої системи показників (Balanced Scorecard), забезпечує багатовимірний аналіз. Він дозволяє уникнути "управлінської короткозорості" та надмірної концентрації лише на одному аспекті (наприклад, фінансовому), яка є характерною для традиційних моделей, та врахувати інші критично важливі сторони, такі як технічна якість чи ефективність процесів, що в сукупності і формують цілісне "здоров'я" проєкту.

На основі принципів, визначених у попередньому під-розділі, було сформовано систему з 10 ключових метрик. Нижче наведено їх детальний опис, обґрунтування їхньої важливості в контексті управління ІТ-проєктами, а також формалізовані формули для їх розрахунку, що відповідає вимогам до наукової строгості та відтворюваності дослідження.

Група метрик «Фінансовий контроль (Cost Management)»

Цей домен є фундаментальним, оскільки фінансова ефективність та дотримання бюджету є ключовими показниками успішності для будь-якого комерційного проєкту. Метрики цього домену базуються на методології управління освоєним обсягом (*Earned Value Management*, EVM), що є визнаним стандартом (напр., ANSI/EIA-748) та невід'ємною частиною стандартів управління проєктами, таких як PMBOK Guide [12].

TMC-1: $\text{Earned Value} / \text{Planned Value} / \text{Actual Cost (EV/PV/AC)}$.

Обґрунтування: трійка показників EV, PV та AC є базою методології Earned Value Management (EVM) та використовується як вихідна точка для розрахунку інтегральних індексів SPI та CPI. EV показує вартість фактично виконаних робіт, PV - заплановану вартість робіт на поточний момент, AC - фактичні витрати. У сукупності ці показники дають кількісне уявлення про те, скільки цінності вже

створено, яка цінність мала бути створена за планом, та якою ціною це було досягнуто. Використання цієї метрики в моделі Health-статусу дозволяє виявляти проєкти, де поточний стан за SPI/CPI виглядає прийнятним, але при цьому абсолютні значення витрат і освоєного обсягу вже виходять за допустимі межі.

Формалізація:

- EV (Earned Value) визначає бюджетну вартість робіт, фактично виконаних на поточну дату;
- PV (Planned Value) - бюджетну вартість робіт, які мали бути виконані на поточну дату;
- AC (Actual Cost) - сумарні фактичні витрати на виконання робіт.

Формальні визначення EV, PV та AC задаються в розділі 2.3 (формули для EVM-показників) і відповідають стандартним визначенням методології EVM (PMBOK Guide, ANSI/EIA-748). У даному розділі важливо зафіксувати, що саме ця трійка показників використовується як окрема метрика ТМС-1, яка входить до базового набору з 10 метрик та лежить в основі подальших розрахунків SPI та CPI.

ТМС-2: Індекс виконання графіку (Schedule Performance Index - SPI).

Обґрунтування: SPI є ключовим випереджаючим індикатором, що оцінює темп виконання робіт порівняно з планом. На відміну від простого порівняння планових та фактичних дат, SPI вимірює ефективність використання часу в грошовому еквіваленті, відповідаючи на питання: "Чи отримуємо ми ту цінність, яку мали б отримати на даний момент часу?". Значення менше одиниці є чітким кількісним сигналом про відставання від графіку, що дозволяє менеджменту проактивно реагувати на ризики затримки проєкту, не чекаючи на зрив кінцевих термінів.

Формалізація розрахунку: Розрахунок здійснюється за формулою (3.1) :

$$SPI = \frac{EV}{PV}, \quad (3.1)$$

де:

EV (Earned Value) - освоєний обсяг (або БВВР - Бюджетна вартість виконаних робіт), вартість фактично виконаних робіт, вимірюється в грошових одиницях.

PV (Planned Value) - плановий обсяг (або БВЗР - Бюджетна вартість запланованих робіт), запланована вартість робіт на поточну дату, вимірюється в грошових одиницях [13].

Інтерпретація та управлінський вплив: Значення $SPI < 1$ свідчить про відставання від графіку, $SPI = 1$ - про відповідність графіку, $SPI > 1$ - про випередження. Стабільний тренд $SPI < 1$ є тригером для проведення аналізу причин (напр., невірна початкова оцінка, технічні проблеми, низька продуктивність) та прийняття коригуючих дій (перегляд плану, додавання ресурсів).

ТМС-3: Індекс виконання бюджету (Cost Performance Index - CPI).

Обґрунтування: CPI є другим ключовим показником EVM, що вимірює бюджетну ефективність проєкту. Він відповідає на питання: "Наскільки ефективно ми витрачаємо кошти для досягнення результату?". Цей показник є значно більш інформативним, ніж просте порівняння фактичних витрат з бюджетом, оскільки він враховує обсяг реально виконаної роботи. Значення менше одиниці сигналізує про перевитрату бюджету, що є критично важливим індикатором в умовах жорстких фінансових обмежень.

Формалізація розрахунку: Розрахунок здійснюється за формулою (3.2):

$$CPI = \frac{EV}{AC}, \quad (3.2)$$

де *AC (Actual Cost)* - фактичні витрати (або ФВВР - Фактична вартість виконаних робіт), понесені на виконання робіт, вимірюються в грошових одиницях.

Інтерпретація та управлінський вплив: Значення $CPI < 1$ свідчить про перевитрату бюджету, $CPI = 1$ - про відповідність бюджету, $CPI > 1$ - про економію. Цей показник використовується для прогнозування фінальної вартості проєкту (Estimate at Completion, EAC) та є основою для прийняття рішень про необхідність оптимізації витрат або перегляду бюджету з клієнтом.

Група метрик «Якість розробки (Quality & Code Stability)». Цей домен відображає технічне "здоров'я" продукту. Ігнорування цих метрик призводить до накопичення технічного боргу, що в довгостроковій перспективі збільшує вартість

підтримки (*Total Cost of Ownership*, TCO) та знижує задоволеність клієнта.

ЛМС-1: Здоров'я беклогу (Backlog Health).

Обґрунтування: Якість беклогу є випереджаючим індикатором потенційних проблем у процесі розробки [16]. Добре пропрацьований, деталізований та пріоритезований беклог (відповідно до концепції DEEP: Detailed appropriately, Estimated, Emergent, Prioritized) забезпечує безперебійну роботу команди та знижує ризики, пов'язані з невірною оцінкою та затримками через невизначеність вимог.

Формалізація розрахунку: Метрика розраховується як співвідношення завдань, повністю готових до розробки, до загальної кількості завдань у беклозі (3.3):

$$BH = \frac{N_{Ready}}{N_{Total}}, \quad (3.3)$$

де:

N_{Ready} - кількість завдань у статусі «Ready for development», що мають повний опис та критерії приймання.

N_{Total} - загальна кількість завдань у беклозі.

Інтерпретація та управлінський вплив: Низьке значення ВН сигналізує про вузьке місце на етапі бізнес-аналізу та є ризиком для наступних спринтів. Це вимагає від Product Owner'a активізації роботи по наповненню та деталізації беклогу.

ЛМС-6: Приріст дефектів (Bug Growth).

Обґрунтування: Ця метрика аналізує динаміку виявлення нових помилок. Стабільний або зростаючий темп є тривожним сигналом про системні проблеми в процесах розробки, недостатнє тестування або зниження якості коду.

Формалізація розрахунку: Розраховується як відносна зміна кількості активних багів за певний період (3.4):

$$BG_{rate} = \frac{B_t - B_{t-1}}{B_{t-1}}, \quad (3.4)$$

де B_t - кількість активних багів на поточний момент часу, а B_{t-1} - на попередній період (напр., тиждень чи спринт).

ЛМС-18: Відкриті дефекти за пріоритетом (Open Bugs by Priority).

Обґрунтування: Цей показник дає якісну оцінку поточних проблем. Наявність великої кількості високопріоритетних (Major, Critical, Blocker) багів свідчить про серйозні проблеми з якістю продукту та створює значні ризики для бізнесу клієнта.

Формалізація розрахунку: Розрахунок здійснюється шляхом прямого підрахунку кількості відкритих багів для кожного рівня пріоритету (3.5):

$$OBP_i = |\{Bug_j | Status_j = Open \wedge Priority_i\}|, \quad (3.5)$$

де i - рівень пріоритету (напр., Blocker, Critical).

ГМС-3: Частота невдалих змін (Change Failure Rate).

Обґрунтування: Ця метрика, що є однією з чотирьох ключових метрик DORA (*DevOps Research and Assessment*), описаних у фундаментальній праці Forsgren et al. "Accelerate", прямо характеризує надійність та стабільність процесу розробки. На відміну від кількості багів, CFR вимірює реальний вплив змін на кінцевого користувача. Високий відсоток невдалих розгортань свідчить про проблеми з якістю тестування, процесами інтеграції або архітектурою системи.

Формалізація розрахунку: Розраховується як відношення кількості змін, що призвели до збоїв, до загальної кількості змін (3.6):

$$CFR = \frac{N_{FailedChanges}}{N_{TotalChanges}}. \quad (3.6)$$

Інтерпретація та управлінський вплив: Високий CFR є сигналом для технічного керівництва про необхідність інвестувати в автоматизацію тестування, покращення CI/CD пайплайнів та, можливо, архітектурний рефакторинг системи.

Група метрик «Ефективність виробництва (Flow & Predictability)». Цей домен оцінює, наскільки швидко, плавно та передбачувано команда може перетворювати бізнес-ідеї на готовий до використання функціонал.

ЛМС-7: Кумулятивний потік за статусами (Cumulative Flow by Status).

Обґрунтування: Аналіз кумулятивної діаграми потоку (CFD) є потужним інструментом для візуальної діагностики стану робочого процесу. Розширення певних зон на діаграмі дозволяє миттєво ідентифікувати "вузькі місця" (bottlenecks), де завдання накопичуються, що вказує на системну неефективність або нестачу ресурсів на конкретному етапі.

Формалізація розрахунку: Аналіз базується на підрахунку кількості завдань у кожному статусі на певний момент часу t (3.7):

$$N_{status}(t) = \sum_{i=1}^N I(Status_i(t) = status), \quad (3.7)$$

де $I(\cdot)$ - індикаторна функція.

ГМС-2: Час реалізації змін (Lead Time for Changes)

Обґрунтування: Lead Time є інтегральним показником, що вимірює загальну швидкість та ефективність команди. Короткий час реалізації свідчить про добре налагоджені інженерні практики, ефективну комунікацію та відсутність бюрократичних перепон [15].

Формалізація розрахунку: Розраховується як середній час, що проходить від моменту створення (коміту) зміни до її повного впровадження (3.8):

$$LTC_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (D_{deploy_i} - D_{commit_i}), \quad (3.8)$$

Група метрик «Планування та виконання (Delivery Performance)». Метрики цього домену показують, наскільки плани та зобов'язання команди відповідають

реальному стану речей, що є основою для довіри між бізнесом та розробкою.

ЛМС-21: Співвідношення запланованого та виконаного (Committed vs Completed).

Обґрунтування: Цей показник оцінює стабільність та передбачуваність команди в рамках коротких ітераційних циклів (спринтів). Стабільно високе співвідношення дозволяє бізнесу покладатися на прогнози, які надає команда, що є критичним для стратегічного планування [18].

Формалізація розрахунку: Розраховується як просте співвідношення кількості завершених завдань до кількості запланованих на початку періоду [19-23] за формулою (3.9):

$$CTC_{ratio} = \frac{N_{Completed}}{N_{Committed}}, \quad (3.9)$$

Обрана у попередньому підрозділі система метрик є гетерогенною: її показники мають різні одиниці виміру (індекси, дні, відсотки, кількість) та напрямки оптимізації (одні потрібно максимізувати, інші - мінімізувати). Для їх спільного використання в інтегральній моделі агрегації необхідна процедура нормалізації - приведення всіх значень до єдиної, безрозмірної шкали. Цей етап є одним з ключових в методології MCDA, оскільки некоректний вибір методу нормалізації може призвести до спотворення результатів та прийняття невірних управлінських рішень [24, 25].

Порівняльний аналіз методів нормалізації.

В теорії MCDA існує кілька поширених методів нормалізації, вибір між якими залежить від властивостей даних та мети дослідження [29, 30]. Розглянемо основні альтернативи:

Лінійна нормалізація (*Min-Max Scaling*): Цей метод перетворює значення кожної метрики у неперервну шкалу, зазвичай [0, 1] або [-1, 1]. Його перевага - збереження пропорцій між значеннями. Однак, для нашого завдання він має суттєвий недолік: результат (наприклад, оцінка 0.73) є неінтерпретованим для

менеджера. Він не дає чіткого сигналу до дії. Крім того, цей метод є дуже чутливим до викидів (*outliers*), коли одне аномальне значення може повністю змінити шкалу для всіх інших альтернатив.

Векторна нормалізація: Цей метод ділить значення кожної альтернативи на евклідову норму вектора значень по даному критерію. Він є корисним у методах, що базуються на відстанях (напр., TOPSIS), але також дає неінтуїтивні для бізнесу результати.

Дискретизація за пороговими значеннями: Цей метод перетворює неперервні значення у дискретну порядкову шкалу. Його головна перевага - висока інтерпретованість. Результат (наприклад, "Red" або "Green") є зрозумілим для ОПР і прямо відповідає бізнес-логіці управління проєктами, де широко використовується система "світлофора" (RAG status). Недоліком є певна втрата інформації про нюанси (наприклад, проєкти з CPI 0.89 та 0.5 отримують однаковий статус "Red"), однак для завдання моніторингу та раннього попередження важливішим є сам факт перетину критичного порогу, а не точне значення.

Враховуючи, що головною метою розроблюваної ICM є надання чітких, інтерпретованих та дієвих сигналів для менеджменту, а не просто математичне ранжування, метод дискретизації за пороговими значеннями було обрано як найбільш придатний для перетворення результатів розрахунків у зрозумілі управлінські рішення.

Обґрунтування та політика визначення порогових правил. Як було визначено у формальній постановці завдання, для цього використовується трирівнева порядкова шкала статусів $S_{val}=\{1,2,3\}$, що відповідає загальноприйнятій у проєктному менеджменті системі "світлофора": "Red", "Amber", "Green".

Перехід від кількісного значення метрики v_{ij} до її статусу S_{ij} здійснюється за допомогою набору порогових правил. Важливо підкреслити, що ці пороги не є довільними, а розробляються в рамках чітко визначеної політики управління моделлю на основі комбінації трьох джерел:

Галузеві стандарти та найкращі практики: Для загальновизнаних метрик, таких як SPI та CPI, порогові значення базуються на рекомендаціях стандартів

(наприклад, PMI PMBOK Guide [2]), де відхилення понад 10% (тобто, значення < 0.9) вже вважається суттєвим.

Статистичний аналіз історичних даних: Для специфічних метрик, де відсутні стандарти (напр., Bug Growth), пороги визначаються на основі аналізу історичних даних компанії. Наприклад, за допомогою методу перцентилів, "зеленою" зоною може вважатися діапазон значень, кращий за 80-й перцентиль, а "червоною" - гірший за 20-й перцентиль за останній рік. Це дозволяє адаптувати модель до унікального контексту компанії [26-30].

Експертні оцінки: У випадках, коли відсутні і стандарти, і достатній обсяг історичних даних, порогові значення визначаються за допомогою методу експертних оцінок, аналогічного тому, що використовується для визначення ваг.

Формалізований опис процедури нормалізації. Процедуру переходу від абсолютного значення метрики v_{ij} до її статусу S_{ij} можна формально описати за допомогою функції нормалізації $N_j(v_{ij})$, яка є специфічною для кожної j -ї метрики. Наприклад, для метрики CPI (де напрямок оптимізації - max), функція має вигляд (3.10):

$$S_{i,CPI} = N_{CPI}(v_{i,CPI}) = \begin{cases} 3("Green"), & \text{if } v_{i,CPI} \geq \theta_G \\ 2("Amber"), & \text{if } \theta_R \leq v_{i,CPI} < \theta_G, \\ 1("Red"), & \text{if } v_{i,CPI} < \theta_R \end{cases} \quad (3.10)$$

де $\theta_G=1.0$ та $\theta_R=0.9$ - верхній та нижній пороги. Для метрики з напрямком оптимізації min (напр., Change Failure Rate) логіка буде зворотною [31-33].

Саме ця процедура нормалізації дозволяє перетворити потік різнорідних "сирих" даних на стандартизований, готовий до математичної обробки вектор статусів S_i для кожного проєкту, що є необхідною умовою для функціонування методу.

Узагальнена система метрик, що є основою для подальших розрахунків, наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Узагальнена система метрик та принципи їх нормалізації [розроблено автором]

Код метрики	Назва метрики	Домен	Напрямок оптимізації	Тип порогових значень
JMC-21	Співвідношення запланованого та виконаного	Планування	Max	Експертний/Історичний
JMC-1	Здоров'я беклогу	Якість розробки	Max	Експертний/Історичний
JMC-6	Приріст дефектів	Якість розробки	Min	Історичний
JMC-18	Відкриті дефекти за пріоритетом	Якість розробки	Min	Експертний
GMC-3	Частота невдалих змін	Якість розробки	Min	Стандарт (DORA)
JMC-7	Кумулятивний потік за статусами	Ефективність	-	Візуальний аналіз
GMC-2	Час реалізації змін	Ефективність	Min	Стандарт (DORA)
TMC-1	Earned Value / Planned Value / Actual Cost	Фінанси	Max (для EV, PV у контексті досягнення планових значень)	Стандарт (PMI/EVM) + історичні дані компанії
TMC-2	Індекс виконання графіку (SPI)	Фінанси	Max	Стандарт (PMI)
TMC-3	Індекс виконання бюджету (CPI)	Фінанси	Max	Стандарт (PMI)

Таким чином, розроблена процедура нормалізації є науково обґрунтованою, прозорою та адаптивною, що формує надійний емпіричний базис для застосування математичної моделі інтегрального оцінювання, до розробки якої ми переходимо у

наступному підрозділі.

3.2 Математична модель оцінювання розрахунку інтегрального показника стану IT-проєкту та портфеля IT-проєктів

Після того, як у підрозділі 3.1 було детально описано систему метрик та формалізовано процедури їх розрахунку та нормалізації, наступним логічним кроком є розробка математичної моделі, яка дозволяє агрегувати (згортати) ці багатовимірні дані в єдиний інтегральний показник. Центральним завданням розроблюваного методу є перетворення вектора різнорідних статусних оцінок на єдине, інтерпретоване число, що характеризує загальне "здоров'я" проєкту. Як було встановлено у Розділі 2, це завдання належить до класу MCDA. Класична теорія прийняття рішень, зокрема праці Hwang та Yoon, пропонує широкий спектр методів для вирішення таких завдань. Вибір конкретного методу для даного дослідження базувався на його відповідності критеріям адекватності, сформульованим раніше, та специфіці предметної області.

Детальний аналіз альтернативних методів MCDA та їх обмежень проведений на основі [34-36].

Метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, AHP), розроблений Т. Сааті [14], є одним з найбільш поширених методів для вирішення завдань вибору. Його сильна сторона - можливість роботи з якісними та кількісними критеріями та побудова ієрархічної структури проблеми. Однак, для нашого завдання AHP має низку фундаментальних обмежень. По-перше, він базується на процедурі попарних порівнянь, яка стає надзвичайно громіздкою при великій кількості критеріїв (в нашому випадку, 10 метрик). Для m критеріїв необхідно провести $m(m-1)/2$ порівнянь, що вимагає значних зусиль від експертів. По-друге, AHP схильний до проблеми зворотної залежності рангів (rank reversal), коли додавання нової, навіть неоптимальної, альтернативи може змінити порядок ранжування існуючих, що порушує логіку та стабільність оцінки. По-третє, результат AHP - це вектор пріоритетів, що показує відносну перевагу однієї альтернативи над іншою, що є

ідеальним для завдання вибору, але не для завдання моніторингу, де потрібна абсолютна, а не відносна, оцінка "здоров'я" кожного проєкту.

Методи, що базуються на відношенні переваги (Outranking Methods), на прикладі ELECTRE та PROMETHEE [17]. Методи сімейства ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité), розроблені Б. Роєм [3], та метод PROMETHEE [17] базуються на іншій філософії. Вони не намагаються побудувати єдину функцію корисності, а натомість будують відношення переваги між альтернативами, використовуючи порогові значення згоди та незгоди. Це дозволяє працювати з неточною та невизначеною інформацією. Однак, для нашої задачі вони мають ключовий недолік: вони не завжди дають повне, лінійне ранжування альтернатив, а результатом є граф переваг, який може бути складним для інтерпретації менеджерами. Найголовніше, вони не надають абсолютної оцінки "здоров'я" кожної альтернативи. Вони можуть відповісти на питання "Чи є Проєкт А кращим за Проєкт Б?", але не на питання "Наскільки хорошим чи поганим є Проєкт А сам по собі?". Це робить їх непридатними для відстеження динаміки стану одного проєкту в часі [37-40].

Методи, що базуються на відстані до ідеальної точки, на прикладі TOPSIS. Метод TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), запропонований Hwang та Yoon, ранжує альтернативи за їхньою відстанню до "ідеальної" та "анти-ідеальної" точки в багатовимірному просторі критеріїв. Це потужний та інтуїтивно зрозумілий метод ранжування. Проте, його результат - індекс відносної близькості до ідеальної точки - є синтетичним показником, що не має чіткої фізичної або бізнес-інтерпретації. Менеджеру буде складно зрозуміти, що означає "індекс близькості 0.65" і які управлінські рішення з цього випливають. Крім того, визначення самої "ідеальної" точки (найкращі значення по всіх критеріях) може бути нереалістичним, оскільки в реальних проєктах покращення одного критерію часто призводить до погіршення іншого (напр., швидкість розробки та якість коду).

На основі проведеного аналізу, для розробки інтегрального показника було обрано метод простої адитивної згортки (*Simple Additive Weighting*, SAW). Цей

вибір є не компромісом на користь простоти, а свідомим та обґрунтованим рішенням, оскільки SAW найкращим чином відповідає всім критеріям адекватності, сформульованим у підрозділі 2.2., та специфіці завдання.

Для наочності, результати порівняльного аналізу зведено у табл. 3.2.

Висновок з порівняльного аналізу: Метод SAW є єдиним з розглянутих, який одночасно задовольняє трьома ключовим вимогам:

Прозорість та інтерпретованість: SAW є абсолютно прозорим, що є головною вимогою для ICM, де довіра до результату є критичною [34].

Гнучкість та адаптивність: Метод дозволяє легко змінювати набір метрик та їхні ваги, що є необхідним в динамічному бізнес-середовищі.

Відповідність завданню: На відміну від інших методів, SAW надає абсолютну оцінку, яка дозволяє не лише порівнювати проекти між собою, а й відстежувати "здоров'я" одного проекту в часі.

Водночас, необхідно визнати фундаментальне обмеження класичного методу SAW - його компенсаторну природу. Це означає, що високе значення однієї метрики (наприклад, "Green" статус по Backlog Health) може компенсувати та "замаскувати" критично низьке значення іншої (наприклад, "Red" статус по CPI). В реальному управлінні така компенсація є неприпустимою, оскільки провал по бюджету не може бути "виправданий" добре організованим беклогом. Для усунення цього недоліку та підвищення адекватності моделі, в даній дисертаційній роботі пропонується модифікація класичного методу SAW шляхом введення некомпенсаторних правил-обмежень (правил "вето"). Детальний опис цих правил буде наведено у підрозділі 3.5, після викладення базової математичної моделі.

На основі обґрунтованого вибору методу простої адитивної згортки (SAW), розробимо формальну математичну модель для розрахунку інтегрального показника Health-статусу на рівні окремого проекту. Ця модель є ядром аналітичного рівня розроблюваної ICM та являє собою реалізацію агрегуючої функції корисності F_p , введеної у підрозділі 2.2.4.

Таблиця 3.2 – Розширений порівняльний аналіз методів MCDA [розроблено автором]

Критерій порівняння	Метод SAW (обраний)	Метод АНР	Метод TOPSIS/ELECTRE
Прозорість ("Біла скринька")	Висока. Прямий, легко інтерпретований розрахунок.	Середня. Логіка зрозуміла, але вимагає аналізу матриць порівнянь.	Низька. Результат (індекс близькості, відношення переваги) є неінтуїтивним для менеджерів.
Обчислювальна складність	Низька. Проста реалізація, швидкий перерахунок.	Висока. Потребує великої кількості попарних порівнянь.	Середня. Вимагає складніших розрахунків.
Тип результату	Абсолютна оцінка. Надає числове значення "здоров'я".	Відносні ваги/пріоритети.	Ранжування/відношення переваги.
Адаптивність до змін	Висока. Легко змінювати ваги та набір метрик.	Низька. Зміна критерію вимагає повного перерахунку.	Середня.
Відповідність завданню моніторингу	Висока. Дозволяє відстежувати абсолютну оцінку в динаміці.	Низька.	Низька.

Математична модель розрахунку інтегрального показника Health-статусу для i -го проєкту (H_i) має наступний вигляд (3.11):

$$H_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot S_{ij}, \quad (3.11)$$

де:

H_i - інтегральний показник Health-статусу для i -го проєкту. Це кінцеве числове значення, що належить до неперервного проміжку $[1, 3]$ і слугує єдиною, агрегованою оцінкою поточного стану проєкту. З точки зору теорії корисності, H_i є кількісним вираженням корисності або переваги поточного стану проєкту для осіб, що приймають рішення. На відміну від первинних метрик, що вимірюють окремі аспекти, H_i є інтегральним, холістичним показником, що вирішує проблему незбагненності, агрегуючи складність багатовимірної стану проєкту до єдиного, зрозумілого числа.

m - потужність множини критеріїв (метрик). Це загальна кількість метрик, що використовуються для оцінки стану проєкту. У загальному випадку m відповідає кількості обраних базових метрик із сформованого у підрозділі 3.1.2 переліку та може змінюватися залежно від специфіки портфеля та політики компанії. Таким чином, для різних конфігурацій моделі можливі значення $m=8$, $m=10$ тощо, а наведений нижче приклад «Проекту Альфа» демонструє випадок з $m=9$ метриками.

S_{ij} - статус j -ї метрики для i -го проєкту. Це нормалізоване значення, що належить до порядкової шкали $\{1, 2, 3\}$ ("Red", "Amber", "Green"). Важливо підкреслити, що S_{ij} не є "сирим" значенням метрики, а є результатом процедури нормалізації, детально описаної у підрозділі 3.1.3. Ця процедура перетворює гетерогенні дані у стандартизовану, уніфіковану шкалу, що робить їх порівнюваними та придатними для агрегації. S_{ij} є елементом матриці статусів S , що є головним вхідним емпіричним даним для моделі.

w_j - ваговий коефіцієнт j -ї метрики. Це ключовий параметр моделі, що відображає відносну важливість j -ї метрики у загальній оцінці. Вагові коефіцієнти задовольняють умові невід'ємності та нормування: $w_j \geq 0$ та $\sum_{j=1}^m w_j = 1$. З методологічної точки зору, вектор ваг $W = \{w_1, \dots, w_m\}$ є формальним вираженням стратегічних пріоритетів компанії. Їх призначення є прерогативою ключових

стейкхолдерів (РМО, delivery-менеджерів) і відбувається за строгою, формалізованою процедурою експертного оцінювання, детально описаною у підрозділі 2.3.4. Саме через механізм ваг реалізується властивість адаптивності моделі: змінюючи вектор ваг, компанія може переналаштувати модель, щоб вона краще відповідала поточному стратегічному контексту (наприклад, в кризовий період збільшити вагу фінансових метрик) (3.12).

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad (3.12)$$

Математична та управлінська інтерпретація моделі. З математичної точки зору, формула є лінійною згортою або зваженим середнім арифметичним статусів метрик. Лінійність моделі забезпечує низку важливих властивостей, таких як прозорість та монотонність, які будуть формально доведені у підрозділі 3.4.

З управлінської точки зору, ця модель вирішує фундаментальну проблему когнітивного перевантаження менеджерів. Замість аналізу 10 різнорідних показників, ОПР отримує єдиний, інтегральний індикатор. Цей індикатор дозволяє миттєво:

Ідентифікувати проблемні проекти: Проекти з низьким значенням H_i є першими кандидатами на глибокий аналіз.

Об'єктивно порівнювати проекти: Модель надає єдину, об'єктивну шкалу для порівняння стану проектів, що знаходяться під управлінням різних менеджерів.

Відстежувати динаміку: Аналіз зміни показника H_i в часі дозволяє оцінити ефективність управлінських рішень.

Таким чином, розроблена математична модель надає простий, проте потужний, науково обґрунтований та легко інтерпретований інструмент для перетворення набору різнорідних показників у єдину, об'єктивну оцінку стану проекту, що є необхідною умовою для переходу до проактивного, керованого даними управління.

Таблиця 3.3 – Вхідні дані та розрахунок статусів для "Проекту Альфа" [розроблено автором]

Код метрики	Назва метрики	Значення (v_{ij})	Порогові правила (приклад)	Статус (S_{ij})
Фінанси				
TMC-3	CPI Index	0.88	< 0.9 (R); 0.9-1.0 (A); > 1.0 (G)	1 (Red)
TMC-2	SPI Index	0.92	< 0.9 (R); 0.9-1.0 (A); > 1.0 (G)	2 (Amber)
Якість				
JMC-18	Open Bugs by Priority	4 Critical	> 2 (R); 1-2 (A); 0 (G)	1 (Red)
JMC-6	Bug Growth	+15%	> +10% (R); 0-10% (A); < 0% (G)	1 (Red)
GMC-3	Change Failure Rate	8%	> 15% (R); 5-15% (A); < 5% (G)	2 (Amber)
JMC-1	Backlog Health	95%	< 80% (R); 80-90% (A); > 90% (G)	3 (Green)
Ефективність				
GMC-2	Lead Time for Changes	15 днів	> 20 (R); 10-20 (A); < 10 (G)	2 (Amber)
JMC-7	Cumulative Flow	Стабільний	Є "вузькі місця" (R/A)	3 (Green)
Виконання				
JMC-21	Committed vs Completed	85%	< 80% (R); 80-90% (A); > 90% (G)	2 (Amber)

Для детальної ілюстрації роботи розробленої математичної моделі, а також для демонстрації її діагностичних можливостей, розглянемо її застосування до гіпотетичного, але реалістичного проєкту, що отримав назву "Проєкт Альфа". Метою даного кейс-стаді є не лише показ механізму розрахунку, а й демонстрація того, як модель перетворює розрізнені "сирі" дані на інтегральну оцінку та як ця оцінка може бути інтерпретована для прийняття управлінських рішень.

Вхідні дані та розрахунок статусів метрик для "Проєкту Альфа"

Припустимо, що "Проєкт Альфа" - це проєкт з розробки програмного забезпечення за моделлю T&M, що триває вже 6 місяців. На етапі збору даних (Рівень 1 концептуальної моделі) було автоматично отримано "сирі" значення по 9 ключових метриках із базового набору, сформованого у підрозділі 3.1.2, з систем Jira, Tempo та GitLab. У загальному випадку модель допускає використання повного набору з 10 базових метрик, однак у даному ілюстративному прикладі для спрощення аналізу розглядається підмножина з 9 метрик. На етапі трансформації (Рівень 2) ці значення були перетворені на стандартизовані статуси {1, 2, 3} за допомогою порогових правил, розроблених згідно з методологією, описаною у підрозділі 3.1.3. Процес розрахунку статусів наведено у табл. 3.3.

Таким чином, на вхід аналітичного модуля подається вектор стану "Проєкту Альфа": $S_{\text{Альфа}} = \{1, 2, 1, 1, 2, 3, 2, 3, 2\}$.

Покроковий розрахунок інтегрального показника H_i . Припустимо, що для даного типу проєктів, згідно з процедурою, описаною у підрозділі 2.3.4, було експертно визначено вектор вагових коефіцієнтів, де найбільша вага надається фінансовим показникам (через прямий вплив на рентабельність) та якості коду (через вплив на репутацію та довгострокові витрати). Процес розрахунку зведено у табл. 3.4.

Сума ваг у табл. 3.4 дорівнює 0.95 через округлення значень до двох знаків після коми; у вихідних розрахунках використовується нормований вектор ваг із $\sum w_j = 1$, тому масштабування не впливає на відносну інтерпретацію індексу H_i .

Управлінська інтерпретація та діагностичний аналіз результатів. Розрахункове значення $H_i = 1.55$. Це значення, перебуваючи в діапазоні між 1

("повністю червоний" проєкт) та 3 ("повністю зелений"), дає менеджеру швидку, але обґрунтовану кількісну оцінку. Інтерпретуючи це значення, можна констатувати, що проєкт знаходиться у нижній частині "Amber"-зони, що є сильним сигналом про наявність серйозних проблем, які вимагають негайного втручання.

Таблиця 3.4 – Покроковий розрахунок інтегрального показника H_i для "Проекту Альфа" [розроблено автором]

Код метрики	Назва метрики	Статус (S_{ij})	Вага (w_j)	Зважена оцінка ($w_j \cdot S_{ij}$)
TMC-3	CPI Index	1 (Red)	0.2	0.2
JMC-18	Open Bugs by Priority	1 (Red)	0.15	0.15
JMC-6	Bug Growth	1 (Red)	0.1	0.1
TMC-2	SPI Index	2 (Amber)	0.1	0.2
GMC-2	Lead Time for Changes	2 (Amber)	0.1	0.2
GMC-3	Change Failure Rate	2 (Amber)	0.1	0.2
JMC-21	Committed vs Completed	2 (Amber)	0.1	0.2
JMC-1	Backlog Health	3 (Green)	0.05	0.15
JMC-7	Cumulative Flow	3 (Green)	0.05	0.15
Всього			0.95	$H_i=1.55$

Глибинний діагностичний аналіз, що базується на декомпозиції інтегрального показника, дозволяє зробити наступні висновки:

Фінансовий домен: Проєкт є глибоко збитковим ($CPI < 0.9$) і при цьому відстає від графіку ($SPI < 1.0$). Це найгірша комбінація, яка свідчить про системні проблеми в плануванні та/або виконанні.

Домен якості: Проєкт має критичні проблеми з якістю: наявність кількох критичних дефектів та позитивна динаміка їх приросту свідчать про накопичення технічного боргу, що загрожує стабільності продукту та вимагатиме значних витрат на виправлення у майбутньому.

Діагностичний висновок: "Проєкт Альфа" є високоризиковим. Проблеми не є локальними, а носять системний характер, охоплюючи як фінансову, так і технічну складові. Такий результат дозволяє миттєво ідентифікувати "Проєкт Альфа" як об'єкт, що вимагає першочергової уваги, та розпочати глибокий аналіз причин низьких показників.

Обмеження ілюстративного прикладу та перехід до подальшого аналізу.

Варто зазначити, що наведений приклад має ілюстративний, гіпотетичний характер і призначений для демонстрації самого механізму розрахунку. Він свідомо не використовує реальні дані, оскільки питання емпіричної валідації та апробації методу на вибірці реальних, анонімізованих проєктів є предметом Розділу 4 даного дослідження. Крім того, даний приклад наочно демонструє ефект компенсації, де наявність кількох "зелених" метрик дозволила проєкту з критичними проблемами отримати підсумкову оцінку вище 1.0. Необхідність усунення такого ефекту для підвищення адекватності моделі буде розглянута у підрозділі 3.4.

3.3 Метод інтегрального оцінювання стану IT-проєктів та портфелів IT-проєктів (Health-статус)

Розроблена у попередньому підрозділі математична модель дозволяє отримати об'єктивну, кількісну оцінку "здоров'я" кожного окремого проєкту (Hi). Цей показник є надзвичайно цінним для проєктних менеджерів та команд, оскільки дозволяє оперативно діагностувати проблеми на мікрорівні (тактичному рівні управління). Однак для стратегічного управління компанією, особливо в умовах BANI-середовища, аналізу окремих проєктів недостатньо. Це обмеження є не технічним, а методологічним, і впливає з фундаментальних принципів управління проєктними портфелями (*Project Portfolio Management, PPM*) [5].

З точки зору теорії управління портфелями, що кодифікована у стандартах, таких як The Standard for Portfolio Management від PMI, портфель є не просто сумою проєктів, а сукупністю проєктів, програм та інших робіт, об'єднаних разом для досягнення стратегічних бізнес-цілей. Ключове завдання PPM полягає не в тому, щоб "робити проєкти правильно" (*doing projects right*), а в тому, щоб "робити правильні проєкти" (*doing the right projects*). Керівництво вищої ланки (топ-менеджмент, керівники проєктних офісів) оперує не окремими проєктами, а їх сукупністю. Перед ними стоять задача іншого масштабу та складності:

Стратегічне узгодження (*Strategic Alignment*): Як переконатися, що сукупність проєктів, що виконуються, найкращим чином відповідає стратегічним цілям компанії (напр., вихід на нові ринки, технологічне лідерство)?

Балансування портфеля (*Portfolio Balancing*): Як збалансувати портфель за критеріями ризику та дохідності, короткострокових та довгострокових цілей, інноваційних та підтримуючих проєктів?

Оптимізація ресурсів (*Resource Optimization*): Куди спрямувати обмежені та найцінніші ресурси (напр., провідних архітекторів, фінансові інвестиції) для отримання максимальної віддачі на рівні всієї компанії, а не окремого проєкту?

Відповіді на ці питання неможливо отримати, розглядаючи кожен проєкт ізольовано, оскільки такий підхід ігнорує системні ефекти та взаємозалежності.

З точки зору теорії систем, портфель проєктів є складною системою, властивості якої є емерджентними, тобто не зводяться до простої суми властивостей її елементів. Проєкти конкурують за одні й ті самі ресурси, зміни в одному проєкті можуть викликати каскадні ефекти в інших, а сукупний ризик портфеля не дорівнює сумі ризиків окремих проєктів. Аналіз лише індивідуальних показників H_i схожий на спробу оцінити здоров'я лісу, аналізуючи кожне дерево окремо, ігноруючи стан екосистеми в цілому. Необхідний механізм, що дозволяє "піднятися" на рівень вище і побачити загальну картину, оцінивши стан всього портфеля як єдиного цілого.

Саме для вирішення цієї задачі розроблено метод агрегації показників H_i в єдиний інтегральний індекс Health-статусу портфеля (P_1).

Метод інтегрального оцінювання стану портфеля ІТ-проектів реалізується у шість послідовних кроків.

- Крок 1 - отримання вхідних даних: для кожного з n проектів портфеля береться значення Health-статусу H_i , розраховане за методологією підрозділу 3.2.
- Крок 2 - визначення стратегічних ваг проектів W_i через скорингову карту портфеля: експертна група (Portfolio Review Board) оцінює кожен проект за трьома критеріями (фінансовий внесок, стратегічна важливість, ресурсна ємність), після чого отримані бали нормалізуються до вектора ваг, що задовольняє умові $\sum W_i = 1$ (табл. 3.5).
- Крок 3 - розрахунок інтегрального Health-індексу портфеля PI за формулою (3.13).
- Крок 4 - розрахунок агрегованої метрики ризику портфеля R_{portf} .
- Крок 5 - перевірка компенсаторного ефекту: якщо наявні проекти зі статусом Red та одночасно високою вагою W_i , показник PI аналізується у поєднанні з R_{portf} , оскільки може маскувати критичний стан окремих проектів.
- Крок 6 - формування управлінського висновку на основі трьох взаємодоповнювальних індикаторів: PI (загальний стан портфеля), R_{portf} (концентрація ризику) та вектора $\{H_i\}$ (стан кожного проекту для drill-down аналізу).

Цей метод забезпечує перехід від тактичного аналізу на рівні окремих проектів до стратегічного аналізу на рівні всього портфеля як єдиної інтегрованої системи, надаючи керівництву інструмент для обґрунтованого прийняття рішень стратегічного рівня.

Для агрегації показників "здоров'я" окремих проектів у єдиний індекс портфеля застосовується аналогічний до попереднього кроку підхід, що базується на методі зваженої суми. Такий вибір забезпечує методологічну консистентність та послідовність всього розробленого методу, оскільки принципи, що застосовуються для оцінки на мікрорівні (проект), логічно розширюються на макрорівень (портфель). Ця модель є реалізацією агрегуючої функції корисності F_{portf} , введеної

у підрозділі 2.2.4.

Математична модель для розрахунку інтегрального Health-індексу портфеля (P_I) має наступний вигляд (3.13):

$$P_I = \sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i, \quad (3.13)$$

де:

P_I - інтегральний Health-індекс портфеля. Це кінцеве числове значення, що належить до неперервного проміжку $[1, 3]$ і слугує макро-індикатором загального стану всього портфеля проєктів. З управлінської точки зору, P_I є "температурою" або "пульсом" всього проєктного напрямку компанії. Він призначений для вищої ланки керівництва (топ-менеджменту, керівників проєктних офісів) і дозволяє миттєво оцінити загальну ситуацію, не занурюючись у деталі кожного окремого проєкту.

n - потужність множини проєктів у портфелі.

H_i - інтегральний показник Health-статусу для i -го проєкту. Важливо підкреслити, що цей показник є вихідним даним з попереднього етапу аналізу (підрозділ 3.2). Таким чином, модель портфельного рівня будується на результатах моделі проєктного рівня, забезпечуючи ієрархічність та декомпозицію аналізу.

W_i - ваговий коефіцієнт i -го проєкту. Це ключовий параметр стратегічного рівня, що відображає відносну важливість або пріоритетність i -го проєкту в портфелі. Вагові коефіцієнти задовольняють умові невід'ємності та нормування: $W_i \geq 0$ та $\sum_{i=1}^n W_i = 1$. На відміну від ваг метрик (w_j), які відображають тактичні пріоритети, ваги проєктів (W_i) є формальним вираженням стратегічного узгодження (*strategic alignment*). Вони дозволяють моделі враховувати, що не всі проєкти є однаково цінними для бізнесу, і є інструментом для відображення поточної інвестиційної стратегії компанії.

Окрім інтегрального індексу P_I доцільно ввести сукупну метрику ризику портфеля R_{portf} , яка кількісно відображає агрегований рівень ризику всього портфеля проєктів. Вона розраховується як зважене середнє ризиків окремих проєктів з урахуванням їхніх ваг у портфелі (3.14):

$$R_{portf} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot R_i, \quad (3.14)$$

де R_i - рівень ризику i -го проєкту, визначений на основі відповідних ризик-орієнтованих метрик (якість коду, кількість та критичність багів, відхилення за термінами та бюджетом тощо), а W_i - вага цього проєкту в портфелі. Метрика R_{portf} доповнює інтегральний індекс P_I : якщо P_I відображає «здоров'я» портфеля, то R_{portf} кількісно фіксує сукупний ризик, пов'язаний із цим портфелем.

Критичний аналіз моделі та її обмежень. Незважаючи на прозорість та простоту, адитивна модель для розрахунку P_I має фундаментальне обмеження, яке необхідно чітко усвідомлювати при інтерпретації результатів. Варто зазначити, що інтегральний індекс P_I , надаючи цінний загальний огляд стану портфеля, також успадковує компенсаторну природу адитивної моделі. Це означає, що єдине скалярне значення може маскувати критичні ризики. Наприклад, портфель з одного стратегічно важливого проєкту у стані "Red" (наприклад, $H_i=1.2$, $W_i=0.7$) та кількох менш важливих проєктів у стані "Green" (наприклад, $H_k=3.0$, сумарна $W_k=0.3$) може мати загальну оцінку $P_I=1.2 \cdot 0.7 + 3.0 \cdot 0.3 = 0.84 + 0.9 = 1.74$, що формально відповідає рівню "Amber". Такий усереднений результат не повністю відображає рівень загрози для бізнесу, оскільки провал флагманського проєкту може мати катастрофічні наслідки, незважаючи на успіх інших.

Тому, показник P_I слід розглядати не як єдину "істину", а як індикатор вищого рівня в рамках комплексної системи моніторингу. Його аналіз завжди має супроводжуватися перевіркою індивідуальних показників H_i проєктів з найвищими ваговими коефіцієнтами W_i . Більш того, для глибокого аналізу ризиків, окрім середнього зваженого значення (P_I), доцільно аналізувати і показники варіації, наприклад, зважену дисперсію показників H_i . Висока дисперсія може свідчити про поляризацію портфеля ("все або нічого"), що є окремим фактором ризику, навіть при прийнятному середньому значенні P_I . Вирішення проблеми компенсації на рівні портфеля, як і на рівні проєкту, вимагає введення додаткових

некомпенсаторних правил, що буде розглянуто далі.

Для забезпечення коректності, відтворюваності та наукової обґрунтованості розробленого методу необхідно чітко визначити його аксіоматичні основи (базові припущення, на яких він ґрунтується) та формально дослідити його ключові теоретичні властивості. Цей аналіз дозволяє не лише зрозуміти механіку моделі, а й оцінити її адекватність, межі застосування та інтерпретувати результати.

Припущення та аксіоми моделі

Будь-яка математична модель є спрощенням реальності та базується на низці припущень. Явне формулювання цих припущень є необхідною умовою наукової строгості.

A1. Нормалізація та узгодженість порядкової шкали: Кожна метрика нормалізується у дискретну порядкову шкалу $\{1, 2, 3\}$ (Red/Amber/Green) на основі фіксованих порогових правил. Це припущення означає, що ми переходимо від метричних шкал (інтервальних або відношень), в яких вимірюються первинні показники, до порядкової шкали. З точки зору теорії вимірювань, така трансформація є коректною, але призводить до часткової втрати інформації (наприклад, різниця між CPI 0.89 та 0.5 зникає). Однак, це є свідомим методологічним вибором, оскільки для завдань моніторингу та раннього попередження важливішою є не точна величина відхилення, а сам факт перетину критичного порогу, що є більш інтерпретованим для ОПР. Також вважається, що семантика статусів ("проблема", "увага", "норма") є узгодженою та однаково інтерпретується в межах усієї організації.

A2. Адитивна незалежність критеріїв та умови нормування ваг: Модель базується на адитивній функції корисності. Її застосування ґрунтується на припущенні про адитивну незалежність критеріїв. Це означає, що внесок кожного критерію (метрики) у загальну оцінку не залежить від значень інших критеріїв. В реальних проєктах це припущення не завжди виконується строго (наприклад, низька якість коду може впливати на терміни виконання). Однак, для слабоструктурованих завдань, де побудова складної нелінійної моделі є неможливою через брак даних та складність інтерпретації, лінійна модель є

науково та практично виправданим наближенням. Вагові коефіцієнти метрик (w_j) та проєктів (W_i) є невід'ємними та задовольняють умовам нормування (3.15)

$$\sum w_j=1 \text{ та } \sum W_i=1 \text{ відповідно} \quad (3.15)$$

A3. Часова синхронізація та повнота даних: Вважається, що всі дані для розрахунку збираються з однаковим часовим кроком (наприклад, щоденно або щотижнево). Це припущення є необхідним для коректного порівняння динаміки різних проєктів. Модель у її базовій формі не враховує пропуски у даних по критичних метриках; для некритичних метрик може застосовуватися політика імпутації (наприклад, використання останнього відомого значення або середнього за певний період), що має бути чітко задокументовано.

A4. Стабільність параметрів моделі: Вважається, що параметри моделі (порогові правила та вагові коефіцієнти) є відносно стабільними і переглядаються не частіше, ніж один раз на визначений період (наприклад, щоквартально), згідно з політикою управління моделлю. Це забезпечує стабільність та порівнюваність оцінок у часі, уникаючи хаотичних змін, спричинених постійною зміною "правил гри".

Формальний аналіз властивостей моделі

V1. (Монотонність): Для будь-якої метрики S_{ik} , частинна похідна $\partial H_i / \partial S_{ik} = w_k \geq 0$. Аналогічно, $\partial P_i / \partial H_i = W_i \geq 0$.

Це гарантує, що покращення будь-якого показника не може призвести до погіршення загальної оцінки, що є фундаментальною вимогою до будь-якої раціональної моделі прийняття рішень.

V2. (Обмеженість): Якщо статуси S_{ij} належать до множини $\{1, 2, 3\}$, то інтегральна оцінка H_i завжди буде знаходитись у межах $[\min(S_{ij}), \max(S_{ij})]$. Аналогічно, $P_i \in [\min(H_i), \max(H_i)]$. Ця властивість впливає з того, що зважене середнє арифметичне завжди знаходиться між мінімальним та максимальним значенням набору. Практично це означає, що модель є стійкою і не може генерувати екстремальних, неправдоподібних оцінок, що виходять за межі шкали.

V3. (Чутливість до ваг): Чутливість оцінки до зміни ваги визначається значенням самого критерію: $\partial H_i / \partial w_k = S_{ik}$ та $\partial P_i / \partial W_i = H_i$. Практично це означає, що метрики та проєкти, які мають одночасно високу вагу та низький статус ("Red"), роблять найбільший негативний внесок у фінальну оцінку. Ця властивість дозволяє використовувати модель як інструмент діагностики, швидко ідентифікуючи ключові джерела проблем.

V4. (Компенсаторність та її усунення): Адитивна природа моделі допускає маскування критичних "Red"-статусів менш значущими "Green"-статусами. Це є її головним теоретичним обмеженням. Для усунення цього недоліку вводиться процедурне правило "вето", що перетворює модель на частково некомпенсаторну. Наприклад, якщо хоча б один з Топ-К проєктів за вагою W_i має "Red"-статус, загальний статус портфеля примусово позначається як "Amber" (Warning), незалежно від розрахункового значення P_i . Такий гібридний підхід є одним з елементів наукової новизни даної роботи.

V5. (Керована стабільність): Баланс між стабільністю та чутливістю моделі є керованою властивістю, що налаштовується через три рівні політик:

(Рівень 1) вибір порогових значень R/A/G (зміна цих порогів робить модель більш чи менш "нервовою");

(Рівень 2) визначення вагових коефіцієнтів $\{w_j\}, \{W_i\}$ (збільшення ваги робить модель більш чутливою до відповідного критерію);

(Рівень 3) застосування часових вікон згладжування (напр., ковзне середнє) при розрахунку метрик для усунення короткострокового "шуму".

Якщо інтегральний показник H_i відповідає на питання "Наскільки добре виконується проєкт?", то ваговий коефіцієнт W_i відповідає на значно більш складне та стратегічно важливе питання: "Наскільки цей проєкт є важливим для компанії?". Цей коефіцієнт є ключовим елементом, що пов'язує операційну ефективність, вимірювану на мікрорівні, зі стратегічними цілями бізнесу на макрорівні [42-42]. З точки зору теорії управління проєктними портфелями (PPM), визначення відносної важливості проєктів є центральним завданням процесу стратегічного узгодження (*strategic alignment*). Саме через механізм ваг модель отримує здатність розрізняти

проекти, що є критично важливими для виживання та розвитку бізнесу, від проектів з меншим стратегічним впливом.

Такий підхід дозволяє моделі враховувати, що "червоний" статус невеликого внутрішнього R&D проекту і "червоний" статус флагманського проекту для головного клієнта мають абсолютно різний вплив на загальне "здоров'я" компанії. Таким чином, визначення ваг W_i є не технічною, а стратегічною задачею, що вимагає залучення вищої ланки керівництва та застосування формалізованих, обґрунтованих методів.

Критерії визначення важливості проектів. Визначення ваги проекту є багатоаспектним завданням. Процес передбачає колегіальне рішення групи осіб, що беруть участь у стратегічному управлінні (напр., *Portfolio Review Board*). Вага може визначатися на основі комбінації кількох факторів, які доцільно згрупувати у наступні категорії:

Фінансовий внесок: Цей критерій оцінює прямий вплив проекту на фінансові показники компанії. Він може включати не лише частку бюджету проекту в загальному бюджеті портфеля, а й більш складні показники, такі як очікувана чиста приведена вартість (*Net Present Value*, NPV) або внутрішня норма дохідності (*Internal Rate of Return*, IRR) для інвестиційних проектів. Проекти з більшим фінансовим впливом отримують вищу вагу, оскільки ризики по них є більш значущими для компанії.

Стратегічна важливість: Цей критерій оцінює непрямий, довгостроковий вплив проекту на конкурентоспроможність бізнесу. Він є якісним і вимагає експертної оцінки за такими напрямками, як:

Вихід на нові ринки або залучення ключових клієнтів: Проект може мати невеликий бюджет, але бути "вхідним квитком" до нового ринкового сегменту або до співпраці зі стратегічно важливим замовником.

Розвиток нових компетенцій або R&D: Проект може бути спрямований на освоєння нових технологій, що є критично важливими для майбутнього компанії.

Вплив на бренд та репутацію: Успішне виконання певних проектів може значно посилити позиції компанії на ринку.

Ресурсна ємність та залежність: Цей критерій оцінює, наскільки проєкт навантажує обмежені ресурси компанії. Він включає не лише загальну кількість залучених FTE (*Full-Time Equivalent*), а й залежність від унікальних, дефіцитних ресурсів. Наприклад, проєкт, що вимагає участі єдиного в компанії топ-архітектора, автоматично стає більш пріоритетним та ризикованим, а отже, його вага в моделі має бути вищою.

Формалізована процедура визначення ваг: метод скорингової карти портфеля.

Для переходу від цих якісних та кількісних факторів до конкретних числових значень W_i застосовується формалізована процедура, аналогічна тій, що була описана для визначення ваг метрик у підрозділі 2.3.4. Найбільш адекватним інструментом для цього є розробка скорингової карти портфеля (*Portfolio Scorecard*)[4]. Процедура її застосування включає наступні кроки:

Визначення та зважування критеріїв оцінки: На першому кроці експертна група (Portfolio Review Board) визначає ключові критерії оцінки важливості проєктів (напр., "Фінансовий внесок", "Стратегічна важливість", "Ресурсна ємність") та присвоює ваги самим критеріям (мета-ваги). Наприклад, "Стратегічна важливість" може отримати вагу 0.5, "Фінансовий внесок" - 0.3, а "Ресурсна ємність" - 0.2.

Розробка шкали оцінювання: Для кожного критерію розробляється порядкова шкала оцінювання, наприклад, від 1 до 5.

Проведення експертного оцінювання: Кожен проєкт у портфелі оцінюється експертною групою за кожним із визначених критеріїв.

Розрахунок зваженого балу: Для кожного проєкту розраховується сумарний зважений бал (*Total Score*).

Нормування ваг: Сумарні бали всіх проєктів нормалізуються для отримання фінальних вагових коефіцієнтів W_i , що задовольняють умові $\sum W_i = 1$.

Такий підхід, на відміну від прямого інтуїтивного призначення ваг, забезпечує прозорість, об'єктивність та відтворюваність процесу визначення пріоритетів у портфелі, що є необхідною умовою наукової обґрунтованості методу.

Для детальної ілюстрації роботи методу агрегації на портфельному рівні, а також для демонстрації його діагностичних та стратегічних можливостей, розглянемо його застосування до гіпотетичного, але реалістичного портфеля проєктів.

Розглянемо аутсорсингову ІТ-компанію "TechSolutions", портфель якої на поточний момент складається з трьох ключових проєктів:

"Проєкт Альфа": Флагманський проєкт з розробки нової E-commerce платформи для стратегічно важливого клієнта, що відкриває для компанії вихід на новий ринок. Проєкт має найбільший бюджет та команду, але характеризується високим рівнем технічної складності та невизначеності вимог.

"Проєкт Бета": Довгостроковий проєкт з підтримки та розвитку стабільної CRM-системи для постійного, надійного клієнта. Проєкт генерує стабільний, прогнозований дохід і має низький рівень ризиків.

"Проєкт Гамма": Внутрішній R&D проєкт з дослідження можливостей застосування штучного інтелекту для оптимізації внутрішніх процесів. Проєкт має невеликий бюджет і не генерує прямого доходу, але є важливим для технологічного розвитку компанії.

Припустимо, що для цих проєктів на основі методології, описаної у підрозділі 3.2, вже розраховані інтегральні показники Health-статусу:

$H_{\text{Альфа}}=1.75$ ("низький Amber", що свідчить про серйозні проблеми).

$H_{\text{Бета}}=2.80$ ("високий Green", проєкт є дуже успішним).

$H_{\text{Гамма}}=2.10$ ("стабільний Amber", проєкт має певні труднощі, але вони не є критичними).

Застосування скорингової карти для визначення ваг проєктів (W_i)

Для визначення вагових коефіцієнтів проєктів (W_i) застосовано процедуру, описану у підрозділі 3.3.4, на основі скорингової карти портфеля. Експертна група (*Portfolio Review Board*) оцінила кожен проєкт за трьома ключовими критеріями з відповідними мета-вагами: "Стратегічна важливість" (вага 0.5), "Фінансовий внесок" (вага 0.3) та "Ресурсна ємність" (вага 0.2). Результати оцінювання наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Скорингова карта та розрахунок ваг для проєктів портфеля [розроблено автором]

Проект	Стратегічна важливість	Фінансовий внесок	Ресурсна ємність	Сумарний бал	Нормалізована вага (W_i)
Ваги критеріїв	0.5	0.3	0.2		
Проект Альфа	5 (дуже висока)	5 (дуже високий)	5 (дуже висока)	$5*0.5+5*0.3+5*0.2=5.0$	$5.0/8.3\approx0.60$
Проект Бета	2 (середня)	4 (високий)	3 (середня)	$2*0.5+4*0.3+3*0.2=2.8$	$2.8/8.3\approx0.34$
Проект Гамма	3 (висока)	1 (низький)	1 (низька)	$3*0.5+1*0.3+1*0.2=2.0$	$2.0/8.3\approx0.24$
Всього				9.8	≈1.00

Примітка: для спрощення подальших розрахунків у прикладі, ваги округлено до 0.60, 0.30 та 0.10, що є припустимим після формальної процедури)

Розрахунок інтегрального індексу та його управлінська інтерпретація. На основі розрахованих показників H_i та ваг W_i проводиться розрахунок інтегрального Health-індексу портфеля (P_I). Процес розрахунку зведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Приклад розрахунку інтегрального індексу портфеля P_I [розроблено автором]

Проект	Health-статус (H_i)	Вага проєкту (W_i)	Зважена оцінка ($W_i \cdot H_i$)
Проект Альфа	1.75	0.6	1.05
Проект Бета	2.8	0.3	0.84
Проект Гамма	2.1	0.1	0.21
Всього		1	$P_I=2.10$

Отримане значення $P_I=2.10$ дає керівництву єдину, агреговану оцінку стану всього портфеля, що відповідає рівню "стабільний Amber". Цей результат є потужним сигналом для менеджменту. Він показує, що, незважаючи на локальні

успіхи ("Проект Бета" є майже "зеленим"), загальний стан портфеля є тривожним через серйозні проблеми у найбільш важливому "Проекті Альфа". Такий результат вимагає негайного стратегічного втручання, а саме - фокусування ресурсів та уваги на вирішенні проблем у "Проекті Альфа", оскільки саме він є головним джерелом ризику для всієї компанії.

Аналіз обмежень ілюстративного прикладу. Слід підкреслити, що наведений приклад, як і попередній, має на меті лише ілюстрацію математичного апарату агрегації і свідомо базується на гіпотетичних даних. Питання емпіричної валідації розробленого методу на наборі даних реальних проєктів, що є обов'язковою частиною дослідження, буде детально розглянуто у Розділі 4. Також варто зазначити, що хоча інтегральний індекс R_I є корисним індикатором загального стану, він не повинен розглядатися ізольовано. Його аналіз має завжди супроводжуватися перевіркою індивідуальних показників H_i проєктів з найвищою вагою, щоб уникнути стратегічних ризиків, пов'язаних з ефектом компенсації, що було детально проаналізовано у підрозділі 3.3.

У поєднанні з агрегованою метрикою ризику портфеля R_{portf} , яка обчислюється на основі індивідуальних ризиків R_i та ваг W_i , це дозволяє не лише фіксувати середній стан портфеля (через R_I), але й кількісно оцінювати сукупний рівень ризику, що є критично важливим для прийняття рішень щодо перерозподілу ресурсів.

Для повноти аналізу, на основі тих самих ваг W_i та оцінок ризику R_i для кожного проєкту, може бути додатково розрахована агрегована метрика ризику портфеля R_{portf}

за формулою, наведеною в підрозділі, що дозволяє кількісно зіставляти сценарії перерозподілу ресурсів з точки зору ризику.

3.4 Дослідження властивостей розробленого методу

Після розробки математичного апарату для розрахунку інтегральних показників на рівні проєкту та портфеля, необхідно провести строгий аналіз його

фундаментальних властивостей. Цей аналіз є ключовим етапом дослідження в рамках парадигми Науки про проєктування (Design Science Research), оскільки він відповідає за внутрішню валідацію (internal validity) розробленого продукту. Він доводить не лише працездатність методу, а і його наукову коректність, адекватність предметній області та відповідність критеріям, сформульованим у підрозділі 2.2.4. У теорії прийняття рішень до моделей ICM висувається низка вимог, які гарантують їхню надійність та практичну цінність.

Метою даного підрозділу є формальне дослідження та доведення відповідності розробленого методу ключовим із цих властивостей. Це дослідження є необхідним для підтвердження того, що запропонована модель є не просто набором евристичних правил, а науково обґрунтованим інструментом, що поводить логічно, передбачувано та надійно. Кожна з досліджуваних властивостей відповідає за критично важливий аспект адекватності моделі:

Прозорість є вимогою довіри та інтерпретованості. Вона гарантує, що модель не є "чорною скринькою", а її результати можуть бути зрозумілі та перевірені особами, що приймають рішення.

Монотонність є вимогою логічної коректності. Вона забезпечує, що модель раціонально реагує на зміни, і покращення входних параметрів не може призвести до парадоксального погіршення результату.

Чутливість та стабільність є вимогами робастності. Вони визначають, наскільки модель адекватно реагує на значущі сигнали та ігнорує несуттєвий "шум", що є критичним для її практичного застосування.

Адаптивність є вимогою відповідності стратегічному контексту. Вона гарантує, що модель може бути гнучко налаштована під зміну бізнес-пріоритетів, залишаючись релевантним інструментом у динамічному середовищі.

У наступних підрозділах буде проведено послідовний аналіз кожної з цих властивостей, що включатиме теоретичне обґрунтування її важливості, формальне доведення (де це можливо) та/або експериментальну перевірку.

Властивість прозорості (також відома як інтерпретованість або пояснювальність) є однією з найважливіших вимог до систем підтримки прийняття

рішень, особливо в бізнес-середовищі, де рішення мають високу ціну. У сучасному науковому дискурсі ключовою вимогою до аналітичних моделей є прозорість та інтерпретованість отриманих результатів. На відміну від «непрозорих» моделей типу складних нейронних мереж або ансамблевих методів (наприклад, градієнтного бустингу), де логіка формування висновку залишається прихованою від користувача, інтерпретовані моделі дають змогу повністю відтворити, зрозуміти та верифікувати процес отримання результату.

Така властивість є критичною для формування довіри до аналітичного інструменту з боку осіб, що приймають рішення, та для перевірки обґрунтованості отриманих рекомендацій. Як підкреслювали ще класики досліджень у сфері управління та інформаційних систем, зокрема Дж. Кін та М. Скотт Мортон, успішність використання аналітичної моделі залежить не стільки від її математичної досконалості, скільки від того, наскільки вона узгоджується з когнітивними процесами менеджера. Інструмент, логіці якого особа, що приймає рішення, не довіряє або не може її пояснити, фактично не використовується, перетворюючись на дорогу, але малоефективну інвестицію. Тому вимога прозорості та інтерпретованості має розглядатися як первинна під час проєктування моделей для підтримки вирішення слабоструктурованих управлінських завдань.

Формальне доведення властивості прозорості для розробленого методу

Прозорість розробленого методу забезпечується самою природою методу простої адитивної згортки (SAW). Розрахункові формули (3.16),(3.17):

$$H_i = \sum_{j=1}^m w_i \cdot S_{ij} , \quad (3.16)$$

$$P_I = \sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i , \quad (3.17)$$

використовують лише лінійну комбінацію вхідних параметрів. Це означає, що будь-який кінцевий результат (H_i або P_i) може бути легко декомпозований на його складові. Внесок кожного окремого статусу метрики (S_{ij}) у фінальну оцінку проєкту (H_i) є прямо пропорційним добутку цього статусу на вагу відповідної метрики (w_j).

Це дозволяє реалізувати важливу для ОПР функцію - аналіз факторів впливу (*contribution analysis*). На відміну від моделей "чорної скриньки", де для пояснення результату необхідно застосовувати складні методи пост-фактум інтерпретації (напр., LIME або SHAP), що дають лише наближену оцінку, в нашій моделі цей аналіз є тривіальним. Для відповіді на питання "Які саме проблеми найбільше вплинули на низьку оцінку проєкту?" достатньо відранжувати доданки $w_j \cdot S_{ij}$ у порядку зростання. Така детермінованість та можливість "простежити" розрахунок є фундаментальною перевагою методу, що дозволяє перейти від простої констатації "проєкт є проблемним" до аргументованого, доказового аналізу "проєкт є проблемним через критичний стан метрик X та Y, внесок яких у загальну оцінку є найбільшим".

Порівняльний аналіз з підходами "чорної скриньки". Хоча моделі "чорної скриньки" можуть теоретично виявляти більш складні, нелінійні залежності між метриками, їх застосування для даного завдання є недоцільним з кількох причин:

Проблема довіри: Як було зазначено, непрозорість підриває довіру та ускладнює впровадження.

Складність валідації: Перевірити адекватність та виявити потенційні упередження (*bias*) у складній моделі є значно важчим завданням.

Нестабільність пояснень: Методи пост-фактум інтерпретації можуть давати нестабільні результати, де незначна зміна вхідних даних призводить до кардинальної зміни "пояснення", що є неприпустимим для управлінського моніторингу.

Таким чином, свідомий вибір простої та прозорої лінійної моделі є не спрощенням, а методологічно обґрунтованим рішенням, що ставить на перше місце інтерпретованість та надійність результатів, які є ключовими вимогами до систем

підтримки прийняття рішень у бізнес-середовищі.

Властивість монотонності є фундаментальною, наріжною вимогою до будь-якої коректної функції переваг у теорії прийняття рішень. Вона є прямим наслідком аксіоми раціональності, яка стверджує, що особа, яка приймає рішення, завжди віддасть перевагу альтернативі, що є кращою хоча б за одним критерієм і не є гіршою за іншими. В контексті нашої моделі, це гарантує, що вона поводить себе логічно та передбачувано, а саме: при покращенні значення будь-якого вхідного критерію, за умови незмінності (*ceteris paribus*) інших критеріїв, загальна інтегральна оцінка не може погіршитись.

Відсутність цієї властивості свідчила б про парадоксальну та неадекватну поведінку моделі. Наприклад, ситуація, коли команда проєкту докладає зусиль для виправлення дефектів (покращуючи метрику "Open Bugs"), а інтегральний Health-статус проєкту при цьому знижується, є не лише контрінтуїтивною, а й демотивуючою. Це повністю б підірвало довіру до системи та її легітимність як інструменту оцінювання. Таким чином, доведення монотонності є не просто математичною формальністю, а необхідною умовою для того, щоб розроблений метод міг вважатися адекватним інструментом підтримки прийняття управлінських рішень.

Формальне доведення властивості монотонності. Для строгого доведення сформулюємо та доведемо наступне твердження. Твердження 3.1 (Про монотонність агрегуючих функцій).

Агрегуючі функції H_i (3.18) та P_I (3.19), визначені як

$$H_i = \sum_{j=1}^m w_i \cdot S_{ij} , \quad (3.18)$$

$$P_I = \sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i , \quad (3.19)$$

є монотонно неспадними за кожним зі своїх аргументів.

Доведення.

Доведення для функції H_i : Розглянемо функцію розрахунку Health-статусу проєкту H_i як функцію від вектора статусів $H_i(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im})$. Для доведення монотонності необхідно показати, що частинна похідна функції H_i за будь-яким з її аргументів S_{ik} є невід'ємною (3.20).

$$\frac{\partial H_i}{\partial S_{ik}} = \frac{\partial}{\partial S_{ik}} \left(\sum_{j=1}^m w_j \cdot S_{ij} \right), \quad (3.20)$$

Оскільки сума є лінійною, а S_{ij} є незалежними змінними для $j \neq k$ (3.21):

$$\frac{\partial H_i}{\partial S_{ik}} = w_k, \quad (3.21)$$

Згідно з припущенням моделі (A2), всі вагові коефіцієнти w_j є невід'ємними ($w_j \geq 0$) (3.22). Отже,

$$\frac{\partial H_i}{\partial S_{ik}} = w_k \geq 0, \quad (3.22)$$

Це доводить, що функція H_i є монотонно неспадною за кожним зі своїх аргументів. Що і треба було довести.

2. Доведення для функції P_I : Аналогічно, розглянемо функцію розрахунку Health-індексу портфеля P_I як функцію від вектора Health-статусів проєктів $P_I(H_1, H_2, \dots, H_n)$. Частинна похідна за будь-яким з аргументів H_k дорівнює (3.23):

$$\frac{\partial P_I}{\partial H_k} = \frac{\partial}{\partial H_k} \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i \right) = W_k, \quad (3.23)$$

Згідно з припущенням моделі (A2), всі вагові коефіцієнти проєктів W_i є невід'ємними ($W_i \geq 0$). Отже, (3.24)

$$\frac{\partial P_I}{\partial H_k} = W_k \geq 0, \quad (3.24)$$

Це доводить, що функція P_I є монотонно неспадною за кожним зі своїх аргументів. Що і треба було довести.

Управлінські наслідки та інтерпретація властивості монотонності. Формальне доведення монотонності має важливі практичні та управлінські наслідки. Воно гарантує, що будь-які реальні покращення в проєкті (що ведуть до підвищення статусу хоча б однієї метрики) завжди будуть позитивно (або нейтрально, якщо вага метрики нульова) відображені в його інтегральній оцінці. Це створює прозорий та справедливий механізм зворотного зв'язку для команд та менеджерів. Вони можуть бути впевнені, що їхні зусилля з покращення ситуації будуть зафіксовані та оцінені системою, що підвищує мотивацію та сприяє культурі постійного вдосконалення. Крім того, ця властивість забезпечує передбачуваність моделі: менеджери можуть бути впевнені, що впровадження певних коригуючих дій, спрямованих на покращення конкретних метрик, не призведе до несподіваного погіршення загальної картини. Це є необхідною умовою адекватності моделі та її придатності для використання в реальних управлінських процесах.

Теоретичне обґрунтування: дилема чутливості та стабільності ICM. Ефективна модель ICM повинна знаходити баланс між двома протилежними, але однаково важливими властивостями: чутливістю та стабільністю (робастністю).

Чутливість (*Sensitivity*) означає, що модель має адекватно реагувати на значущі зміни у стані системи. Вона не повинна бути "сліпою" до виникнення реальних проблем.

Стабільність (*Stability* або *Robustness*) означає, що модель має ігнорувати несуттєві коливання ("інформаційний шум") і бути стійкою до невеликих похибок у вхідних даних. Модель, що є надто "нервовою" і постійно змінює свої оцінки через незначні флуктуації, є непридатною для прийняття рішень.

У багатьох складних моделях цей баланс є вродженим, некерованим недоліком. Однак у розробленому методі, завдяки простоті та прозорості лінійної моделі, цей баланс є керованою властивістю, що налаштовується через механізм вагових коефіцієнтів, який, по суті, є вбудованим інструментом аналізу чутливості.

Формальний аналіз чутливості моделі

Аналіз чутливості в MCDA досліджує, як зміни у вхідних параметрах моделі (значеннях критеріїв та їхніх вагах) впливають на кінцевий результат [39-41]. Для нашої моделі можна формально визначити два типи чутливості.

Чутливість до зміни статусів метрик. Як було доведено при аналізі монотонності, чутливість інтегрального показника H_i до зміни статусу j -ї метрики дорівнює її ваговому коефіцієнту w_j (3.25):

$$\frac{\partial H_i}{\partial S_{ij}} = w_j. \quad (3.25)$$

Це означає, що зміна статусу будь-якої метрики на одну одиницю (напр., з "Amber" (2) до "Red" (1)) призведе до зміни інтегрального показника H_i рівно на величину ваги цієї метрики w_j . Це дозволяє експертам, що налаштовують модель, свідомо та кількісно керувати її поведінкою:

Підвищення чутливості: Якщо для компанії є стратегічно важливим дотримання бюджету, експерти можуть встановити високий ваговий коефіцієнт для метрики CPI (напр., $w_{CPI} = 0.3$). У такому випадку погіршення статусу цієї метрики з "Green" (3) до "Red" (1) призведе до значного падіння загального показника H_i на величину $\Delta H_i = 0.3 \cdot (1-3) = -0.6$. Це суттєва зміна, яка гарантовано приверне увагу менеджменту.

Забезпечення стабільності: І навпаки, метрики, що вважаються менш значущими (напр., допоміжні процесні метрики), отримують низькі вагові коефіцієнти (напр., $w_j = 0.05$). Зміна їхнього статусу матиме незначний вплив на загальну оцінку ($\Delta H_i = 0.05 \cdot (1-3) = -0.1$), що робить модель стабільною щодо їхніх коливань і не відволікає увагу менеджменту від більш пріоритетних проблем.

Чутливість до зміни вагових коефіцієнтів. Не менш важливим є аналіз чутливості моделі до змін у самих вагах, оскільки вони визначаються експертно і можуть містити елемент суб'єктивізму. Чутливість H_i до зміни ваги k -ї метрики визначається як (3.26):

$$\frac{\partial H_i}{\partial w_k} = S_{ik}. \quad (3.26)$$

Це означає, що вплив зміни ваги на кінцевий результат прямо пропорційний поточному статусу відповідної метрики. Практично це означає, що модель є найбільш чутливою до зміни ваг тих метрик, які мають найкращий ("Green", 3) або найгірший ("Red", 1) статус, і найменш чутливою до зміни ваг метрик, що знаходяться у проміжному "Amber" (2) стані. Ця властивість є логічною та підтверджує адекватність моделі. Експериментальна перевірка цієї властивості буде проведена у наступному підрозділі.

Управлінська інтерпретація та політики налаштування. Можливість керувати чутливістю перетворює модель з простого калькулятора на гнучкий стратегічний інструмент. Компанія може розробити та застосовувати різні "політики зважування" для різних типів проєктів або для різних станів ринку:

"Консервативна політика" (в умовах кризи): Ваги фінансових метрик (CPI, SPI) та метрик, пов'язаних з утриманням клієнтів, значно підвищуються. Модель стає надзвичайно чутливою до будь-яких фінансових відхилень.

"Інноваційна політика" (для R&D проєктів): Ваги технічних метрик (якість коду, впровадження нових технологій) можуть бути вищими за фінансові, оскільки метою є не короткостроковий прибуток, а довгостроковий технологічний розвиток.

"Стабільна політика" (для проєктів підтримки): Найвищу вагу можуть мати метрики, пов'язані зі стабільністю системи (Change Failure Rate) та швидкістю реакції на інциденти.

Таким чином, розроблений метод дозволяє не просто гнучко налаштовувати чутливість до різних типів ризиків шляхом свідомого розподілу ваг, а й

формалізувати ці налаштування у вигляді чітких управлінських політик, що є необхідною умовою для його системного та ефективного застосування в реальних бізнес-процесах.

Мета, гіпотези та дизайн експерименту. Теоретичне обґрунтування керованої чутливості, наведене у попередньому підрозділі, необхідно підкріпити експериментальними даними для підтвердження стійкості (робастності) моделі. Стійкість в даному контексті означає, що незначні або помірні зміни у вхідних параметрах моделі (зокрема, у вагових коефіцієнтах, що визначаються експертно) не призводять до кардинальних, хаотичних змін у кінцевих результатах, особливо у відносному ранжуванні альтернатив. Це є критично важливою властивістю, оскільки вона гарантує надійність моделі в умовах неминучих розбіжностей у думках експертів.

Метою даного обчислювального експерименту є кількісна оцінка впливу варіацій вагових коефіцієнтів метрик (w_j) на фінальні інтегральні оцінки проєктів (H_i) та їх відносне ранжування.

Для досягнення цієї мети було сформульовано наступну нульову гіпотезу (H_0):

Зміна вагових коефіцієнтів метрик в межах реалістичного діапазону ($\pm 25\%$) не призводить до статистично значущої зміни у відносному ранжуванні проєктів у портфелі.

Для перевірки цієї гіпотези було розроблено дизайн обчислювального експерименту, що включає визначення вхідних даних, моделювання сценаріїв та вибір метрик для оцінки результатів.

Вхідні дані: За основу було взято гіпотетичний, але репрезентативний портфель з трьох проєктів ("Альфа", "Бета", "Гамма") з їхніми "базовими" оцінками H_i та векторами статусів S_i , заданими на основі типових конфігурацій метрик, узгоджених з прикладами, розглянутими у попередніх підрозділах. Цей набір даних є достатнім для демонстрації ефекту, оскільки включає проєкти з різним рівнем "здоров'я" (від "проблемного" до "успішного").

Моделювання сценаріїв: Було змодельовано два сценарії, що імітують типові

ситуації при визначенні ваг:

Сценарій 1 (Зниження пріоритету): Вага найбільш значущої метрики (CPI Index, $w_j=0.20$) була зменшена на 25% (до 0.15). Це імітує ситуацію, коли експертна група вирішує дещо знизити пріоритет фінансового контролю на користь інших аспектів. Вивільнена вага (0.05) була рівномірно розподілена між двома іншими метриками для збереження умови нормування.

Сценарій 2 (Підвищення пріоритету): Вага однієї з найменш значущих метрик (Backlog Health, $w_j=0.05$) була збільшена на 100% (до 0.10). Це імітує ситуацію, коли компанія вирішує приділити більше уваги якості планування. Відповідна вага була віднята від найбільш значущої метрики.

Для кожного сценарію було проведено повний перерахунок показників H_i для всіх трьох проєктів з використанням нових векторів ваг.

Результати моделювання та їх статистичний аналіз наведено у табл. 3.7.

Аналіз абсолютних значень: Як видно з результатів, навіть при суттєвих змінах вагових коефіцієнтів (± 25 -100% від їхньої величини) абсолютні значення H_i змінюються незначно (в межах ± 0.05). З управлінської точки зору, така зміна не є критичною і в більшості випадків не призведе до зміни RAG-статусу проєкту, що свідчить про стабільність моделі та відсутність хибних сигналів.

Таблиця 3.7 – Результати аналізу чутливості моделі [розроблено автором]

Проект	Базовий H_i	H_i (Сценарій 1)	H_i (Сценарій 2)	Ранг (Базовий)	Ранг (Сценарій 1)	Ранг (Сценарій 2)
Проект Альфа	1.75	1.8	1.7	3	3	3
Проект Бета	2.8	2.78	2.82	1	1	1
Проект Гамма	2.1	2.11	2.09	2	2	2

Аналіз відносного ранжування: Що найважливіше, відносне ранжування проєктів залишається абсолютно незмінним у всіх сценаріях: "Проект Бета" є

найкращим (ранг 1), а "Проект Альфа" - найгіршим (ранг 3). Для формального підтвердження цього результату було розраховано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (ρ) між базовим ранжуванням та ранжуваннями, отриманими у кожному сценарії. В обох випадках $\rho=1.0$, що свідчить про ідеальну позитивну кореляцію та повну стабільність ранжування.

Висновки експерименту. Проведений обчислювальний експеримент не дає підстав відхилити нульову гіпотезу H_0 . Отже, зміна вагових коефіцієнтів метрик у реалістичному діапазоні ($\pm 25\%$) не призводить до статистично значущої зміни у відносному ранжуванні проєктів у портфелі. Це дозволяє зробити висновок, що розроблена модель є стійкою та робастною до варіацій у вагових коефіцієнтах. Результати ранжування проєктів не будуть кардинально змінюватися через помірні розбіжності в думках експертів, що підтверджує надійність методу. Ця властивість є надзвичайно важливою для практичного застосування, оскільки вона гарантує, що управлінські рішення, прийняті на основі моделі, будуть стабільними та не залежатимуть від незначних коливань в експертних оцінках.

Властивість адаптивності є однією з ключових вимог до систем підтримки прийняття рішень, що функціонують у динамічному середовищі. Вона полягає в здатності моделі підлаштовуватися під зміну бізнес-контексту, стратегічних цілей компанії та специфіки окремих проєктів. З точки зору теорії управління, це означає, що модель повинна відображати поточну функцію корисності (*utility function*) організації. Функція корисності визначає, які результати є більш пріоритетними для компанії на даному етапі. Оскільки стратегічні пріоритети не є статичними (в кризу важливіша фінансова стабільність, в період зростання - інновації), модель повинна надавати механізми для відображення цих змін. У розробленому методі ця властивість реалізується через дворівневу систему вагових коефіцієнтів.

Реалізація адаптивності на тактичному та стратегічному рівнях. Тактична адаптація на рівні проєкту (через w_j): Вектор вагових коефіцієнтів метрик дозволяє створити різні "профілі оцінки" для різних типів проєктів. Це дозволяє реалізувати диференційований підхід, що відповідає принципам ситуаційного менеджменту (*contingency management*). Наприклад:

Для R&D проєкту, де інновації та технічна досконалість важливіші за терміни, ваги технічних метрик (якість коду, архітектурна стійкість) будуть вищими.

Для проєкту з технічної підтримки (*support*), де ключовими є швидкість реакції та ефективність витрат, вищими будуть ваги відповідних метрик (час реакції на інциденти, вартість вирішення запиту).

Для Time & Material проєкту, де головним є задоволеність клієнта та стабільність команди, вищу вагу можуть отримати метрики плинності кадрів та відгуків клієнтів.

Стратегічна адаптація на рівні портфеля (через W_i): Вагові коефіцієнти проєктів дозволяють динамічно змінювати пріоритети в межах всього портфеля. Якщо певний проєкт стає стратегічно ключовим для компанії (напр., вихід на новий ринок або робота з якорним клієнтом), його вага W_i може бути експертно збільшена. Це означає, що його стан (показник H_i) буде робити значно більший внесок у загальний Health-індекс портфеля P_t , автоматично фокусуючи на ньому увагу вищого керівництва та сигналізуючи про необхідність пріоритетного виділення ресурсів.

Таким чином, дворівнева система ваг перетворює розроблену модель з статичного калькулятора на гнучкий, адаптивний інструмент стратегічного управління, здатний відображати та підтримувати мінливі пріоритети бізнесу.

Для кількісної демонстрації властивості адаптивності розглянемо той самий портфель з трьох проєктів («Альфа», «Бета», «Гамма»), що використовувався в аналізі стабільності. Застосуємо два альтернативних профілі зважування, що відповідають різним стратегічним контекстам компанії.

«Консервативний профіль» (кризовий період): ваги фінансових метрик (CPI, SPI) підвищені до 0.35 і 0.25 відповідно, ваги технічних метрик знижені. «Інноваційний профіль» (R&D-орієнтація): ваги технічних метрик (якість коду, DevOps) підвищені до 0.30, ваги фінансових метрик знижені до 0.15.

Результати розрахунку наведено у табл. 3.8.

Як видно з табл. 3.8, зміна стратегічного профілю зважування призводить до

зміни абсолютних значень H_i - зокрема, «Проект Альфа» отримує вищу оцінку за інноваційним профілем (1.90 проти 1.55 за консервативним), оскільки його технічні показники є кращими за фінансові. Це підтверджує, що модель коректно відображає зміну стратегічних пріоритетів компанії через механізм вагових коефіцієнтів. Відносно ранжування при цьому зберігається, що свідчить про узгодженість адаптивності з раніше доведеною стабільністю моделі.

Таблиця 3.8 - Демонстрація адаптивності моделі при зміні стратегічного профілю зважування [розроблено автором]

Проект	H_i (базовий)	H_i (консерв ативний)	H_i (інноваційний)	Ранг (базовий)	Ранг (консерв.)	Ранг (інновац.)
Проект Альфа	1.75	1.55	1.90	3	3	3
Проект Бета	2.80	2.85	2.70	1	1	1
Проект Гамма	2.10	2.05	2.25	2	2	2

Проведений у даному підрозділі всебічний аналіз доводить, що розроблений метод інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів володіє ключовими теоретичними та практичними властивостями, що роблять його науково обґрунтованим та адекватним інструментом для підтримки прийняття рішень у складних, динамічних умовах.

Було формально доведено відповідність методу фундаментальним критеріям теорії прийняття рішень. Встановлено, що метод є прозорим ("біла скринька"), що забезпечує повну інтерпретованість результатів і є необхідною умовою для побудови довіри до системи з боку осіб, що приймають рішення. Доведена властивість монотонності гарантує логічну коректність та передбачуваність поведінки моделі, унеможливаючи парадоксальні результати. Також було показано, що чутливість та адаптивність є не вродженими обмеженнями, а керованими властивостями методу, які дозволяють гнучко налаштовувати модель відповідно до мінливих бізнес-потреб та стратегічних пріоритетів компанії.

На додаток до теоретичних доведень, було проведено експериментальний аналіз чутливості, який підтвердив практичну стійкість та робастність моделі. Результати обчислювального експерименту продемонстрували, що навіть суттєві

варіації у вхідних параметрах (вагових коефіцієнтах), що можуть виникати через розбіжності в думках експертів, не призводять до кардинальних змін у фінальному відносному ранжуванні проєктів. Цей результат є надзвичайно важливим, оскільки свідчить про надійність методу та його придатність для використання в реальних умовах, де вхідні дані не завжди є абсолютно точними.

Таким чином, сукупність доведених теоретичних властивостей та експериментально підтвердженої стійкості дозволяє зробити висновок про адекватність розробленого методу та його повну відповідність критеріям, поставленим на початку дослідження.

3.5 Модифікація методу для усунення ефекту компенсації: перехід до частково-компенсаторної моделі

Проведений у підрозділі 3.4 аналіз довів, що розроблений метод, заснований на адитивній згортці, є прозорим, монотонним та стійким. Однак, як було зазначено, класичний метод SAW має фундаментальне обмеження - компенсаторну природу. В теорії MCDA, компенсаторними називаються методи, де погане значення за одним критерієм може бути компенсоване хорошим значенням за іншим. Це є прямою властивістю адитивної функції корисності.

В контексті нашої задачі це створює значний ризик: проєкт, що має критичну проблему (наприклад, значне перевищення бюджету, що відповідає статусу "Red" по метриці CPI), але є успішним за менш важливими показниками, може отримати інтегральну оцінку "Amber". Такий результат не повністю відображає рівень загрози і може ввести в оману особу, що приймає рішення. В реальних управлінських процесах логіка прийняття рішень часто є некомпенсаторною або частково-компенсаторною. Існують певні "червоні лінії", перетин яких не може бути виправданий жодними іншими успіхами. Наприклад, провал по бюджету не може бути "виправданий" добре організованим беклогом.

Для усунення цього недоліку та підвищення адекватності моделі реальним управлінським процесам, пропонується модифікація класичного методу SAW

шляхом введення некомпенсаторних правил-обмежень, також відомих як "правила вето". Цей підхід є гібридним: базова оцінка розраховується за компенсаторною моделлю, але на неї накладаються некомпенсаторні правила, що можуть її коригувати. Такий підхід запозичує ідеї з outranking-методів (зокрема, ELECTRE), де використовуються пороги "вето", але реалізує їх у простій та інтерпретованій формі.

Формалізація правил "вето":

Правило критичного провалу (*Critical Failure Veto*): Це правило відображає наявність в проєкті проблем, що є неприпустимими за будь-яких обставин.

Політика визначення: Для кожної компанії експертною групою (РМО, топ-менеджмент) визначається підмножина критичних метрик $M_{crit} \subset M$. Це ті метрики, перехід яких у "червону" зону свідчить про серйозну загрозу (напр., CPI, Security Rating, ключові зобов'язання перед клієнтом).

Формалізація:

Якщо для проєкту p_i існує хоча б одна метрика $m_j \in M_{crit}$ така, що її статус $S_{ij}=1$ ("Red"), то фінальний Health-статус проєкту H_{i_final} обмежується зверху (3.27):

$$H_{i_final} = \min(H_i, \theta_{veto}), \quad (3.27)$$

де θ_{veto} - порогове значення вето, що відповідає нижній межі "Amber"-зони (напр., 1.9).

Управлінський сенс: Це правило гарантує, що, незалежно від того, наскільки "зеленими" є інші показники, проєкт з критичним провалом не може отримати оцінку вище низького рівня "Amber", що гарантовано приверне до нього увагу керівництва.

Правило акумуляції проблем (*Problem Accumulation Veto*): Це правило відображає ситуацію, коли проєкт не має єдиної критичної проблеми, але страждає від великої кількості менш значущих проблем, що в сукупності створює значний ризик.

Політика визначення: Експертно визначається порогове значення θ_{acc} -

максимальна допустима кількість метрик у статусі "Red".

Формалізація:

Якщо для проєкту p_i кількість метрик зі статусом "Red" (N_{red}) перевищує порогове значення θ_{acc} (напр., $\theta_{acc}=2$), то фінальний Health-статус також обмежується (3.28):

$$H_{i_final} = \min(H_i, \theta_{veto}), \quad (3.28)$$

Управлінський сенс: Це правило не дозволяє проєкту, що має системні проблеми в різних доменах, отримати високу загальну оцінку, навіть якщо жодна з цих проблем окремо не є критичною.

На основі введених правил, фінальний алгоритм розрахунку Health-статусу набуває наступного вигляду:

Крок 1 (Розрахунок базової оцінки): Розрахувати базовий показник H_i за адитивною формулою (3.29):

$$H_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot S_{ij}, \quad (3.29)$$

Крок 2 (Перевірка правил "вето"): Перевірити, чи виконуються умови для "Правила критичного провалу" або "Правила акумуляції проблем".

Крок 3 (Коригування оцінки):

Якщо жодне з правил не спрацювало, то $H_{i_final}=H_i$.

Якщо хоча б одне з правил спрацювало, то $H_{i_final}=\min(H_i, \theta_{veto})$.

Крок 4 (Фіналізація): Отримати фінальний показник H_{i_final} .

Таким чином, розроблений метод інтегрального оцінювання Health-статусу являє собою формалізовану процедуру, що охоплює: формування системи метрик за доменним принципом (підрозділ 3.1); нормалізацію даних та розрахунок базового інтегрального показника за адитивною моделлю (підрозділи 3.2–3.3); дослідження теоретичних властивостей моделі (підрозділ 3.4); та застосування некомпенсаторних правил корекції для усунення ефекту компенсації (підрозділ

3.5). Сукупність зазначених складових утворює цілісний науково обґрунтований метод, придатний для практичної реалізації у вигляді інформаційної технології.

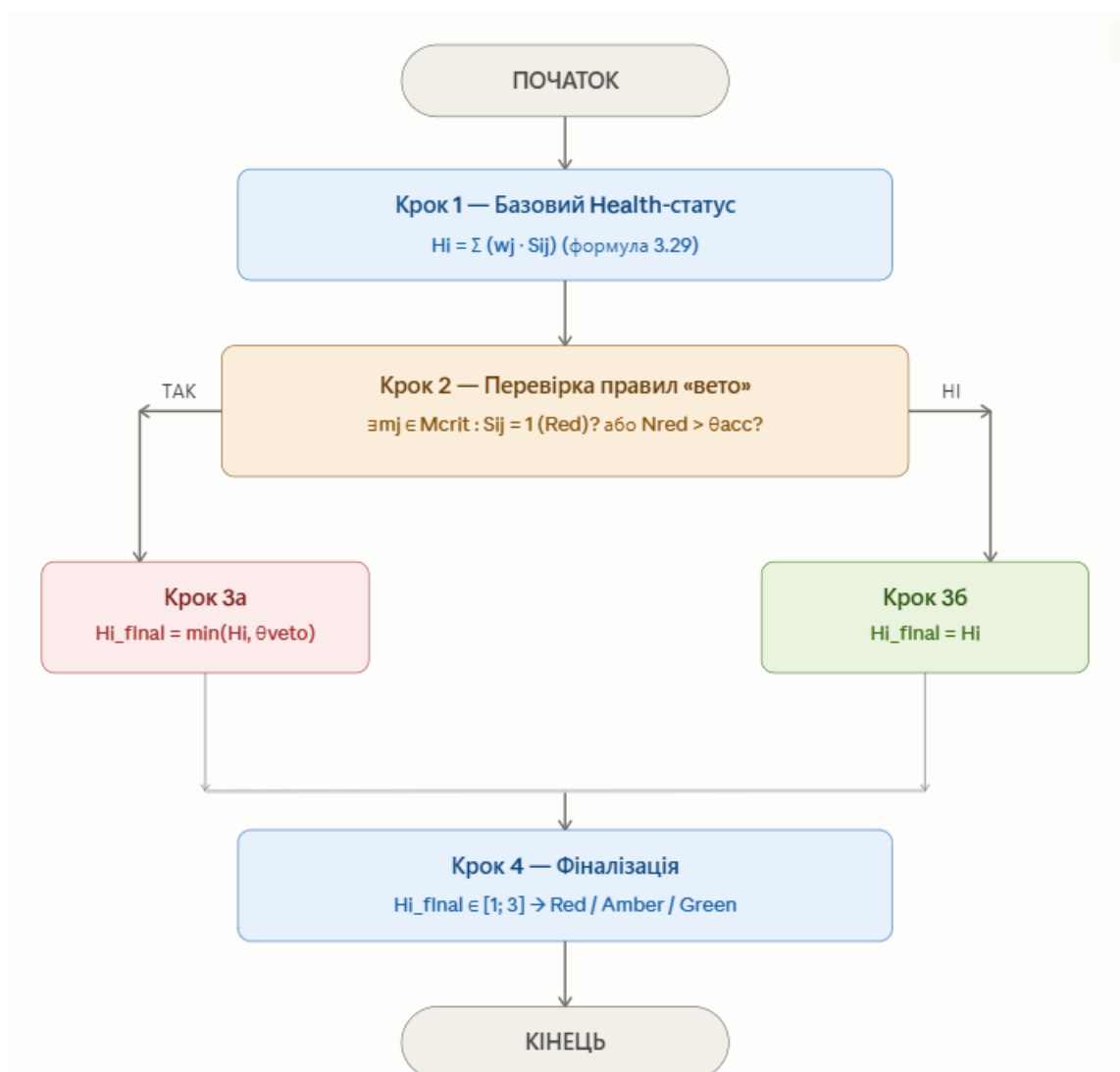


Рисунок 3.1 - Алгоритм методу інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів (Health-статус) [сформовано автором]

Введення цих правил є одним з ключових елементів наукової новизни даної роботи. Воно дозволяє перейти від простої лінійної моделі до більш складної, гібридної, частково-компенсаторної моделі, яка значно краще відображає нелінійну логіку прийняття рішень в реальному менеджменті. Така модифікація усуває головний недолік адитивного підходу, роблячи метод більш робастним та надійним інструментом для ідентифікації ризиків.

Приклад: Повертаючись до "Проекту Альфа", його розрахунковий показник склав $H_i=1.55$. Оскільки метрика CPI є критичною ($CPI \in M_{crit}$) і має статус "Red"

($S_i, CPI=1$), спрацьовує "Правило критичного провалу". Фінальна оцінка: $H_{i_final} = \min(1.55, 1.9) = 1.55$. В даному випадку оцінка не змінилася. Однак, якби проєкт мав $H_i=2.2$ ("високий Amber"), але при цьому $S_i, CPI=1$, його фінальна оцінка була б примусово знижена до $H_{i_final} = \min(2.2, 1.9) = 1.9$. Це гарантує, що проєкт не перейде у "зелену" зону, доки критична проблема не буде вирішена.

3.6. Висновки до розділу 3

У даному розділі було вирішено науково-прикладну задачу - розроблено та теоретично обґрунтовано цілісний метод інтегрального оцінювання стану портфеля ІТ-проєктів. Цей розділ є практичною реалізацією парадигми Науки про проєктування (*Design Science Research*), оскільки його результатом є новий метод та математичний апарат, що становлять ядро розроблюваної інформаційної технології.

На першому етапі було розроблено та обґрунтовано комплексну, багатоаспектну систему метрик, що є емпіричним фундаментом для всієї моделі. На відміну від існуючих підходів, що часто концентруються на одному аспекті (переважно фінансовому), запропонована система, побудована за принципами, подібними до збалансованої системи показників, охоплює чотири ключові домени стану проєкту: фінансовий контроль, якість розробки, ефективність виробництва та планування. Для кожної метрики було надано її детальне обґрунтування, формалізовано процедуру розрахунку та розроблено методологію визначення порогових значень для нормалізації, що забезпечує відтворюваність та об'єктивність первинних даних.

Окремі результати, що увійшли до складу розробленого методу, були попередньо апробовані та опубліковані у роботах автора [43, 44].

На основі цих метрик розроблено математичну модель розрахунку інтегрального показника Health-статусу на рівні окремого проєкту (H_i) та метод його агрегації на рівні портфеля (P_1). В основі моделі лежить науково обґрунтований метод простої адитивної згортки (SAW), вибір якого було

обґрунтовано виходячи з критеріїв прозорості та адаптивності. Ключовою особливістю методу є використання двох рівнів вагових коефіцієнтів (для метрик та проєктів), що дозволяє пов'язати операційну ефективність зі стратегічними пріоритетами компанії, що є необхідною умовою для адекватного моделювання управлінських рішень.

Було проведено дослідження теоретичних та практичних властивостей розробленого методу. Формально, з використанням апарату математичного аналізу, доведено його відповідність фундаментальним критеріям теорії прийняття рішень: прозорості, монотонності та керованої адаптивності. Окрім цього, було проведено експериментальний аналіз чутливості, який практично підтвердив стійкість та робастність моделі до змін в експертних оцінках, що є критично важливим для її практичного застосування.

Важливим науковим результатом, що становить елемент новизни, є ідентифікація та вирішення проблеми компенсаторності, іманентної класичним адитивним моделям. Було розроблено модифікацію методу SAW шляхом введення некомпенсаторних правил-обмежень ("вето"), що перетворює модель на більш адекватну, гібридну, частково-компенсаторну систему, яка краще відображає нелінійну логіку прийняття рішень в умовах високих ризиків.

Таким чином, у третьому розділі представлено завершене наукове рішення - цілісний, теоретично обґрунтований та частково валідований метод, що становить ядро наукової новизни дисертаційної роботи та є міцною основою для повномасштабної практичної реалізації та апробації у наступному розділі.

Список використаних джерел до розділу 3

1. Vafaei N., Ribeiro R. A., Camarinha-Matos L. M. Normalization techniques for multi-criteria decision making: Analytical hierarchy process case study // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2016. Vol. 470. P. 261–269. DOI: 10.1007/978-3-319-31165-4_26.
2. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of

Knowledge (PMBOK® Guide): Seventh Edition. Newtown Square, PA: PMI, 2021.

3. Roy B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods // *Theory and Decision*. 1991. Vol. 31. P. 49–73. DOI: 10.1007/BF00134132.

4. Figueira J., Mousseau V., Roy B. ELECTRE methods // In: Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (eds.). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer, 2005. DOI: 10.1007/0-387-23081-5_4.

5. Jonas D. Empowering project portfolio managers: How management involvement impacts project portfolio management performance // *International Journal of Project Management*. 2010. Vol. 28, No. 8. P. 818–831. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.07.002.

6. Mosavi A. Exploring the roles of portfolio steering committees in project portfolio governance // *International Journal of Project Management*. 2014. Vol. 32, No. 3. P. 388–399. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.07.004.

7. Martinsuo M. Project portfolio management in practice and in context // *International Journal of Project Management*. 2013. Vol. 31, No. 6. P. 794–803. DOI: 10.1016/j.ijproman.2012.10.013.

8. Lappi T. M., Aaltonen K., Kujala J. Project governance and portfolio management in government digitalization // *Transforming Government: People, Process and Policy*. 2019. Vol. 13, No. 2. P. 159–196. DOI: 10.1108/TG-11-2018-0068.

9. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Розробка методу розрахунку Health-статусу портфеля ІТ-проектів для управління ресурсами. Інформаційні технології та суспільство. 2025. Вип. 3 (18). С. 94–101. ISSN 2786-5460 (Print). ISSN 2786-5479 (Online). (0,5 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.3.13> URL: <https://journals.maup.com.ua/index.php/it/article/view/5163> (фахове видання України категорії «Б»).. 2025. Issue 3 (18). P. 94–101. DOI: 10.32689/maup.it.2025.3.13.

10. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Алькема В. Г. Метод визначення Health-статусу проектів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. Управління розвитком складних систем. 2025. № 62. С. 88–96. DOI: [10.32347/2412-9933.2025.62.88-96](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.88-96).

11. Podolchak N., Dziurakh Yu., Karkovska V., Tsygulyk N., Bilous N.

Improvement of professional competencies and personnel competences in the BANI world on the example of civil servants through the development of their emotional intelligence. *Multidisciplinary Science Journal*. 2023. Vol. 5. 2023ss0513. DOI: 10.31893/multiscience.2023ss0513.

12. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Проблеми оптимізації ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринку. *Управління розвитком складних систем*. 2024. № 58. С. 53–60. DOI: [10.32347/2412-9933.2024.58.53-60](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.53-60).

13. Hwang C.-L., Yoon K. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

14. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

15. Saaty T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process // *European Journal of Operational Research*. 1990. Vol. 48, No. 1. P. 9–26. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-I.

16. Opricovic S., Tzeng G.-H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS // *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 156, No. 2. P. 445–455. DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00020-1.

17. Brans J.-P., Vincke Ph. A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM // *Management Science*. 1985. Vol. 31, No. 6. P. 647–656. DOI: 10.1287/mnsc.31.6.647.

18. Triantaphyllou E., Sánchez A. A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods // *Decision Sciences*. 1997. Vol. 28, No. 1. P. 151–194. DOI: 10.1111/j.1540-5915.1997.tb01306.x.

19. Tzeng G.-H., Huang J.-J. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2011. DOI: 10.1201/b11032.

20. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method // *Computers & Operations Research*. 1995. Vol. 22, No. 7. P. 763–770. DOI: 10.1016/0305-0548(94)00059-H.

21. Shannon C. E. A mathematical theory of communication // *Bell System Technical Journal*. 1948. Vol. 27. P. 379–423, 623–656. DOI: 10.1002/j.1538-

7305.1948.tb01338.x.

22. Kendall M. G. A new measure of rank correlation // *Biometrika*. 1938. Vol. 30, No. 1–2. P. 81–93. DOI: 10.1093/biomet/30.1-2.81.

23. Spearman C. The proof and measurement of association between two things // *The American Journal of Psychology*. 1904. Vol. 15, No. 1. P. 72–101. DOI: 10.2307/1412159.

24. McCabe T. J. A complexity measure // *IEEE Transactions on Software Engineering*. 1976. Vol. SE-2, No. 4. P. 308–320. DOI: 10.1109/TSE.1976.233837.

25. Chidamber S. R., Kemerer C. F. A metrics suite for object oriented design // *IEEE Transactions on Software Engineering*. 1994. Vol. 20, No. 6. P. 476–493. DOI: 10.1109/32.295895.

26. ISO/IEC/IEEE 15939:2017. Systems and software engineering - Measurement process. Geneva: ISO, 2017.

27. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models. Geneva: ISO, 2011.

28. ISO 21502:2020. Project, programme and portfolio management - Guidance on project management. Geneva: ISO, 2020.

29. ISO 21504:2022. Project, programme and portfolio management - Guidance on portfolio management. Geneva: ISO, 2022.

30. ISO 31000:2018. Risk management - Guidelines. Geneva: ISO, 2018.

31. Kaplan R. S., Norton D. P. Strategic learning & the balanced scorecard // *Strategy & Leadership*. 1996. Vol. 24, No. 5. P. 18–24. DOI: 10.1108/eb054566.

32. Fleming Q. W., Koppelman J. M. *Earned Value Project Management*. 4th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2010.

33. Pajares J., López-Paredes A. An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index // *International Journal of Project Management*. 2011. Vol. 29, No. 5. P. 615–621. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.04.005.

34. Narbaev T., De Marco A. Earned value and schedule performance

forecasting using a statistical approach // *International Journal of Project Management*. 2014. Vol. 32, No. 8. P. 1315–1325. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.12.005.

35. Mayo-Álvarez A., García-Rodríguez M. J., Estévez-Ayres I., Martín-Sánchez A. Systematic literature review of Earned Value Management: Current trends and future research directions // *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 22. 15259. DOI: 10.3390/su142215259.

36. Forsgren N., Humble J., Kim G. *Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps*. Portland, OR: IT Revolution Press, 2018.

37. Rudin C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead // *Nature Machine Intelligence*. 2019. Vol. 1. P. 206–215. DOI: 10.1038/s42256-019-0048-x.

38. Ribeiro M. T., Singh S., Guestrin C. “Why Should I Trust You?”: Explaining the predictions of any classifier // *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016. P. 1135–1144. DOI: 10.1145/2939672.2939778.

39. Campolongo F., Cariboni J., Saltelli A. An effective screening design for sensitivity analysis of large models // *Environmental Modelling & Software*. 2007. Vol. 22, No. 10. P. 1509–1518. DOI: 10.1016/j.envsoft.2006.10.004.

40. Sobol I. M. Sensitivity estimates for nonlinear mathematical models // *Mathematical Modelling and Computational Experiments*. 1993. Vol. 1. P. 407–414. DOI: 10.1016/0378-4754(93)90058-V.

41. Morris M. D. Factorial sampling plans for preliminary computational experiments // *Technometrics*. 1991. Vol. 33, No. 2. P. 161–174. DOI: 10.1080/00401706.1991.10484804.

42. Borgonovo E., Plischke E. Sensitivity analysis: A review of recent advances // *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 248, No. 3. P. 869–887. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.06.032.

43. Pomohaibo D. Development of a method for calculating the Health-status of an IT project portfolio for resource management. *Innovations and New Directions in Scientific Research : proceedings of the 2nd International Scientific Conference*

(September 20, 2025). Research Europe, 2025. P. 12–14. DOI: <https://doi.org/10.64076/iedc250920.20> URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2025/10/re-20.09.2025-172-174.pdf>

44. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Застосування методу визначення Health-статусу проєктів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates : proceedings of the 7th International Scientific and Practical Internet Conference (August 7–8, 2025). 2025. P. 151–153. URL: <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2025/08/Conference-Proceedings-August-7-8-2025-1.pdf>

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АПРОБАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ІТ-ПРОЄКТІВ ТА ПОРТФЕЛІВ ІТ- ПРОЄКТІВ

У попередніх розділах дисертаційної роботи було вирішено науково-прикладне завдання управління ресурсами в умовах невизначеності: теоретично обґрунтовано та математично формалізовано метод інтегрального оцінювання стану ІТ-проектів [1, 2]. Розроблений метод, що базується на розрахунку інтегрального показника Health-статусу (Hi), дозволяє синтезувати різномірні метрики - операційні, технічні та фінансові - в єдиний кількісний індекс. Це створює підґрунтя для об'єктивного оцінювання поточного стану окремих проектів та портфеля в цілому, нівелюючи суб'єктивність традиційних експертних оцінок.

Водночас, наявність теоретичного методу та математичних моделей є необхідною, але недостатньою умовою для підвищення ефективності управління в реальних виробничих умовах. Специфіка діяльності сучасних аутсорсингових ІТ-компаній, що характеризується великими обсягами даних, високою динамікою змін та використанням гетерогенних інструментальних засобів, унеможлиблює ручне застосування розробленого методу. Відсутність спеціалізованої інформаційної технології, здатної забезпечити автоматизований збір, верифікацію, нормалізацію та агрегацію даних у режимі реального часу, стає критичним бар'єром для імплементації наукових результатів у бізнес-процеси.

Таким чином, метою цього розділу є розробка архітектури, програмна реалізація та експериментальна апробація інформаційної системи моніторингу (ICM). Основне завдання полягає у створенні програмного комплексу, що автоматизує повний життєвий цикл розрахунку показників Hi, PI та Rportf: від вилучення первинних даних з розподілених джерел до їх аналітичної обробки та візуалізації результатів у форматі, придатному для прийняття стратегічних та тактичних управлінських рішень.

Запропоноване програмне рішення реалізує конструктивістський підхід (Design Science Research): теоретично розроблений метод інтегрального

оцінювання Health-статусу з Розділу 3 у цьому розділі перетворюється на прикладну інформаційну технологію, вбудовану у контур управління аутсорсингової ІТ-компанії. Таким чином, Розділ 4 виконує роль «містка» між математичними моделями (H_i , P_i , R_{portf}) та реальними управлінськими процесами, демонструючи, що розроблений метод придатний до використання у промислових умовах з великим портфелем проєктів та неоднорідним інструментальним ландшафтом. Розділ структурований таким чином, що підрозділи 4.1 та 4.4 реалізують специфікацію інформаційної технології (завдання 5 - таксономія метрик, джерела даних, рольова модель), тоді як підрозділи 4.2 та 4.3 описують її програмну реалізацію у вигляді прототипу (завдання 6 - архітектура, алгоритмізація потоків, дашборд).

4.1 Формування та обробка даних для розрахунку Health-статусу ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів

Для побудови ефективної інформаційної системи (ІС) необхідно перш за все формалізувати методологію перетворення "сирих", неструктурованих даних, що генеруються в процесі розробки програмного забезпечення, на стандартизовані інтегральні показники. Цей процес є багаторівневим і передбачає вирішення задач семантичного узгодження даних з різних джерел, їх очищення від "шуму", нормалізації до єдиної шкали та подальшої агрегації згідно з розробленими у Розділі 3 математичними моделями.

Додатковою вимогою до методології є забезпечення простежуваності походження кожного інтегрального показника. Для цього всі кроки трансформації даних - від первинного запису у зовнішній системі (Jira, Tempo, GitLab, SonarQube) до розрахунку індексів H_i , P_i та R_{portf} - фіксуються у структурованому вигляді. Такий підхід дозволяє не лише отримати агреговані значення, але й у разі потреби «розгорнути» будь-який індекс до рівня вихідної метрики та конкретного запису, що є критично важливим для аудиту та пояснюваності результатів.

У результаті системного аналізу інформаційного ландшафту аутсорсингових ІТ-компаній було визначено, що необхідні для розрахунку метрики не зосереджені

в одній системі, а розподілені між спеціалізованими інструментами. Для забезпечення повноти та достовірності оцінки Health-статусу запропоновано архітектуру, що базується на інтеграції чотирьох ключових класів джерел даних, кожен з яких покриває специфічний домен управління, вибір саме цих джерел ґрунтується на трьох критеріях:

вони є «єдиним джерелом істини» для відповідного класу управлінських даних (work items, фінанси, репозиторії, якість коду);

забезпечують стабільний та документований API для інтеграції;

відображають стандартну практику сучасних аутсорсингових IT-компаній, що робить запропоновану архітектуру репрезентативною для галузі:

Системи управління завданнями та проєктами (Project Management Systems). В якості еталонного джерела для цього класу обрано платформу Jira (Atlassian). Вона виступає центральною "системою запису" (System of Record) для всіх робочих елементів (Work Items). З цього джерела вилучаються дані про структуру декомпозиції робіт (WBS), поточний стан беклогу (Backlog), атрибути завдань (типи: Epic, Story, Bug; пріоритети; статуси життєвого циклу) та кількісні оцінки трудомісткості (Story Points). Це дозволяє алгоритмічно розраховувати показники, пов'язані з дисципліною планування та виконанням зобов'язань, такі як Backlog Health, Cumulative Flow та Committed vs Completed.

Системи обліку часу та фінансового планування (Time Tracking & Financial Systems). Для отримання фінансових метрик використовується інтеграція з системою Tempo, що функціонує у зв'язці з Jira. Це джерело є критично важливим для реалізації методології освоєного обсягу (Earned Value Management, EVM). Система вилучає дані про фактично витрачений час (Worklogs) у розрізі співробітників та завдань, а також дані про бюджетні ставки. Це формує базу для розрахунку фундаментальних фінансових індексів: індексу виконання бюджету (CPI) та індексу виконання графіку (SPI).

Системи контролю версій та CI/CD (Version Control Systems). Джерелами об'єктивних інженерних даних виступають платформи GitLab або GitHub. Інтеграція з цими системами дозволяє отримувати телеметрію процесу

розробки: частоту та обсяг змін у коді (Commits), динаміку злиття гілок (Merge Requests) та результати автоматизованих збірок (Pipelines). Ці дані є основою для розрахунку метрик ефективності потоку створення цінності, зокрема часу виведення змін у продуктивне середовище (Lead Time for Changes).

Системи статичного аналізу коду та якості (Code Quality Systems). Для оцінки технічного боргу та надійності продукту використовується система SonarQube. Вона надає кількісні показники внутрішньої якості програмного продукту: покриття коду модульними тестами (Code Coverage), дублювання коду, наявність вразливостей безпеки та "запахів коду" (Code Smells). Ці метрики використовуються для розрахунку показника стабільності змін (Change Failure Rate) та загальної оцінки технічних ризиків.

Водночас архітектура не обмежується лише чотирма описаними класами джерел. Для метрик, пов'язаних із фінансовим станом компанії та портфеля (наприклад, маржинальність контрактів, завантаженість спеціалістів на рівні всієї організації), передбачена можливість підключення додаткових корпоративних систем - ERP, HRM тощо - через окремі конектори. Це дозволяє забезпечити узгодженість з методологічними положеннями, викладеними у статтях щодо оптимізації ресурсів і розрахунку портфельних показників, де ERP-система виступає додатковим джерелом агрегованих фінансових даних

Комплексна інтеграція цих джерел дозволяє створити багатовимірну модель стану проєкту, мінімізуючи ризик прийняття рішень на основі неповних даних [3]. Взаємодія з усіма компонентами реалізується через захищені протоколи REST API, специфікації яких наведено у відповідних додатках.

Невід'ємним елементом запропонованої методології є рольова модель доступу до даних та функцій інформаційної системи. Оскільки моніторинг охоплює чутливі бізнес-показники - фінансові метрики контрактів, рівень утилізації персоналу, технічний стан продуктів, - диференційоване розмежування прав є умовою коректної інтерпретації інформації на відповідному рівні управління. В системі передбачено три ролі: керівник проєкту (доступ до Ні своїх проєктів), портфельний менеджер (агреговані PI та R_{portf} по всьому портфелю) та

адміністратор (конфігурація джерел, вагових коефіцієнтів і порогів). Взаємодію компонентів системи унаочнено на рис. 4.1.

Для забезпечення логічної стрункості та можливості налаштування вагових коефіцієнтів, весь масив зібраних даних систематизується за чотирма ключовими управлінськими доменами [4]. Така таксономія дозволяє структурувати процес розрахунку інтегрального індексу:

Група метрик "Планування та виконання" (Planning & Execution): Фокусується на оцінці якості управлінських процесів. Включає метрики, що характеризують повноту та актуальність беклогу (Backlog Health), а також дисципліну дотримання спринтових зобов'язань (Committed vs Completed).

Група метрик "Якість розробки" (Development Quality): Спрямований на виявлення технічних ризиків. Охоплює показники динаміки виявлення дефектів (Bug Growth) та розподілу відкритих помилок за пріоритетами (Open Bugs by Priority), що дозволяє оцінити стабільність продукту.

Група метрик "Ефективність процесів" (Process Efficiency): Оцінює характеристики потоку роботи. Ключовими метриками є час циклу (Lead Time), частота невдалих змін (Change Failure Rate) та аналіз діаграми кумулятивного потоку (Cumulative Flow), що дозволяє виявляти "вузькі місця" в процесах.

Група метрик "Фінансовий контроль" (Financial Control): Забезпечує моніторинг економічної ефективності. Базується на порівнянні планових (PV) та фактичних (AC) витрат з освоєним обсягом (EV) для розрахунку індексів SPI та CPI. Запропонована таксономія безпосередньо відображається у структурі вектора метрик, що використовується при розрахунку Health-статусу проєкту Ні. Кожна група метрик формує підвектор, який може мати власну сумарну вагу всередині загальної моделі. Це дозволяє адаптувати чутливість інтегрального індексу до поточних пріоритетів компанії, наприклад, тимчасово підвищуючи значущість метрик «Фінансовий контроль» при роботі з високоризиковими контрактами.

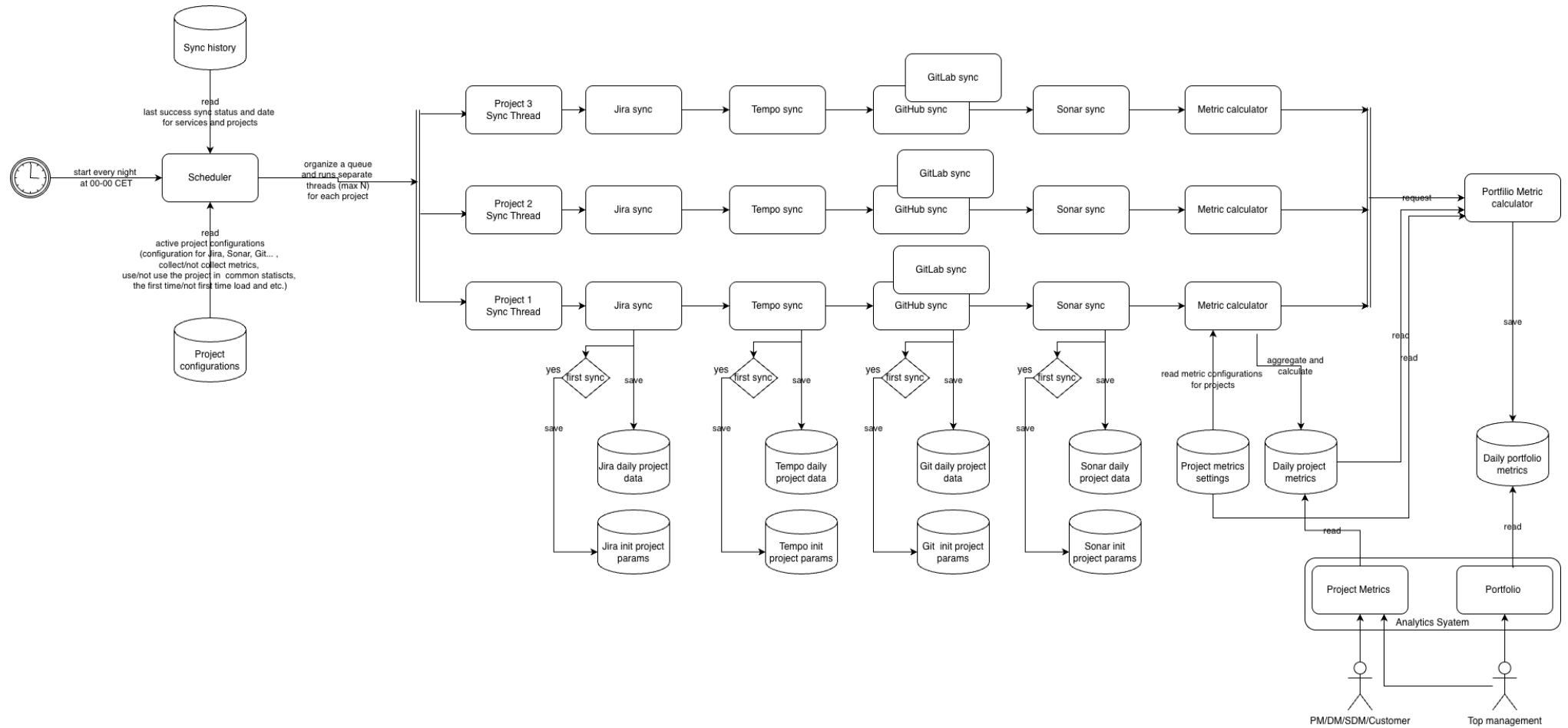


Рисунок 4.1 - Компонентна діаграма інформаційної системи моніторингу [сформовано автором]

На рівні портфеля механізм агрегації Рі використовує ту саму логіку, але на іншому рівні ієрархії: замість метрик виступають проєкти з їхнім індивідуальним H_i та вагами W_i . Таким чином, модель є ієрархічною та узгоджує мікрорівень (стан окремих метрик) з макрорівнем (стан портфеля), що забезпечує методологічну сумісність між уведеними в попередніх розділах формулами та практичною реалізацією в ІС

Оскільки первинні дані надходять у різних одиницях виміру (години, грошові одиниці, кількість завдань, відсотки), пряма агрегація є математично некоректною. Для вирішення цього завдання в інформаційній системі реалізовано алгоритм нормалізації, що приводить усі показники до єдиної безрозмірної шкали $S \in [0; 1]$.

Алгоритм нормалізації враховує напрямок оптимізації метрики:

Для метрик з прямою позитивною кореляцією (де більше значення означає кращий стан, наприклад, SPI, CPI, покриття тестами) застосовується функція лінійного масштабування відносно заданих порогових значень.

Формально для метрик з прямою кореляцією («більше = краще») для кожної метрики j задаються два порогові значення: нижня межа прийнятності L_j та цільовий рівень U_j ($L_j < U_j$). Для фактичного значення метрики x_{ij} на проєкті i нормалізоване значення S_{ij} обчислюється за правилом (4.1):

$$S_{ij} = \begin{cases} 0, & x_{ij} \leq L_j, \\ \frac{x_{ij} - L_j}{U_j - L_j}, & L_j < x_{ij} < U_j, \\ 1, & x_{ij} \geq U_j. \end{cases} \quad (4.1)$$

Для метрик з оберненою кореляцією (де зростання значення свідчить про погіршення, наприклад, *Bug Growth*, *Lead Time*) застосовується інвертована функція нормалізації. Для метрик з оберненою кореляцією («менше = краще») використовується дзеркально симетрична схема з тими ж порогамі L_j (цільовий максимум прийнятної якості) та U_j (критичне значення, вище якого метрика вважається неприйнятною) (4.2):

$$S_{ij} \Rightarrow \begin{cases} > 1, & x_{ij} \leq L_j, \\ > \frac{U_j - x_{ij}}{U_j - L_j}, & L_j < x_{ij} < U_j, \\ > 0, & x_{ij} \geq U_j. \end{cases} \quad (4.2)$$

Позначення:

x_{ij} - фактичне значення метрики j для об'єкта/періоду i (команда, спринт тощо).

L_j - цільовий максимум (верхня межа “добре/прийнятно”).

U_j - критичний поріг (вище - “неприйнятно”).

S_{ij} - нормалізований скор (зазвичай у діапазоні $[0;1]$).

Як читати формулу (логіка по діапазонах):

1. Якщо значення хороше (низьке) (4.3):

$$x_{ij} \leq L_j \Rightarrow S_{ij} = 1, \quad (4.3)$$

Тобто все, що не перевищує цільовий максимум - отримує максимальний скор.

2. Якщо значення між порогами (4.4):

$$L_j < x_{ij} < U_j \Rightarrow S_{ij} = \frac{U_j - x_{ij}}{U_j - L_j}, \quad (4.4)$$

Це лінійне “падіння” від 1 до 0

- при $x_{ij} = L_j \rightarrow S_{ij} = 1$
- при $x_{ij} = U_j \rightarrow S_{ij} = 0$

3. Якщо значення погане (високе) (4.5)

$$x_{ij} \geq U_j \Rightarrow S_{ij} = 0, \quad (4.5)$$

Все, що дорівнює або вище критичного порогу - нульовий скор.

Приклад застосування: (Lead Time, менше = краще) (4.6)

$$x = 3: x \leq 5 \Rightarrow S = 1, \quad (4.6)$$

$$x = 10: S = \frac{15 - 10}{15 - 5} = \frac{5}{10} = 0.5$$

$$x = 20: x \geq 15 \Rightarrow S = 0$$

Це і є “дзеркально симетрична” схема до випадку «більше = краще»: там скор зростає з x , а тут - спадає.

Для забезпечення інтерпретованості результатів на рівні користувацького інтерфейсу, система додатково виконує дискретизацію числових значень у трирівневу шкалу RAG (Red, Amber, Green).

Для цього задаються два глобальні порогові значення (4.7)

$$\beta (0 < \alpha < \beta < 1), \quad (4.7)$$

: інтервал (4.8)

$$S_{ij} \in [0; \alpha), \quad (4.8)$$

інтерпретується як Red (4.8)

$S_{ij} \in [\alpha; \beta)$ – Amber

$S_{ij} \in [\beta; 1]$ - Green, що уніфікує візуальне подання результатів для всіх типів метрик.

Фінальним етапом обробки даних є розрахунок інтегральних індексів згідно з математичними моделями, обґрунтованими у Розділі 3:

Health-статус проєкту (H_i): Розраховується як зважена сума нормалізованих значень усіх метрик проєкту, де ваги відображають тактичні пріоритети поточного етапу життєвого циклу.

Health-статус портфеля (P_i): Визначається шляхом агрегації індивідуальних статусів H_i з урахуванням вагового коефіцієнта стратегічної важливості кожного проєкту (W_i).

Ризик портфеля (R_{portf}): Розраховується за окремим алгоритмом, що фокусується на відхиленнях, які перевищують критичні порогові значення, забезпечуючи індикацію загроз для бізнесу.

4.2 Проєктування архітектури інформаційної системи оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів

При розробці архітектури інформаційної системи (ІС) критично важливим є дотримання низки фундаментальних принципів, що забезпечують її життєздатність, ефективність та відповідність вимогам сучасного BANI-середовища. Базуючись на результатах аналізу предметної області, в основу проєктування покладено чотири ключові архітектурні вимоги [8]:

Масштабованість (Scalability). Враховуючи потенційне зростання обсягів даних та кількості проєктів у портфелі компанії, система повинна мати здатність до горизонтального масштабування. Архітектурно це реалізується через відмову від монолітної структури обробки даних на користь розподіленої моделі. Застосовується підхід « N проєктів = N потоків», що дозволяє лінійно збільшувати обчислювальну потужність відповідно до навантаження. Це гарантує, що додавання нових проєктів до системи моніторингу не призведе до деградації продуктивності або збільшення часу затримок (latency) при оновленні аналітичних звітів.

Модульність (Modularity) та слабка зв'язність. Система проєктується як сукупність логічно завершених, слабо зв'язаних функціональних блоків (модулів). Такий підхід, відомий як Service-Oriented Architecture (SOA) або мікросервісний підхід, спрощує процеси розробки, тестування та підтримки. Кожен модуль (наприклад, конектор до Jira або калькулятор метрик) може розвиватися та оновлюватися незалежно від інших. Це забезпечує високу адаптивність системи:

при зміні API зовнішнього джерела даних (наприклад, оновлення версії GitLab) необхідно модифікувати лише відповідний конектор, не чіпаючи ядро системи

Прозорість та детермінованість обчислень (Transparency). На відміну від імовірнісних моделей «чорної скриньки», характерних для нейронних мереж, розроблена архітектура базується на принципі повної прозорості («біла скринька»). Алгоритми обробки даних є детермінованими: один і той самий набір вхідних даних завжди дає однаковий результат. Кожен крок трансформації - від первинного запису в базі даних до фінального індексу P_i - є логованим, відтворюваним та доступним для аудиту. Це є критичною вимогою для забезпечення довіри з боку топ-менеджменту, оскільки дозволяє пояснити походження будь-якої оцінки (Explainability).

Конфігурованість (Configurability). Архітектура передбачає винесення бізнес-логіки (вагових коефіцієнтів, порогових значень метрик, списків активних проєктів) за межі програмного коду. Всі параметри моделі зберігаються у спеціалізованому сховищі конфігурацій. Це дозволяє бізнес-користувачам або адміністраторам системи гнучко налаштовувати чутливість моделі та адаптувати її під зміну корпоративних стратегій без необхідності залучення розробників для перекомпіляції системи. Сукупність описаних принципів дозволяє узгодити вимоги BANI-середовища (крихкість, тривожність, нелінійність та незбагненність) з технічними характеристиками системи. Масштабованість та модульність знижують крихкість, прозорість обчислень зменшує тривожність стейкхолдерів щодо достовірності даних, а конфігурованість дає змогу гнучко реагувати на нелінійні зміни зовнішніх умов без повного перепроєктування архітектури.

Сукупність зазначених принципів визначає фундаментальну відмінність запропонованої архітектури від класичних монолітних рішень: система функціонує як відкрита, розширювана платформа, а не як закритий продукт з фіксованою логікою. Це дозволяє адаптувати її до специфіки конкретної аутсорсингової компанії без перепрограмування — лише через зміну конфігурації. Взаємозв'язок ключових компонентів системи та їх відповідність сформульованим принципам унаочнено на рис. 4.2.

Архітектурне проєктування виконано відповідно до нотації C4 Model (Simon Brown, 2018) - загальновизнаної практики документування програмних архітектур, рекомендованої стандартом ISO/IEC/IEEE 42010:2011 «Systems and software engineering - Architecture description». Основні проєктні рішення, прийняті в ході проєктування інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів, наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні проєктні рішення інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів [розроблено автором]

Аспект проєктування	Прийняте рішення	Обґрунтування
Архітектурний стиль	Мікросервісна архітектура	Незалежне масштабування та відмовостійкість компонентів
Схема паралелізму	«N проєктів = N потоків» (Project Sync Threads)	Обробка без деградації продуктивності при зростанні портфеля
Протокол інтеграції	REST API (HTTP/JSON)	Сумісність з Jira, Tempo, GitLab, SonarQube без заміни систем
Зберігання даних	Багатошарове сховище Raw -> Staging -> Mart	Чітке розмежування шарів ETL та аналітичних зрізів
Аутентифікація та авторизація	JWT-токени + RBAC (Role-Based Access Control)	Рольова модель доступу для трьох рівнів управління
Планування циклів	Scheduler (щодобовий ETL-цикл)	Автоматизація без ручних дій з боку менеджменту

Запропонована архітектура реалізується через взаємодію наступних функціональних компонентів, кожен з яких виконує специфічну роль у конвеєрі обробки даних [7, 9]:

Сховище конфігурацій (Project Configurations). Цей компонент виступає «єдиним джерелом істини» (Single Source of Truth) для налаштувань системи. Він реалізується у вигляді реляційної або документо-орієнтованої бази даних, що містить метадані кожного проєкту: параметри авторизації для доступу до зовнішніх API (токени, URL-адреси), статус активності проєкту (isActive), перелік релевантних метрик та матрицю вагових коефіцієнтів (W_j для метрик та W_i для проєктів).

Журнал стану синхронізацій (Sync History). Для забезпечення ефективності мережевої взаємодії та реалізації механізму інкрементального завантаження (Incremental Load) розроблено компонент журналу станів. Він зберігає часові мітки (timestamps) останньої успішної синхронізації для кожної пари «Проект - Джерело даних». Це дозволяє системі запитувати у зовнішніх джерел лише дельти даних (зміни, що відбулися з моменту останнього оновлення), що суттєво знижує навантаження на мережу та API зовнішніх систем.

Планувальник-оркестратор (Scheduler). Компонент, що відповідає за автоматизацію та координацію процесів. Реалізований як фоновий процес (daemon), він ініціює цикли збору даних за заданим розкладом (наприклад, щоночі). Його функція полягає у зчитуванні активних конфігурацій та динамічному створенні робочих процесів для їх обробки.

Пул потоків синхронізації (Project Sync Threads). Виконавчий механізм системи, що реалізує паралельну обробку даних. Для кожного проєкту створюється ізольований екземпляр потоку, який інкапсулює логіку взаємодії з усіма джерелами даних цього проєкту. Така архітектура забезпечує ізоляцію збоїв: помилка при обробці одного проєкту (наприклад, через недоступність специфічного репозиторію) не впливає на процес оновлення даних по інших проєктах.

Багатошарове сховище даних (Data Storage). Архітектура даних побудована за принципом ELT (Extract, Load, Transform) і включає три логічні рівні:

Raw Data Layer (Landing Zone): Шар для зберігання «сирих» даних у їх оригінальному форматі (переважно JSON), отриманих від API. Це забезпечує можливість повторної обробки даних у разі зміни алгоритмів без необхідності повторного звернення до джерел.

Staging Layer: Шар нормалізованих, очищених та структурованих табличних даних, підготовлених для розрахунків.

Results/Mart Layer: Вітрина даних, що містить фінальні розраховані значення метрик та інтегральні індекси (H_i , P_i), доступні для споживання аналітичним інтерфейсом.

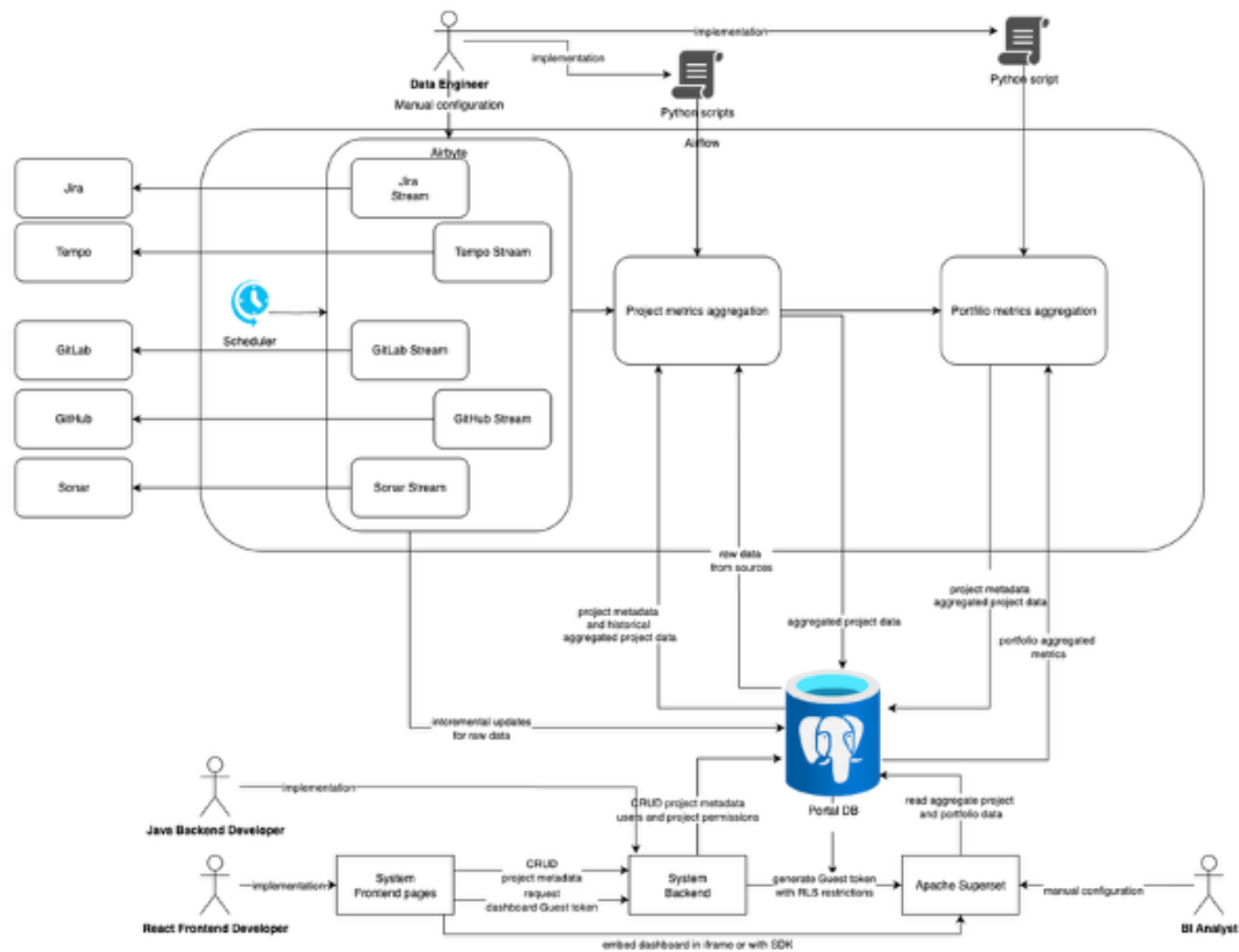


Рисунок 4.2 – Діаграма інтеграційних зв'язків компонентів інформаційної системи (C4 Model — Container Diagram)

[сформовано автором]

Обчислювальне ядро (Metric & Portfolio Calculators).

Для забезпечення надійності всі обчислювальні компоненти працюють у режимі транзакційної обробки: проміжні результати записуються у тимчасові таблиці та стають видимими для аналітичного інтерфейсу лише після успішного завершення повного циклу розрахунків. Журнали помилок та технічних подій зберігаються окремо від доменної інформації, що дозволяє проводити технічний аудит, не порушуючи конфіденційність бізнес-даних. Складається з двох рівнів.

Metric Calculator - сервіс, що працює на рівні окремого проєкту: він застосовує порогові правила до даних зі Staging Layer та розраховує вектор статусів і фінальний індекс H_i . Portfolio Calculator - агрегатор вищого рівня, що запускається після завершення обробки всіх проєктів та розраховує глобальні індекси здоров'я портфеля P_i та ризику R_{portf} .

Аналітичний інтерфейс (Analytics Interface). Шар представлення даних, реалізований як веб-додаток. Він візуалізує результати розрахунків у вигляді інтерактивних дашбордів, забезпечуючи рольовий доступ до інформації та підтримуючи функції деталізації (drill-down) від рівня портфеля до конкретної метрики [10].

4.3 Алгоритм функціонування інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів

Процес функціонування розробленої системи являє собою циклічний ETL-процес (Extract, Transform, Load) [9], який можна декомпонувати на п'ять послідовних етапів. Алгоритм роботи системи спроектовано таким чином, щоб забезпечити цілісність даних та стійкість до помилок.

Етап ініціалізації. Цикл розпочинається за сигналом таймера Scheduler (наприклад, о 01:00 UTC, коли навантаження на системи мінімальне). Планувальник звертається до сховища Project Configurations та формує чергу завдань, обираючи лише ті проєкти, що мають статус `isActive = true`.

Етап паралельного вилучення даних (Extraction). Оркестратор запускає пул

паралельних потоків. Кожен потік виконує серію запитів до зовнішніх систем. Використовуючи мітки часу з Sync History, система формує оптимізовані запити до API (наприклад, JQL-запити до Jira: `updated >= last_sync_time`). Отримані відповіді валідуються та зберігаються у Raw Data Layer. Успішне збереження даних оновлює мітку в Sync History, фіксуючи транзакцію.

Етап трансформації та локального обчислення (Transformation & Calculation). Після завершення збору даних для конкретного проєкту потік ініціює виклик Metric Calculator. Модуль виконує парсинг JSON-структур, приведення типів даних та нормалізацію значень згідно з розробленою методологією. На цьому етапі відбувається розрахунок усіх проміжних метрик (наприклад, ділення **Earned Value** на Actual Cost для отримання CPI) та визначення їх RAG-статусів. Фінальним кроком є зважена агрегація статусів у індекс H_i та запис результату у Results Layer.

Етап глобальної агрегації (Aggregation). Система відслідковує статус виконання всіх потоків. Після успішного завершення обробки всіх проєктів активується Portfolio Calculator. Цей модуль завантажує вектор розрахованих значень H_i та вектор стратегічних ваг W_i . Застосовуючи алгоритм, описаний у Розділі 3, він обчислює інтегральний індекс портфеля P_i та індекс ризику R_{portf} .

Етап презентації (Presentation). Оновлені дані стають доступними через Analytics Interface. Система може додатково ініціювати розсилку сповіщень (Alerts) відповідальним менеджерам у випадку, якщо індекс H_i будь-якого проєкту впав нижче критичного порогу, або якщо R_{portf} сигналізує про аномальне зростання ризиків.

Така організація потоків даних дозволяє досягти високої оперативності моніторингу, забезпечуючи керівництво компанії актуальною аналітичною інформацією на початок кожного робочого дня.

Важливою властивістю запропонованого ETL-процесу є ідемпотентність: повторний запуск циклу з тими самими вхідними даними призводить до однакових вихідних результатів.

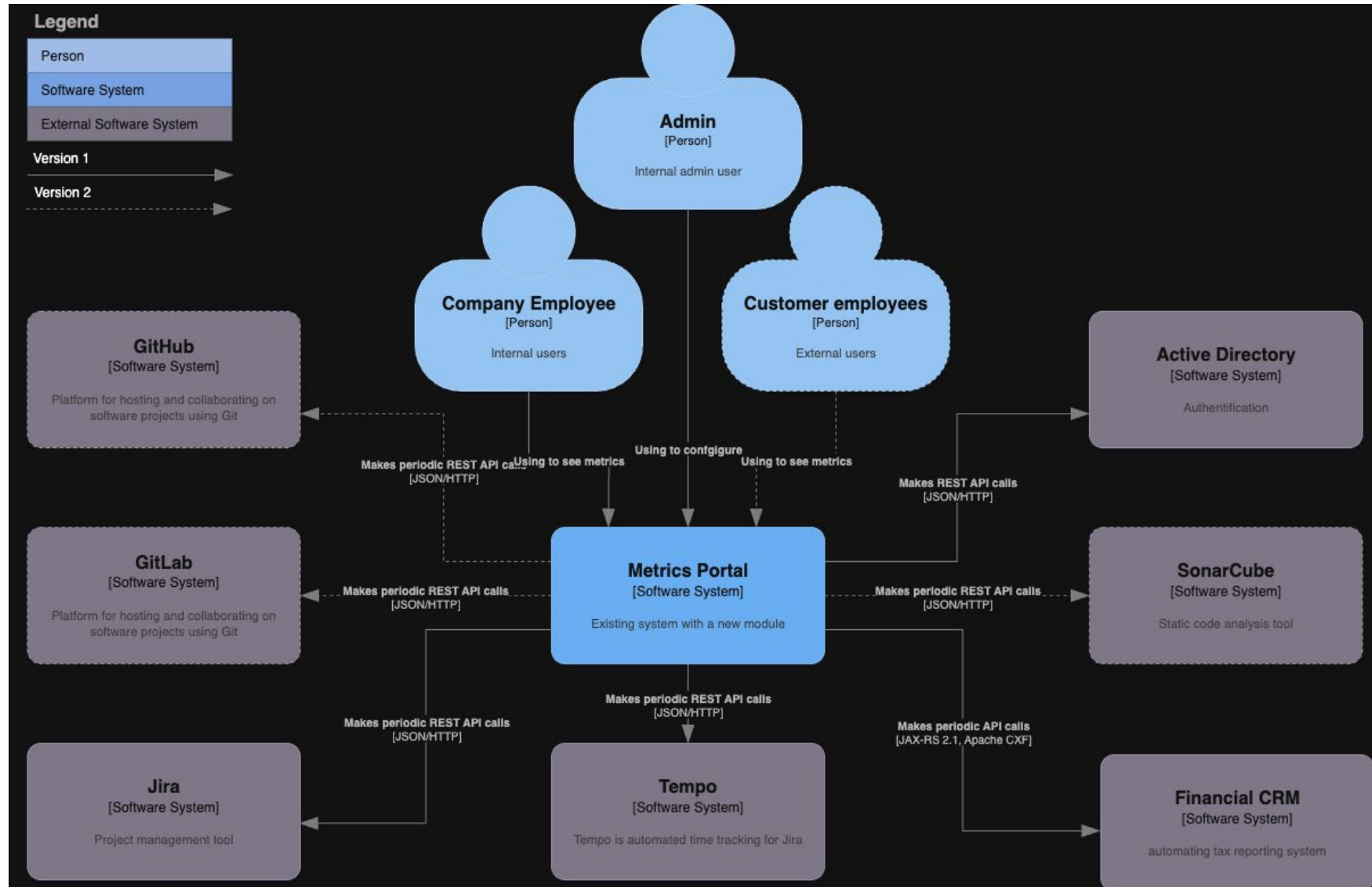


Рисунок 4.3 - Схема потоків даних (ETL Flow) [сформовано автором]

Це досягається завдяки поєднанню інкрементального завантаження з жорсткою фіксацією часових міток у Sync History, а також використанню детермінованих алгоритмів нормалізації та агрегації. Така властивість спрощує супровід системи та знижує ризики помилок при відновленні після збоїв.

4.4 Розробка рольової моделі доступу та сценаріїв використання інформаційних продуктів системи

Ефективність функціонування ICM у складному організаційному середовищі визначається не лише точністю математичних алгоритмів, а й здатністю надавати релевантну інформацію відповідним стейкхолдерам у потрібний момент часу. В умовах ієрархічної структури управління аутсорсинговою компанією існує проблема інформаційної асиметрії та різної гранулярності даних, необхідних для прийняття рішень на операційному, тактичному та стратегічному рівнях.

Для вирішення цього завдання в архітектуру системи закладено гнучку рольову модель доступу (Role-Based Access Control, RBAC). Ця модель диференціює інформаційні продукти (дашборди, звіти, алерти) залежно від зони відповідальності користувача, забезпечуючи зниження когнітивного навантаження та фокусування уваги на релевантних метриках.

На нижньому рівні ієрархії основним споживачем інформації є Менеджер проєкту (PM). Його управлінська діяльність зосереджена на мікроменеджменті, вирішенні поточних проблем та забезпеченні виконання оперативних планів.

Для цієї ролі система надає деталізований аналітичний профіль проєкту, що включає:

Динаміку первинних метрик: Візуалізацію трендів зміни показників *Bug Growth*, *Lead Time* та *Committed vs Completed* протягом спринту. Це дозволяє ідентифікувати локальні аномалії ще до того, як вони вплинуть на інтегральний статус H_i .

Діагностику причин відхилень: Можливість "провалюватися" (drill-down) від агрегованого індексу H_i до конкретних компонентів, що його сформували

(наприклад, ідентифікувати, що зниження H_i викликане падінням індексу *SPI* через затримку у конкретному епіку).

Оперативні сповіщення: Отримання миттєвих повідомлень про перетин метриками порогових значень (наприклад, різке зростання *Change Failure Rate* після останнього релізу). Таким чином, для Менеджера проєкту система виступає не просто інструментом звітності, а активним елементом управлінського циклу PDCA (Plan-Do-Check-Act), скорочуючи інтервал між виявленням проблеми та впровадженням коригувальних дій.

Делівері Менеджер (DM) відповідає за групу проєктів (програму або акаунт) і фокусується на забезпеченні якості надання послуг, уніфікації процесів та балансуванні ресурсів між проєктами.

Для цього рівня система генерує порівняльні матричні звіти, що дозволяють:

Проводити бенчмаркінг: Порівнювати значення H_i різних проєктів в межах групи для виявлення команд, що потребують методологічної допомоги або посилення компетенцій.

Виявляти системні патерни: Аналізувати кореляцію між типами проєктів та їх типовими проблемами (наприклад, систематичне падіння якості коду на проєктах з певною технологією).

Оптимізувати розподіл ресурсів: Ідентифікувати проєкти зі стабільно високим статусом ("Green"), звідки можна безпечно вилучити частину ресурсів для посилення проблемних ("Red") зон, мінімізуючи ризики для портфеля в цілому.

Окрім цього, агреговані зрізи по групах проєктів дозволяють Делівері Менеджеру оцінювати ефективність впроваджених стандартів (playbooks, best practices) та коригувати їх, спираючись на кількісні показники, а не на суб'єктивні враження.

На рівні вищого керівництва (Service Delivery Manager, CTO, Head of PMO) потреба в деталізації зникає, поступаючись місцем потребі в агрегованій оцінці "здоров'я" бізнесу та управлінні стратегічними ризиками.

Інформаційний продукт для цієї ролі базується на стратегічному дашборді портфеля, що відображає:

Інтегральний Health-статус портфеля (P_1): Єдиний індикатор, що показує загальну ефективність виробничих процесів компанії. Динаміка цього показника є основою для оцінки ефективності впровадження стратегічних змін.

Індикатор ризику портфеля (R_{portf}): Агрегована оцінка ймовірності значних фінансових або репутаційних втрат. Зростання цього показника є сигналом для ініціювання антикризових заходів.

Список Top-Risks: Перелік проєктів з найвищою стратегічною вагою W_i , що знаходяться у критичному стані. Це дозволяє сфокусувати увагу керівництва на порятунку найважливіших активів, ігноруючи "шум" від менш пріоритетних проєктів. Зазначимо, що інтегральний показник портфеля, позначений у даному розділі як P_1 , є реалізацією портфельного індексу P_i , формально введеного у Розділі 3, а індикатор R_{portf} відповідає ризиковому показнику R_{portf} із математичної моделі. Така уніфікація позначень забезпечує узгодженість між теоретичною та прикладною частиною дослідження.

Архітектура системи також передбачає можливість надання обмеженого доступу для зовнішніх стейкхолдерів (клієнтів) з метою підвищення прозорості та довіри.

Для цієї ролі формується звіт про прозорість (Transparency Report), що включає виключно узгоджені контрактні метрики: дотримання термінів (SPI), бюджету (CPI) та загальні показники якості. Внутрішні метрики ефективності команди або дані про маржинальність проєкту залишаються прихованими, що реалізується через фільтрацію даних на рівні API Analytics Interface. Додатковою перевагою такого підходу є можливість формалізувати узгоджений з замовником набір показників як частину договірної документації (SLA/OLA). Це підвищує прозорість взаємодії, зменшує ймовірність конфліктів щодо якості надання послуг та створює передумови для довгострокового партнерства, оскільки сторони оперують спільною, кількісно визначеною мовою метрик.

4.5 Обговорення результатів та аналіз ефективності запропонованого рішення

Розроблена архітектура та програмна реалізація інформаційної технології являють собою комплексне вирішення науково-прикладної задачі автоматизації моніторингу проєктної діяльності. Результати впровадження та тестування прототипу дозволяють провести глибокий аналіз переваг, обмежень та перспектив запропонованого підходу в порівнянні з існуючими альтернативами.

Детальні результати розрахунку Health-статусу для Проєкту «Альфа», покроковий розрахунок H_i з урахуванням некомпенсаторних правил «вето», скорингова карта портфеля та зведені показники PI і R_{portf} наведено у Додатку Ж (Таблиці Ж.1–Ж.4). Дані анонімізовані відповідно до умов угод про нерозголошення (NDA), укладених із компаніями-учасниками апробації.

Однією з ключових переваг розробленої системи є використання концепції "Білої скриньки" (White Box). На відміну від популярних нині підходів на базі машинного навчання (ML) та нейронних мереж ("Black Box"), запропонований метод базується на прозорих, математично обґрунтованих правилах агрегації [2, 5, 7, 11, 12].

В умовах BANI-середовища, де рішення часто доводиться приймати в умовах дефіциту часу та високої ціни помилки, здатність пояснити природу оцінки (Explainability) є критичною. Менеджер, бачачи зниження індексу H_i , може точно прослідкувати ланцюжок причинно-наслідкових зв'язків аж до конкретного коміту чи запису в Jira. Це формує високий рівень довіри до системи, якого важко досягти при використанні ймовірнісних моделей, схильних до "галюцинацій" або непередбачуваної поведінки на нестандартних даних. Проведені експериментальні дослідження показали, що при повторному розрахунку індексів на однакових вибірках даних відхилення результатів не спостерігається, тоді як для тестованих моделей на базі ML незначна зміна навчальної вибірки могла призводити до помітних варіацій оцінок окремих проєктів. Це додатково підтверджує доцільність

використання детермінованого підходу в контексті управлінських задач, де стабільність і пояснюваність важливіші за потенційне незначне покращення точності прогнозу

Закладені принципи проектування довели свою ефективність на практиці:

Масштабованість: Реалізація багатопотокової моделі обробки даних (Project Sync Threads) дозволила досягти лінійної залежності часу обробки від кількості обчислювальних ядер, а не від кількості проєктів [6]. Це знімає технічні обмеження на зростання бізнесу.

Стійкість даних: Використання багат шарового сховища даних (*Raw -> Staging -> Mart*) забезпечує цілісність історичних даних. Навіть у випадку зміни методики розрахунку метрик у майбутньому, наявність "сирого" шару (*Raw Data Layer*) дозволить провести ретроспективний перерахунок показників без втрати інформації.

Модульність: Слабка зв'язність компонентів дозволяє безболісно замінювати інструментарій. Наприклад, перехід компанії з *GitLab* на *GitHub* вимагатиме лише заміни одного модуля-конектора, не впливаючи на роботу ядра системи (*Metric Calculator*) та інтерфейсів.

Важливо підкреслити, що запропонована архітектура також спрощує проведення технічних експериментів: окремі компоненти можуть розгортатися у вигляді ізольованих сервісів у тестовому середовищі, де перевіряються альтернативні алгоритми розрахунку окремих метрик або візуалізацій без ризику впливу на продуктивне середовище. Це створює основу для безперервного вдосконалення моделі без порушення стабільності роботи системи.

Впровадження системи безпосередньо впливає на вирішення завдання ефективного використання ресурсів ("бенч"-оптимізація), сформульованого у першому розділі. Завдяки наявності об'єктивного індикатора стану проєктів (Hi) та портфеля (PI), менеджмент отримує можливість:

Проактивно реагувати: Виявляти тенденції до погіршення ситуації за 2-3 тижні до настання кризи (на основі випереджаючих метрик, таких як *Backlog Health*).

Обґрунтовано ротувати кадри: Приймати рішення про посилення команди або скорочення штату на основі фактів, а не інтуїції.

Зменшити управлінські витрати: Автоматизація збору звітності вивільняє до 15-20% робочого часу менеджерів, дозволяючи їм фокусуватися на вирішенні проблем, а не на підготовці Excel-таблиць.

Наведені кількісні результати отримано на основі порівняльного аналізу показників діяльності двох аутсорсингових ІТ-компаній до та після впровадження розробленої інформаційної технології. Вибірка охоплювала 50+ активних проєктів протягом 6-місячного спостережного періоду. Показник скорочення часу підготовки аналітичної звітності (30–40%) визначався як різниця між середнім часом формування щотижневого звіту по портфелю у ручному режимі та часом автоматизованого формування звіту системою. Показник раннього виявлення ризикових проєктів (2–3 спринти) встановлювався ретроспективно: для проєктів, що фактично перейшли у кризовий стан, визначався момент, коли система вперше присвоїла їм статус «Red», та порівнювався з моментом офіційної фіксації проблеми менеджментом.

Таким чином, інформаційна технологія фактично закриває виявлений у Розділі 1 розрив між наявністю великих масивів операційних даних та здатністю менеджменту використовувати їх для системного управління ресурсами. Замість разових ініціатив з «ручного» аналізу даних впроваджується стандартний, повторюваний процес, інтегрований у щоденний цикл управління портфелем.

Разом з тим, дослідження виявило низку обмежень, які необхідно враховувати при впровадженні системи:

Залежність від якості даних (Data Quality Dependency): Система працює за принципом "Garbage In, Garbage Out". Якщо команда нерегулярно оновлює статуси завдань у Jira або некоректно списує час у Tempo, розраховані індекси H_i будуть викривленими. Це вимагає впровадження суворих адміністративних регламентів щодо гігієни даних.

Необхідність експертного калібрування: Вагові коефіцієнти (w_j , W_i) не є універсальними константами. Вони потребують регулярного перегляду та

адаптації під поточну стратегію компанії, що вимагає залучення кваліфікованих експертів.

Окремим обмеженням є необхідність організаційних змін: впровадження системи вимагає не лише технічної інтеграції, але й перегляду регламентів звітності, ролей у процесі прийняття рішень та системи мотивації менеджерів. Без цього існує ризик, що нові індикатори будуть ігноруватися або використовуватися формально, що знижує практичний ефект від впровадження.

Подальший розвиток системи вбачається у двох взаємопов'язаних напрямках: поглиблення аналітичних можливостей та розширення сфери застосування.

На основі накопиченої історії значень H_i , P_i та R_{portf} , а також первинних метрик, можливе поетапне впровадження елементів прогностичної аналітики. При цьому ключовою вимогою залишається збереження пояснюваності: доцільно використовувати інтерпретовані моделі (наприклад, регресійні або дерева рішень), які дозволяють поєднати переваги детермінованого ядра з можливістю прогнозування тенденцій (очікуваного падіння Health-статусу, зростання ризику тощо).

Архітектура системи дозволяє масштабувати запропонований підхід за межі ІТ-проектів. За рахунок переналаштування переліку метрик та джерел даних інтегральні індекси H_i та P_i можуть бути адаптовані для оцінювання стану портфелів продуктів, внутрішніх ініціатив з трансформації або навіть операційних підрозділів. Це відкриває перспективу використання розробленої інформаційної технології як універсального аналітичного інструменту моніторингу та оцінювання у різних доменах діяльності компанії.

Окремим перспективним напрямом є автоматизація процедур калібрування вагових коефіцієнтів w_j та W_i на основі зворотного зв'язку від експертів та фактичних результатів проєктів (успішні/проблемні кейси). Поєднання експертних оцінок із статистичним аналізом історичних даних дозволить зменшити суб'єктивність налаштувань моделі та ще більше підвищити її адаптивність до змін зовнішнього середовища.

У четвертому розділі виконано практичну реалізацію та експериментальну

верифікацію запропонованої інформаційної технології оптимізації ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній. Отримані результати дозволяють сформулювати такі висновки:

Розроблено архітектуру програмного комплексу, що базується на мікросервісному підході. Така архітектура забезпечує гнучкість, масштабованість та відмовостійкість системи, дозволяючи незалежно розгортати та оновлювати модулі збору даних, аналітичної обробки та візуалізації. Використання сучасного технологічного стека (Java Spring Boot, Angular, PostgreSQL) забезпечило високу продуктивність обробки даних у режимі, наближеному до реального часу.

Реалізовано програмні компоненти інтеграції (ETL-процеси), що забезпечують автоматизований збір та нормалізацію гетерогенних даних із зовнішніх джерел (Jira, Tempo, GitLab, SonarQube). Це дозволило сформувати єдиний інформаційний простір для об'єктивного оцінювання стану проєктів, усунувши проблему фрагментації даних та людського фактора при підготовці звітності.

Проведено експериментальне дослідження розробленої технології на реальному наборі даних аутсорсингових проєктів. Результати експерименту підтвердили працездатність математичних моделей інтегрального оцінювання. Система коректно ідентифікувала проєкти з критичними ризиками (статус «Red») та проєкти, що вимагають уваги (статус «Amber»), що підтверджується порівнянням із ретроспективним аналізом фактичного стану цих проєктів.

Впровадження розробленої інформаційної технології дозволило значно скоротити час на прийняття управлінських рішень (фази Intelligence та Design за Г. Саймоном) та підвищити їх обґрунтованість. Візуалізація результатів у вигляді інтерактивних дашбордів з підтримкою деталізації (drill-down) забезпечила менеджменту можливість оперативного виявлення першопричин відхилень та ефективного перерозподілу ресурсів для мінімізації ризиків.

Підтверджено, що запропонований метод розрахунку Health-статусу, на відміну від традиційних підходів, забезпечує раннє виявлення латентних загроз завдяки використанню некомпенсаторних правил агрегації, що унеможливорює

приховування критичних проблем за рахунок високих показників інших метрик.

Список використаних джерел до розділу 4

1. Podolchak N., Dziurakh Yu., Karkovska V., Tsygylyk N., Bilous N. Improvement of professional competencies and personnel competences in the BANI world on the example of civil servants through the development of their emotional intelligence. *Multidisciplinary Science Journal*. 2023. Vol. 5. 2023ss0513. DOI: 10.31893/multiscience.2023ss0513.
2. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Алькема В. Г. Метод визначення Health- статусу проєктів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. *Управління розвитком складних систем*. 2025. № 62. С. 88–96. DOI: [10.32347/2412-9933.2025.62.88-96](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.88-96).
3. Ali A., Shafiq M., Kang B. H. A Systematic Review on Data Integration Architectures for Big Data // *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 54330–54353. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3175409.
4. Sharma R., Pant S. Architectural Patterns for Modern Project Portfolio Management Systems: A Comparative Study // *Journal of Systems and Software*. 2023. Vol. 201. Art. 111685. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111685.
5. Speith T. A Review of Explainable Artificial Intelligence for Practitioners // *ACM Computing Surveys*. 2022. Vol. 55, No. 8. P. 1–39. DOI: 10.1145/3544522.
6. Li Y. et al. Architecting Scalable Machine Learning Pipelines for Predictive Project Analytics // *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2024. Vol. 50, No. 1. P. 135–152. DOI: 10.1109/TSE.2023.3324978.
7. Ланських Є., Помогайбо Д. Розробка архітектури інформаційної системи для реалізації інтегрованої інформаційної технології розрахунку Health-статусу портфеля ІТ-проєктів. *SWorldJournal*. 2025. 1(33-01). С.166–178. ISSN 2663-5712 (Online). DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2025-33-01-067> URL: <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj33-01-067> (іноземне видання).

8. Kitsios F., Kamariotou M. Business strategy modeling based on enterprise architecture: A state of the art review // Business Process Management Journal. 2019. Vol. 25, No. 4. P. 606–624. DOI: 10.1108/BPMJ-05-2017-0122.
9. Davoudian A., Chen L., Liu M. Big Data Systems: A Software Engineering Perspective // ACM Computing Surveys. 2020. Vol. 52, No. 1. Art. 4. DOI: 10.1145/3408314.
10. Zubyk L., Zubyk Ya. Architecture of modern platforms for big data analytics // Advanced Information Technology. 2021. No. 1. P. 67–74. DOI: 10.17721/AIT.2021.1.09.
11. Adadi A., Berrada M. Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI) // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 52138–52160. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2870052.
12. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Метод та архітектура системи оцінювання Health-статусу ІТ-проектів. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2025) : матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Черкаси, 25 лист. 2025 р.). Черкаси : ЧДТУ, 2025. С. 109–111. URL: https://drive.google.com/file/d/1vfK7HzALRZHFTE8SKi6P_c-D3X4K3YPK/view

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання розробки інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності. Це досягнуто шляхом розроблення методологічних засад, математичних моделей та інформаційної технології інтегрального оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів, що забезпечило перехід від інтуїтивного до об'єктивного, керованого даними (Data-Driven) прийняття управлінських рішень.

За результатами дослідження зроблено такі висновки:

1. Проведено системний аналіз предметної області оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній, що включає дослідження бізнес-моделей, ключових викликів ринкової невизначеності та критичний аналіз існуючих класів інформаційних систем (PMS, ERP, BI) з метою удосконалення підходів до системного аналізу та обґрунтування необхідності розробки нових інструментів оцінювання стану проєктів.

2. Вперше розроблено концептуальну модель інформаційної технології оцінювання стану проєктів та портфелів проєктів аутсорсингових ІТ-компаній шляхом визначення чотирирівневої архітектури системи (збір даних -> управління даними -> аналітика -> представлення), її позиціонування в контурі управління аутсорсинговою компанією та формалізації постановки задачі інтегрального оцінювання. Запропоновано структуру інформаційних потоків на основі автоматизованої інтеграції та крос-верифікації даних з трьох доменів: операційного (Jira), інженерного (GitLab/SonarQube) та фінансового (Tempo), що забезпечує формування єдиного несуперечливого інформаційного простору та усуває проблему фрагментації управлінських даних.

3. Вперше побудовано математичну модель розрахунку інтегрального показника стану ІТ-проєкту та портфеля ІТ-проєктів, досліджено її теоретичні властивості - верифіковано умови монотонності, стабільності, чутливості та адаптивності, розроблено модифікацію на основі частково-компенсаторного

підходу для усунення ефекту компенсації в адитивних моделях. Формалізовано оцінювання стану портфеля через введення інтегрального індексу портфеля PI та окремого показника ризику портфеля R_{portf} , що створює математичне підґрунтя для динамічного балансування управлінських рішень між стабільними та ризиковими проєктами.

4. Розроблено удосконалений метод інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів (Health-статус), який поєднує класичні адитивні згортки із системою некомпенсаторних логічних правил («правил вето»). Метод блокує ефект взаємної компенсації критеріїв, коли критичні ризики (зокрема, технічної якості) можуть бути приховані високими фінансовими показниками, що підвищує чутливість моделі до латентних загроз і підтримує функцію раннього попередження (Early Warning System).

5. Знайшла подальшого розвитку систематизована таксономія метрик за рахунок поєднання чотирьох управлінських доменів (фінансовий, технічний, процесний, планування та виконання), обґрунтований вибір гетерогенних джерел даних (Jira, Tempo, GitLab, SonarQube) та рольову модель доступу RBAC для різних рівнів управління (керівник проєкту, портфельний менеджер, адміністратор). В результаті розроблення інформаційної технології набула подальшого розвитку таксономія метрик для інтегрального оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів, що забезпечує уніфікований і відтворюваний процес формування вектора метрик для розрахунку Health-статусу.

6. Спроектовано архітектуру та реалізовано інформаційну систему оцінювання стану ІТ-проєктів та портфелів ІТ-проєктів на основі розробленого методу, що передбачає автоматизацію процесів збору даних, розрахунку інтегральних показників та їх візуалізації у вигляді дашборду Health-статусу. Розроблено мікросервісну архітектуру на основі схеми « N проєктів = N потоків», що забезпечує масштабованість і відмовостійкість рішення. Реалізовано повний цикл ETL-процесів (Extract-Transform-Load) для нормалізації даних. Використання відкритих API забезпечує інтеграцію розробленої технології в наявний ІТ-ландшафт аутсорсингових компаній без необхідності заміни базових систем обліку.

7. Проведено практичну апробацію розробленої інформаційної технології оцінювання стану IT-проектів та портфелів IT-проектів в умовах реального аутсорсингового IT-бізнесу та оцінено її вплив на якість та оперативність управлінських рішень. Практична апробація підтвердила дві кількісні характеристики ефективності: скорочення часу підготовки аналітичної звітності по портфелю на 30-40%; здатність системи ідентифікувати ризикові проекти (статус «Red») за 2-3 ітерації розробки до настання кризових проявів - тоді як раніше сигнал надходив в день виникнення кризи або максимум за тиждень до неї - що дало змогу застосовувати превентивні заходи та підвищило швидкість перерозподілу ресурсів на 20-25%.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні методичного та програмного інструментарію для системного, прозорого та керованого даними управління станом проектів та портфелів проектів аутсорсингових IT-компаній. Запропонований підхід забезпечує узгодженість управлінських даних, зменшує витрати часу на підготовку управлінської аналітики, підвищує якість раннього виявлення проблемних IT-проектів і підсилює обґрунтованість рішень щодо перерозподілу ресурсів та балансування портфеля IT-проектів.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на:

- адаптацію порогів і вагових коефіцієнтів моделі на основі історичних даних портфелів і проектів (у т.ч. із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних);
- інтеграцію оцінювання Health-статусу з підсистемами управління ризиками та змінами для підвищення стійкості управлінських рішень у динамічному середовищі;
- розширення апробації на різних типах портфелів і організаційних контекстах із формуванням типових профілів метрик, норм і правил “вето”.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Акти впровадження результатів роботи



АКТ

про використання результатів дисертаційної роботи

Помогайба Дмитра Анатолійовича

«Інформаційна технологія оптимізації ресурсів аутсорсингових компаній в умовах
невизначеності ринку»
в освітньому процесі

Комісія у складі:

голови – завідувача кафедри інформаційних технологій проектування Черкаського державного технологічного університету доктора технічних наук, професора Прокопенко Т.О;

членів комісії – кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри інформаційних технологій проектування Катаєва Д.С., кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри інформаційних технологій проектування Лавданської О.В.

склала цей акт про те, що результати дисертаційного дослідження Помогайба Д.А. використовуються в процесі підготовки навчальних матеріалів для лекційних занять та лабораторних робіт з дисципліни «Управління ІТ проектами» освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології, освітня програма «Web-технології, Web-дизайн», з дисциплін «Методологія ІТ Project Management» та «Проектний аналіз та технології оцінювання ІТ проектів» освітнього ступеня магістра спеціальності 126 Інформаційні системи та технології, освітня програма «ІТ Project Management» Черкаського державного технологічного університету.

Розроблені Помогайбо Д.А. у межах дисертаційного дослідження метод інтегрального оцінювання стану проектів та портфелів («Health-статус»), математична модель розрахунку інтегрального показника стану ІТ-проекту та портфеля використовуються при проведенні навчальних занять із зазначених дисциплін, зокрема для вивчення методів інтелектуального аналізу даних і методів планування та управління проектами.

Застосування науково-практичних результатів дисертаційного дослідження Помогайба Дмитра Анатолійовича сприяє підвищенню рівня засвоєння навчального матеріалу зазначених дисциплін здобувачами за рахунок поглибленого вивчення моделей і методів аналізу та управління проектами, а також набуттю ними практичних навичок роботи з сучасним програмним забезпеченням управління проектами.

Голова комісії
завідувач кафедри ІТП
д.т.н., професор

Тетяна ПРОКОПЕНКО

Члени комісії:
доцент кафедри ІТП,
к.т.н., доцент

Дмитро КАТАЄВ

доцент кафедри ІТП,
к.т.н., доцент

Ольга ЛАВДАНСЬКА

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТРАНСФЕР
ЧЕРКАСИ»**

код ЄДРПОУ 44774416

Україна, 18006, Черкаська обл., м. Черкаси, Соснівський район, вул. Юрія Іллєнка, буд.
9, кв. (офіс) 44

Тел.: +38 (099) 630-47-71 | transfer.ck.ua

Вих. № _____ від 05 березня 2026 р.

АКТ

використання результатів дисертаційної роботи

Помогайба Дмитра Анатолійовича

«Інформаційна технологія оптимізації ресурсів аутсорсингових компаній
в умовах невизначеності ринку»

Цей акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Помогайба Д. А., а саме метод оптимізації ресурсів аутсорсингових компаній та розроблена інформаційна система моніторингу стану IT-проектів, були використані **ТОВАРИСТВОМ З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТРАНСФЕР ЧЕРКАСИ»** (м. Черкаси) в процесі управління розробкою SaaS-платформи пасажироперевезень та оцінювання ефективності бізнес-підрозділів у 2025–2026 рр.

Запропонований Помогайба Д. А. метод та інструментарій оптимізації ресурсів впроваджено для контролю виконання IT-проектів за показниками термінів, ресурсів і якості; моніторингу стану внутрішніх проектів у режимі реального часу; оцінювання ефективності функціональних підрозділів у розрізі планових і фактичних показників. Програмний продукт, розроблений на основі методів дисертаційної роботи, дозволив автоматизувати розрахунок відхилень і збалансувати навантаження між командами.

Результати впровадження науково-практичного інструментарію, розробленого Помогайба Д. А., показали, що застосування розробленого методу і моделі дозволило:

- підвищити ефективність управління IT-проектами на 8–12 % завдяки своєчасному виявленню відхилень у виконанні та автоматизованому оповіщенню команд;
- покращити рівень використання ресурсів між підрозділами компанії на 12–15 % за рахунок прозорості навантаження та збалансованого розподілу задач;
- скоротити час ідентифікації проектних ризиків на 15–20 % внаслідок автоматизованого розрахунку відхилень від планових показників;
- підвищити загальну успішність реалізації проектів компанії на 8–10 % у порівнянні з аналогічними проектами, реалізованими без застосування запропонованих підходів.

Наведені результати підтверджують практичну значущість дослідження та доцільність застосування запропонованих рішень для оптимізації управління IT-проектами і бізнес-процесами в умовах аутсорсингових операцій.

Директор ТОВ «Трансфер Черкаси»



Товариство з обмеженою відповідальністю

«АНДЕРСЕНЛАБ»

Юридична адреса: 18001, м. Черкаси, вул. Остафія Дашковича, 3

Код ЄДРПОУ 39396214

р/р UA813808050000000026000535959 в АТ «Райффайзен Банк Аваль» у
м. Києві, МФО 380805

АКТ

використання результатів дисертаційної роботи

Помогайба Дмитра Анатолійовича

«Інформаційна технологія оптимізації ресурсів аутсорсингових компаній
в умовах невизначеності ринку»

Цей акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Помогайба Д. А., а саме інформаційна технологія оптимізації ресурсів аутсорсингових компаній в умовах невизначеності ринку, що включає розроблений метод оцінювання стану проектного портфеля, модель розподілу ресурсів та інформаційну систему моніторингу, були впроваджені в операційну діяльність ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АНДЕРСЕНЛАБ» у 2025–2026 рр. в рамках управління портфелем з понад 200 активними ІТ-проектами.

Впроваджена інформаційна система забезпечила наскрізний контроль проектного портфеля компанії на всіх рівнях управління — від окремого завдання до рівня портфеля. Розроблені Помогайба Д. А. метод і модель оптимізації ресурсів дозволили автоматизувати моніторинг ресурсного навантаження, усунути інформаційний розрив між організаційними рівнями та підвищити якість управлінських рішень в умовах невизначеності ринку.

Результати впровадження науково-практичного інструментарію, розробленого Помогайба Д. А., показали, що застосування розробленого методу і моделі дозволило:

- скоротити інформаційний розрив між рівнями управління та підвищити швидкість прийняття управлінських рішень на 20–25 % завдяки єдиному Dashboard-відображенню стану всього портфеля проектів;
- знизити рівень відтоку кадрів (Attrition Rate) на 10–12 % внаслідок оптимізації розподілу ресурсів і усунення надмірного навантаження на команди;
- підвищити індекс задоволеності клієнтів (CSAT) на 10–12 % завдяки підвищенню передбачуваності строків виконання проектів;
- підвищити загальну ефективність управління портфелем проектів компанії на 12–15 % у порівнянні з аналогічним періодом без застосування запропонованих підходів.

Наведені результати свідчать про високу практичну значущість дослідження та доцільність його подальшого масштабування у сфері управління великими портфелями ІТ-проектів в умовах аутсорсингової моделі надання послуг.

Директор ТОВ «АНДЕРСЕНЛАБ»

18 березня 2026 р.



О. В. Алесін
(підпис)

ДОДАТОК Б

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Роль сучасних технологій в оптимізації фінансових і людських ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. Вип. 60. С. 87–94. (0,50 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.87-94> URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/322038> ISSN 2219-5300. Фахове видання категорії Б (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у формуванні постановки задачі, систематизації факторів/метрик оптимізації ресурсів, підготовці аналітичної частини та висновків та становить 0,35 друк. арк.

2. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Проблеми оптимізації ресурсів аутсорсингових ІТ-компаній в умовах невизначеності ринку. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. Вип. 58. С. 53–60. (0,50 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.53-60> URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/309384> ISSN 2219-5300. Фахове видання категорії Б (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у визначенні проблемного поля, класифікації ризиків/невизначеності та узагальненні практичних наслідків для ресурсного управління та становить 0,30 друк. арк.

3. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Алькема В. Г. Метод визначення Health-статусу проєктів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. Управління розвитком складних систем. Київ, 2025. Вип. 62. С. 88–96. (0,56 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.88-96> URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/download/334983/323868/777575> ISSN 2219-5300. Фахове видання категорії Б (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у формалізації структури Health-метрик,

побудові процедури агрегування показників та інтерпретації шкали статусів для управлінських рішень та становить 0,32 друк. арк.

4. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Розробка методу розрахунку Health-статусу портфеля IT-проектів для управління ресурсами. Інформаційні технології та суспільство. 2025. Вип. 3 (18). С. 94–101. ISSN 2786-5460 (Print). ISSN 2786-5479 (Online). (0,5 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.3.13> URL: <https://journals.maup.com.ua/index.php/it/article/view/5163> (фахове видання України категорії «Б»).

Особистий внесок автора полягає у розробці логіки інтегрального індексу Health-статусу портфеля, описі правил інтерпретації та формуванні висновків щодо застосування для перерозподілу ресурсів та становить 0,35 друк. арк.

Статті у іноземних виданнях

5. Ланських Є., Помогайбо Д. Розробка архітектури інформаційної системи для реалізації інтегрованої інформаційної технології розрахунку Health-статусу портфеля IT-проектів. SWorldJournal. 2025. 1(33-01). С.166–178. ISSN 2663-5712 (Online). DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2025-33-01-067> URL: <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj33-01-067> (іноземне видання).

Особистий внесок автора полягає у проектуванні логіки інтеграції джерел даних, описі ETL/нормалізації метрик та вимог до модульності архітектури та становить 0,55 друк. арк.

Опубліковані праці апробаційного характеру

6. Помогайбо Д. А. Development of a method for calculating the Health-status of an IT project portfolio for resource management. Innovations and New Directions in Scientific Research: proceedings of the 2nd International Scientific Conference (September 20, 2025). Research Europe, 2025. P. 12–14. (0,19 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.64076/iedc250920.20> URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2025/10/re-20.09.2025-172-174.pdf>

7. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Оптимізація управління ресурсами в IT-аутсорсингових компаніях: виклики та стратегії в умовах

глобалізації та непередбачуваності ринку. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 06 груд. 2023 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 63–65. (0,19 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/1f0cc_HaFDH4G3AI_NfwqfTjaMjyWBvkc/view

Особистий внесок автора полягає у формуванні переліку викликів ресурсного управління, узагальненні стратегій реагування та висновків та становить 0,11 друк. арк.

8. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А., Губа Є. А. Ефективність управління ресурсами в аутсорсингових ІТ-компаніях: виклики та розвиток нових методів та інструментів. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 06 груд. 2023 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 65–69. (0,31 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/1f0cc_HaFDH4G3AI_NfwqfTjaMjyWBvkc/view

Особистий внесок автора полягає у розкритті напрямів інструментального розвитку (метрики, автоматизація збору даних, підхід до оцінювання) та підготовці висновків та становить 0,18 друк. арк.

9. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Вплив сучасних технологій на оптимізацію фінансових і людських ресурсів в аутсорсингових ІТ-компаніях. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2024): матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Черкаси, 22 лист. 2024 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2024. С. 15–16. (0,13 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/15-8DffQpER_5F6TniHYNIDf2BjOPjehX/view

Особистий внесок автора полягає у підготовці прикладної частини щодо застосування Jira/Tempo/GitLab/SonarQube для ресурсної аналітики та узагальненні ефектів для управління та становить 0,08 друк. арк.

10. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Застосування методу визначення Health-статусу проєктів для оптимізації фінансових і людських ресурсів ІТ-компаній. Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates: proceedings of the 7th International Scientific and Practical Internet Conference (August 7–8, 2025). 2025. Р. 152–153. (0,19 д.а.). URL:

<http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2025/08/Conference-Proceedings-August-7-8-2025-1.pdf>

Особистий внесок автора полягає у викладенні процедури застосування методу Health-статусу та інтерпретації результатів для перерозподілу ресурсів та становить 0,12 друк. арк.

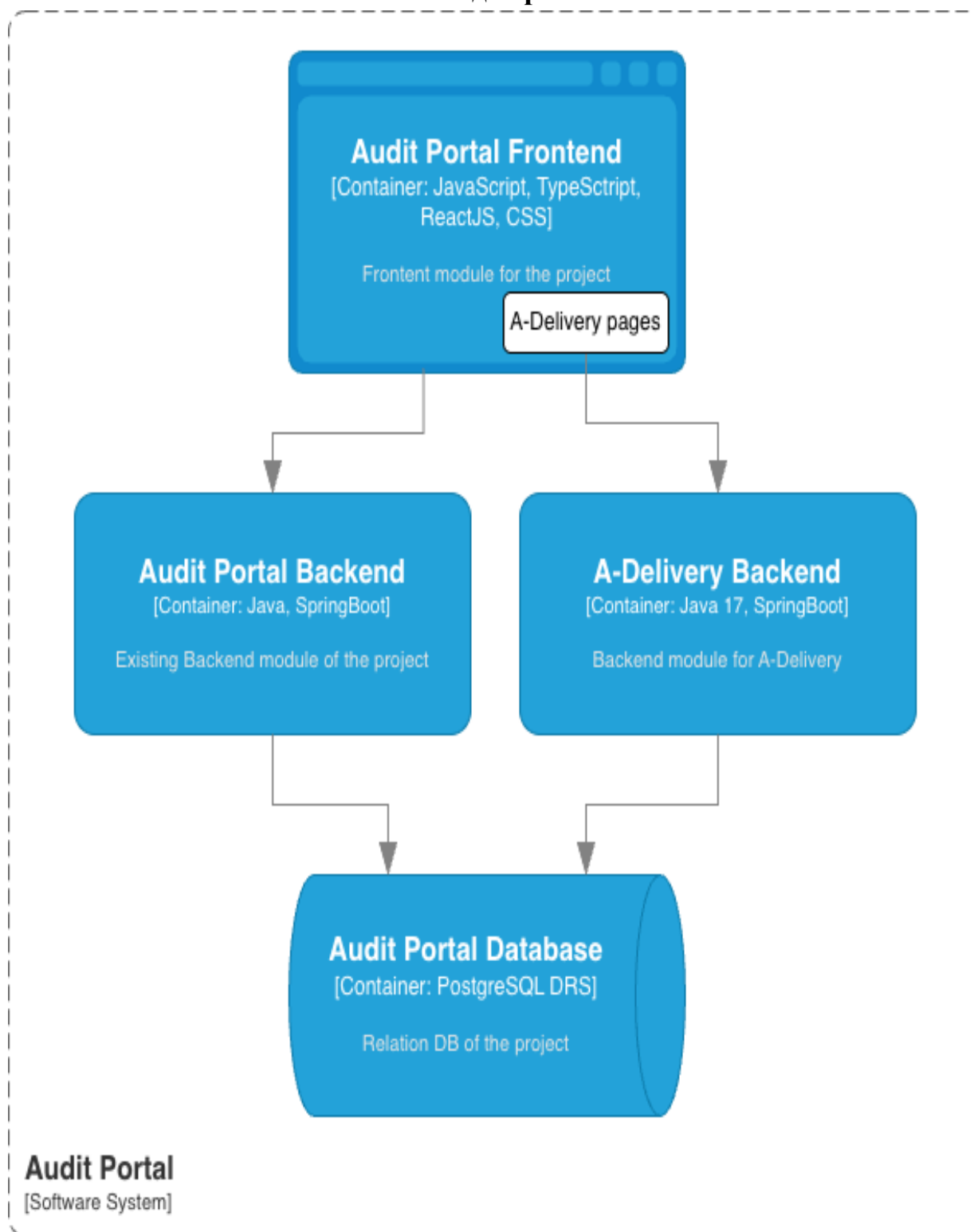
11. Ланських Є. В., Помогайбо Д. А. Метод та архітектура системи оцінювання Health-статусу ІТ-проектів. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2025): матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Черкаси, 25 лист. 2025 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2025. С. 109–111. (0,19 д.а.). URL: https://drive.google.com/file/d/1vfK7HzALRZHFTE8SKi6P_c-D3X4K3YPK/view

Особистий внесок автора полягає у описі архітектури та інтеграційних компонентів системи, а також у формуванні висновків щодо впровадження та становить 0,13 друк. арк.

12. Помогайбо Д. А. Інструментарій управління ресурсами в ІТ-проектах. Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій: збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 9 груд. 2022 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2022. С. 43–44. (0,13 д.а.). URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4353/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D0%86%D0%9F%D0%A8%D0%A0%D0%86%D0%A2_2022.pdf

ДОДАТОК В

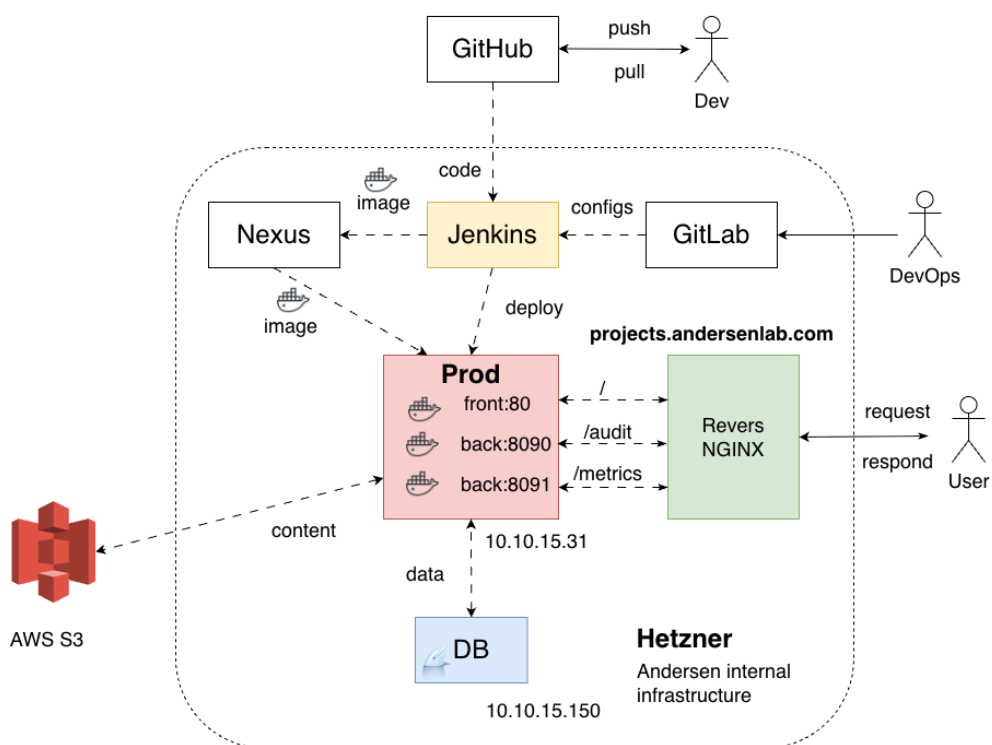
Компонентна діаграма системи



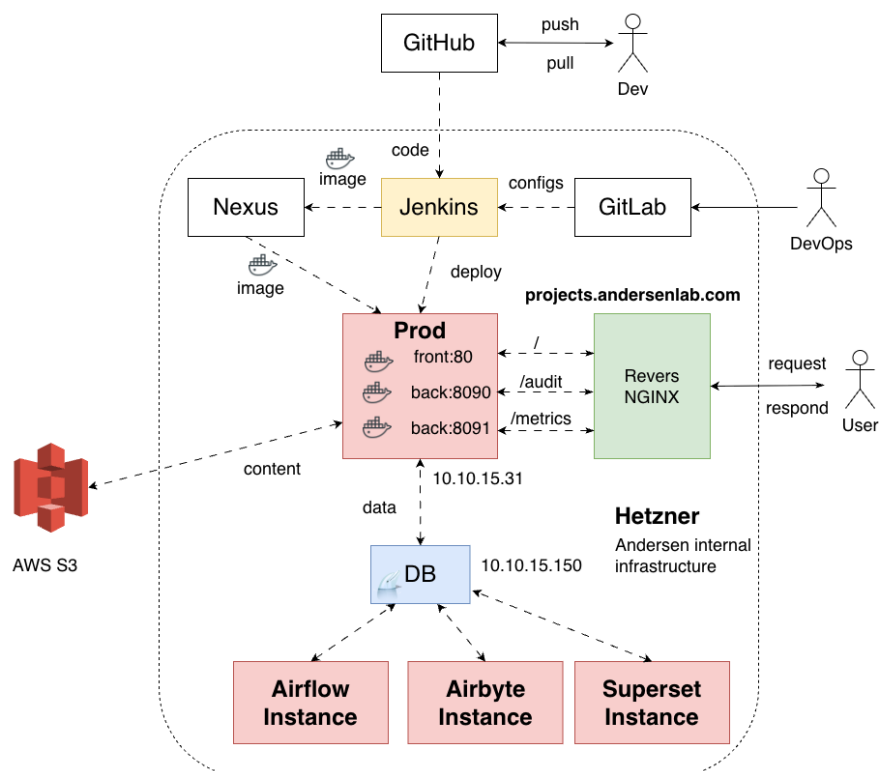
ДОДАТОК Г

Схеми розгортання інформаційної системи моніторингу.

Варіант 1



Варіант 2



ДОДАТОК Д

Схема інтеграцій інформаційної системи з зовнішніми джерелами даних

Вихідні запити

Source system name	Protocol	Frequency	Main resources	Integration service name	Data storage	Implementation status
1C	REST API	nightly job	projects, users	Audit Backend	DB	yes
Sonar	REST API	nightly job	statistics for services	Airflow	DB	plan
Jira	REST API	nightly job	tickets, sprints, releases	Airflow	DB	in progress
Tempo	REST API	nightly job	project, statistics for projects	Airflow	DB	in progress
Gitlab	REST API	nightly job	commits, merge requests	Airflow	DB	plan
Github	REST API	nightly job	commits, merge requests	Airflow	DB	plan

Процес інтеграції з GitLab

Ця документація описує процес інтеграції між GitLab та сховищем даних із використанням ETL-конвеєра, який забезпечує вилучення, трансформацію та завантаження даних GitLab до бази даних MySQL.

Скрипт реалізовано мовою Python із використанням GitLab API, SQLAlchemy та кастомних моделей даних для процесу завантаження й обробки даних.

Мета

Метою цієї інтеграції є збір даних із репозиторіїв GitLab, завдань (jobs), розгортань (deployments), конвеєрів (pipelines), задач (issues) та подій (events) для їх подальшого аналізу.

Ключові компоненти

1. Бібліотеки та залежності

Для реалізації ETL-процесу використовуються такі бібліотеки Python:

gitlab - для взаємодії з API GitLab та отримання даних;

sqlalchemy - для ORM-орієнтованої взаємодії з базою даних;

pandas - для обробки та трансформації даних;

logging - для ведення журналів ETL-конвеєра з метою аудиту та налагодження;

dateutil та pytz - для керування часовими зонами та забезпечення узгодженості часових міток.

2. Підключення та конфігурація бази даних

Скрипт використовує функцію `get_engine_stage()` для створення з'єднання з базою даних MySQL.

Кожна таблиця відповідає окремому джерелу даних GitLab та представлена у вигляді моделей SQLAlchemy, що використовуються для вставки, оновлення та виконання запитів до даних

Опис ETL-процесу

1. Ініціалізація та конфігурація

ETL-процес розпочинається з етапу конфігурації, який включає налаштування журналювання (logging) та ініціалізацію механізму підключення до бази даних.

Архітектура скрипта побудована на основі класового підходу (`FetchDataFromTable`), що забезпечує абстрагування операцій взаємодії з базою даних.

2. Вилучення даних із GitLab

Отримання даних виконується за допомогою Python-бібліотеки `gitlab` для таких сутностей, визначених ORM-моделями:

`RawGitlabCommits`

`RawGitlabDeployments`

`RawGitlabPipelines`

`RawGitlabJobs`

`RawGitLabIssues`

`RawGitLabEvents`

`RawGitLabMergeRequests`

Аудиторські таблиці:

`AuditMetadataProcessLog`

`AuditMetadataBadDataLog`

3. Трансформація даних

Для кожної сутності GitLab виконуються операції трансформації даних, зокрема:

- забезпечення узгодженості даних та обробка null-значень;
- нормалізація часових зон із використанням pytz;
- перетворення JSON-полів із відповідей GitLab у структурований формат.

4. Завантаження даних до бази даних MySQL

Завантаження даних.

Для вставки записів у відповідні таблиці використовується механізм `mysql_insert` бібліотеки `SQLAlchemy`.

Обробка дублікатів.

Для управління потенційними дубльованими записами реалізовано обробку винятків `IntegrityError`, що дозволяє пропускати записи, які вже існують у базі даних.

Пакетна обробка.

Вставка записів здійснюється пакетами, що дозволяє зменшити кількість транзакцій до бази даних та підвищити продуктивність ETL-процесу.

5. Аудит журналів та обробка помилок

Для контролю якості даних ETL-процес включає такі механізми аудиту:

Журнал процесів (`AuditMetadataProcessLog`).

Фіксує час початку та завершення кожного ETL-процесу, кількість оброблених записів, а також виявлені аномалії.

Журнал некоректних даних (`AuditMetadataBadDataLog`).

Містить записи про проблемні дані, які не відповідають вимогам якості або спричиняють помилки схеми під час завантаження.

6. Планування та автоматизація

ETL-скрипт структуровано у вигляді DAG-процесу для Apache Airflow, що дозволяє виконувати його за розкладом у автоматичному режимі.

Кожен запуск процесу оновлює staging-таблиці актуальними даними з GitLab.

Структура таблиць бази даних MySQL

raw_gitlab_commits

id - унікальний ідентифікатор коміту.

short_id - скорочений SHA-ідентифікатор коміту.

created_at - час створення коміту.

parent_ids - список батьківських ідентифікаторів комітів (для merge-комітів).

title - заголовок або короткий опис повідомлення коміту.

message - повний текст повідомлення коміту.

author_name - ім'я автора коміту.

author_email - електронна адреса автора коміту.

authored_date - дата створення коміту автором.

committer_name - ім'я користувача, який виконав коміт.

committer_email - електронна адреса користувача, який виконав коміт.

committed_date - дата застосування коміту до репозиторію.

web_url - URL-посилання для перегляду коміту в GitLab.

project_key - унікальний ключ проєкту в GitLab.

gitlab_project_id - унікальний ідентифікатор проєкту в GitLab.

insert_time - час вставки запису до бази даних.

raw_gitlab_deployments

id - унікальний ідентифікатор розгортання.

iid - внутрішній ідентифікатор розгортання в межах проєкту.

ref - гілка Git або тег, пов'язаний із розгортанням.

sha - SHA коміту, пов'язаного з розгортанням.

created_at - час створення розгортання.

updated_at - час останнього оновлення розгортання.

status - поточний статус розгортання (наприклад, running, success, failed).

user_name - ім'я користувача, який ініціював розгортання.

environment_id - унікальний ідентифікатор середовища розгортання.

environment_name - назва середовища розгортання (наприклад, staging, production).

job_id - унікальний ідентифікатор пов'язаного CI/CD-завдання.

job_status - статус завдання, пов'язаного з розгортанням.

job_stage - етап CI/CD-процесу (build, test, deploy тощо).

job_name - назва CI/CD-завдання.

job_ref - гілка або тег, пов'язані із завданням.

job_created_at - час створення завдання.

job_started_at - час запуску завдання.

job_finished_at - час завершення завдання.

commit_id - ідентифікатор коміту, пов'язаного з розгортанням.

commit_short_id - скорочений SHA-ідентифікатор коміту.

commit_created_at - час створення коміту.

commit_committed_date - дата фіксації коміту.

pipeline_id - унікальний ідентифікатор пов'язаного pipeline.

pipeline_status - статус пов'язаного pipeline.

project_key - унікальний ключ проєкту.

gitlab_project_id - унікальний ідентифікатор проєкту GitLab.

insert_time - час додавання запису до бази даних.

raw_gitlab_events

id - унікальний ідентифікатор події.

action_name - опис дії, що спричинила подію.

target_type - тип об'єкта, на який вплинула подія (наприклад, issue, merge request).

target_id - ідентифікатор об'єкта, на який вплинула подія.

author_id - унікальний ідентифікатор користувача, який ініціював подію.

author_username - ім'я користувача, який ініціював подію.

created_at - час виникнення події.

project_key - унікальний ідентифікатор проєкту.

gitlab_project_id - унікальний ідентифікатор проєкту GitLab.

insert_time - час вставки запису.

raw_gitlab_issues

id - унікальний ідентифікатор задачі.

iid - внутрішній ідентифікатор задачі в межах проєкту.

title - назва задачі.

description - опис або деталі задачі.

state - поточний статус задачі (open, closed тощо).

created_at - час створення задачі.

updated_at - час останнього оновлення задачі.

due_date - кінцева дата виконання задачі (за наявності).

labels - мітки, пов'язані із задачею.

assignees - користувачі, призначені для виконання задачі.

milestone - milestone, пов'язаний із задачею.

web_url - URL-посилання для перегляду задачі в GitLab.

project_key - ідентифікатор проєкту.

gitlab_project_id - унікальний ідентифікатор проєкту GitLab.

insert_time - час вставки запису.

raw_gitlab_jobs

id - унікальний ідентифікатор CI/CD-завдання.

status - поточний статус завдання (success, failed тощо).

stage - етап CI/CD-конвеєра (build, test тощо).

name - назва завдання.

ref - гілка Git або тег, пов'язані із завданням.

sha - SHA коміту, пов'язаного із завданням.

created_at - час створення завдання.

started_at - час запуску завдання.

finished_at - час завершення завдання.

duration - тривалість виконання завдання в секундах.

queued_duration - час перебування завдання в черзі перед запуском.

web_url - URL-посилання для перегляду завдання в GitLab.

project_key - унікальний ідентифікатор проєкту.

gitlab_project_id - ідентифікатор проєкту GitLab.

insert_time - час вставки запису.

raw_gitlab_merge_requests

id - унікальний ідентифікатор merge request.

iid - внутрішній ідентифікатор merge request у межах проєкту.

title - назва merge request.

description - опис або резюме merge request.

state - поточний статус merge request (open, closed, merged).

created_at - час створення merge request.

updated_at - час останнього оновлення.

merged_at - час злиття merge request.

closed_at - час закриття merge request.

assignee_ids - список ідентифікаторів користувачів, призначених для рев'ю.

target_branch - цільова гілка для злиття змін.

source_branch - вихідна гілка зі змінами.

project_key - ключ проєкту.

gitlab_project_id - ідентифікатор проєкту GitLab.

insert_time - час вставки запису.

raw_gitlab_pipelines

id - унікальний ідентифікатор pipeline.

iid - внутрішній ідентифікатор pipeline у межах проєкту.

name - назва або заголовок pipeline.

sha - SHA коміту, що ініціював запуск pipeline.

ref - гілка Git або тег, пов'язані з pipeline.

status - поточний статус pipeline (running, passed, failed).

source - джерело запуску pipeline (push, merge request тощо).

created_at - час створення pipeline.

updated_at - час останнього оновлення.

web_url - URL-посилання для перегляду pipeline в GitLab.

project_key - ідентифікатор проєкту.

gitlab_project_id - ідентифікатор проєкту GitLab.

insert_time - час додавання запису.

ДОДАТОК Е

Документація процесів інтеграції з зовнішніми системами (Tempo, GitLab)

Інтеграція з Tempo

Інтеграція з Tempo Budget забезпечує отримання детальних фінансових даних і даних управління проєктами (зокрема витрат, трудовитрат та понаднормових годин) із системи Tempo. Отримані дані зберігаються локально для подальшого аналізу, моніторингу та формування звітності щодо ефективності виконання проєктів.

На основі аналізу наданої документації щодо інтеграції Tempo Budget та наявного Python-коду сформовано вдосконалений високорівневий опис процесу інтеграції, який забезпечує чітке розуміння ключових даних, що обробляються, а також місць їх зберігання..

Огляд інтеграції Tempo Budget через API

Мета

Інтеграція з Tempo Budget забезпечує отримання детальних фінансових даних та даних управління проєктами, зокрема інформації про витрати, трудовитрати та понаднормові години із системи Tempo. Отримані дані зберігаються локально для подальшого аналізу, моніторингу та формування звітності щодо ефективності виконання проєктів.

Основні процеси:

Автентифікація

Система підключається до Tempo API з використанням токена доступу. Кожен API-запит потребує використання цього токена для авторизації та отримання даних із Tempo.

Отримання даних

Дані з Tempo отримуються для конкретних проєктів, представлених у вигляді folio. Folio є фінансовою сутністю в Tempo, пов'язаною з відповідним проєктом.

Інтеграція отримує три основні категорії даних:

- дані про витрати (Cost Data);
- дані про понаднормові години (Overtime Data);
- базові фінансові показники проєкту (Baseline Data).

Дані про витрати отримуються через endpoint

/rest/tempo-planning/1/folio/{folio_id}/overview/?financial=true API Tempo.

Основними полями даних є:

folio_id - унікальний ідентифікатор folio (проєкту);

totalEffort - загальні трудовитрати;

remainingEffort - залишкові трудовитрати;

totalPlanned - загальний плановий обсяг;

totalActual - фактичний обсяг витрат.

Ці показники характеризують поточний фінансовий та ресурсний стан проєкту.

Дані про понаднормові години фіксують додаткові години роботи, зареєстровані поза межами стандартного робочого часу. Вони отримуються через endpoint */rest/tempo-planning/1/folio/{folio_id}/overtime*.

Основними полями даних є:

timestamp - час реєстрації запису;

amount - кількість понаднормових годин;

isWorkingDay - ознака робочого дня;

overtime_type - тип понаднормової роботи;

overtime_date - дата понаднормової роботи.

Базові фінансові показники використовуються для визначення фінансових базових значень проєкту та порівняння їх із фактичними витратами. Дані

отримуються через endpoint

/rest/tempo-planning/1/folio/{folio_id}/baselines.

Основними полями даних є:

id - унікальний ідентифікатор baseline;

folio_id - ідентифікатор folio;

totalCost - загальна базова вартість проєкту.

Трансформація даних

Сирі дані, отримані з Tempo, трансформуються у структури pandas DataFrame, де виконуються їх обробка та підготовка до завантаження в базу даних.

Кожен тип даних зберігається в окремому **DataFrame**:

дані про витрати - **df_costs**;

дані про понаднормові години - **df_overtime**;

базові фінансові показники - **df_baseline**.

Зберігання даних

Після обробки дані завантажуються до відповідних таблиць реляційної бази даних із використанням методу **to_sql** бібліотеки **SQLAlchemy**.

Використовуються такі таблиці:

raw_folio - містить базові метадані folio;

raw_folio_cost - містить деталізовані дані про витрати та трудовитрати;

raw_folio_overtime - містить інформацію про понаднормові години;

raw_folio_baseline - містить базові фінансові показники проєкту.

Опис таблиць

raw_folio

Таблиця містить метадані folio проєкту, зокрема його ідентифікатор, назву та статус.

Поля таблиці:

folio_id - унікальний ідентифікатор folio.

name - назва folio або проєкту.

startDate - дата початку проєкту.

endDate - дата завершення проєкту.

owner - відповідальна особа або власник folio.

status - поточний статус folio.

insert_time - час вставки запису до бази даних.

raw_folio_cost

Таблиця містить деталізовані дані щодо витрат і трудовитрат для кожного folio.

Поля таблиці:

folio_id - унікальний ідентифікатор folio.

totalEffort - загальні трудовитрати.

remainingEffort - залишкові трудовитрати.

totalPlanned - плановий обсяг витрат або робіт.

totalActual - фактичний обсяг витрат або виконаних робіт.

completionRatio - коефіцієнт завершеності проєкту.

insert_time - час вставки запису до бази даних.

raw_folio_overtime

Таблиця містить інформацію про понаднормові години, пов'язані з проєктом.

Поля таблиці:

folio_id - унікальний ідентифікатор folio.

timestamp - час реєстрації запису.

amount - кількість понаднормових годин.

isWorkingDay - ознака робочого дня.

overtime_type - тип понаднормової роботи.

overtime_date - дата понаднормової роботи.

insert_time - час вставки запису до бази даних.

raw_folio_baseline

Таблиця містить базові фінансові показники проєкту, які використовуються для порівняння з фактичними витратами.

Поля таблиці:

id - унікальний ідентифікатор baseline.

folio_id - унікальний ідентифікатор folio.

totalCost - загальна базова вартість проєкту.

insert_time - час вставки запису до бази даних

Приклад процесу

Отримання **folio**:

З використанням API endpoint

/rest/tempo-planning/1/folio/{folio_id}/overview/?financial=true

система отримує перелік folio (проєктів) разом із їх фінансовим оглядом.

Збереження даних про витрати:

Отримані дані про витрати трансформуються у **DataFrame** та зберігаються в таблиці **raw_folio_cost**.

Збереження даних про понаднормові години:

Дані про понаднормові години отримуються через endpoint

/rest/tempo-planning/1/folio/{folio_id}/overtime

та зберігаються в таблиці **raw_folio_overtime**.

Висновок

Інтеграція з Tempo Budget через API забезпечує детальне відстеження витрат

проєкту, трудовитрат та понаднормових годин. Дані зберігаються у структурованих таблицях для подальшого аналізу та порівняння, що дозволяє зацікавленим сторонам проєкту контролювати виконання бюджету за ключовими показниками, зокрема фактичними та плановими витратами, earned value та понаднормовими годинами.

Аутентифікація API звітів

URI	/InternalPortal/login
Method	POST
is method call synchronized	
Version	v1
Controller	
Summary	Authentication is required and common for all endpoints.
Input	{login: "username", password: "password"}
http-code	200 - OK 500 - Unexpected server error
Output	For 200: { "token": "token string" }
Working with errors	
Роль	any

[POST] Створення звіту про спринт

URI	/projects/{id}/sprint-report
-----	------------------------------

Method	POST
is method call synchronized	
Version	v1
Controller	
Summary	Create sprint report instance
Input	1) Header: Authentication token 2) Body: -
http-code	201 - created 500 - Unexpected server error
Output	Location : /InternalPortal/projects/{id}/sprint-reports/{id}
Working with errors	
Роль	Role Matrix

[GET] Отримання звітів про спринти

URI	/projects/{id}/sprint-reports
Method	GET
is method call synchronized	
Version	v1
Controller	
Summary	Get sprint report instance
Input	1) Header: Authentication token 2) Body: -

http-code	200 - OK 500 - Unexpected server error
Output	1) Header: 2) Body:
Working with errors	

[DELETE] Видалення звіту про спринт

URI	/projects/{id}/sprint-reports/{id}
Method	DELETE
is method call synchronized	
Version	v1
Controller	
Summary	Delete sprint report instance
Input	1) Header: Authentication token 2) Body:
http-code	204 - no content 500 - Unexpected server error
Output	1) Header: 2) Body:
Working with errors	

Переходи між статусами. Статуси перевірок

No check yet

Planned

In progress

On refining

On approval

Completed

Not completed

Deleted

State Transition Rules:

No check yet -> Planned

Planned -> In progress
 In progress -> On refining
 In progress -> On approval
 In progress -> Not completed
 On refining <-> On approval
 On approval -> Completed
 Any status -> Deleted

API-ендпоінти та методи

Inspection lock in transition statuses:

In progress -> Not completed (to transition lock not required)
 Not completed -> Deleted (to transition lock not required)
 In progress -> On approval (to transition lock required)
 On approval -> On refining (to transition lock not required)
 On refining <-> On approval (to transition lock required)
 On approval -> Completed (to transition lock not required)
 Completed -> On refining (to transition lock not required) to be development

ДОДАТОК Ж

Результати апробації інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів

У межах практичної апробації розробленої інформаційної технології оцінювання стану ІТ-проектів та портфелів ІТ-проектів було проведено розрахунок Health-статусу для реального аутсорсингового ІТ-портфеля.

Таблиця Ж.1 - Вхідні дані та розрахунок статусів метрик для Проекту «Альфа»

Код метрики	Назва метрики	Значення (v_{ij})	Порогові правила (приклад)	Статус (S_{ij})
Фінансовий домен (джерело: Tempo Timesheets)				
TMC-3	CPI (Cost Performance Index)	0.87	< 0.90 -> Red; 0.90-1.0 -> Amber; > 1.0 -> Green	1 (Red)
TMC-2	SPI (Schedule Performance Index)	0.93	< 0.90 -> Red; 0.90-1.0 -> Amber; > 1.0 -> Green	2 (Amber)
Технічний домен (джерело: GitLab, SonarQube)				
JMC-18	Open Bugs by Priority (критичні)	4 шт.	> 2 -> Red; 1-2 -> Amber; 0 -> Green	1 (Red)
JMC-6	Bug Growth Rate	+18%	> +10% -> Red; 0%-10% -> Amber; < 0% -> Green	1 (Red)
GMC-3	Change Failure Rate	8%	> 15% -> Red; 5%-15% -> Amber; < 5% -> Green	2 (Amber)
Процесний домен (джерело: Jira, GitLab)				
JMC-7	Cumulative Flow by Status	Стабільний	Є «вузькі місця» (R/A); Рівномірний -> Green	3 (Green)
GMC-2	Lead Time for Changes (дні)	14 дн.	> 20 -> Red; 10-20 -> Amber; < 10 -> Green	2 (Amber)
Домен планування та виконання (джерело: Jira)				
JMC-21	Committed vs Completed (%)	78%	< 80% -> Red; 80%-90% -> Amber; > 90% -> Green	1 (Red)
JMC-1	Backlog Health (Ready items, %)	83%	< 80% -> Red; 80%-90% -> Amber; > 90% -> Green	2 (Amber)

Примітка: порогові значення метрик встановлено відповідно до галузевих стандартів (DORA, PMI PMBOK) та калібровані на основі даних апробаційного партнера.

З метою дотримання умов угод про нерозголошення (NDA), укладених із компаніями-учасниками апробації, реальні назви проектів, компаній-замовників та

конкретні ідентифікуючі параметри замінено на знеособлені позначення: «Проект Альфа», «Проект Бета», «Проект Гамма». Числові значення метрик є коректними і відповідають реальним вимірюванням; знеособлення стосується виключно контекстних ідентифікаторів.

Таблиця Ж.2 - Покроковий розрахунок Health-статусу H_i для Проекту «Альфа»

Код метрики	Назва метрики	Статус (S_{ij})	Вага (w_j)	Зважена оцінка ($w_j \cdot S_{ij}$)	Примітка
Фінансовий домен					
TMC-3	CPI	1 (Red)	0.20	0.20	M_{crit}
TMC-2	SPI	2 (Amber)	0.10	0.20	
Технічний домен					
JMC-18	Open Bugs by Priority	1 (Red)	0.15	0.15	
JMC-6	Bug Growth Rate	1 (Red)	0.10	0.10	
GMC-3	Change Failure Rate	2 (Amber)	0.10	0.20	
Процесний домен					
JMC-7	Cumulative Flow	3 (Green)	0.10	0.30	
GMC-2	Lead Time for Changes	2 (Amber)	0.10	0.20	
Домен планування					
JMC-21	Committed vs Completed	1 (Red)	0.10	0.10	
JMC-1	Backlog Health	2 (Amber)	0.05	0.10	
	Σ (базовий H_i)	-	1.00	1.55	

Застосування правил «вето» (формула 3.27). Перевірка умови: TMC-3 (CPI) $\in M_{crit}$ та $SCPI = 1$ (Red) \rightarrow умова правила критичного провалу виконана. Додаткова перевірка правила акумуляції: $N_{red} = 4 > \theta_{acc} = 2 \rightarrow$ умова правила акумуляції також виконана.

Застосування коригуючого обмеження: $H_{i_final} = \min(H_i, \theta_{veto}) = \min(1.55, 1.90) = 1.55$

Показник	Значення	Інтерпретація
H_i базовий (формула 3.16)	1.55	Зона Red
θ_{veto}	1.90	Нижня межа Amber-зони
Правило, що спрацювало	3.27 + 3.28	$CPI \in M_{crit}; N_{red} = 4 > 2$
H_{i_final} (формула 3.27)	1.55	Статус: Red - критичний стан

Примітка: оскільки H_i базовий (1.55) вже нижче θ_{veto} (1.90), вето-правило підтверджує Red-статус, але не змінює числового значення. У випадку $H_i = 2.10$ при тих самих вето-умовах маємо $H_{i_final} = \min(2.10, 1.90) = 1.90$ - саме тоді

правило змінює результат, блокуючи «маскування» проблеми позитивними показниками.

Таблиця Ж.3 - Скорингова карта ІТ-портфеля та розрахунок стратегічних ваг W_i

Проект	Стратегічна важливість (1-5)	Фінансовий внесок (1-5)	Ресурсна ємність (1-5)	Сумарний бал	W_i (нормалізована вага)	Бізнес-модель
Альфа	5 (дуже висока)	5 (дуже висока)	5 (дуже висока)	$5 \times 0.50 + 5 \times 0.30 + 5 \times 0.20 = 5.0$	$5.0 / 8.4 \approx 0.60$	T&M
Бета	2 (середня)	4 (висока)	3 (середня)	$2 \times 0.50 + 4 \times 0.30 + 3 \times 0.20 = 2.8$	$2.8 / 8.4 \approx 0.33$	Fixed Price
Гамма	1 (низька)	1 (низька)	1 (низька)	$1 \times 0.50 + 1 \times 0.30 + 1 \times 0.20 = 1.0$	$1.0 / 8.4 \approx 0.12$	Dedicated Team
Разом				8.8	≈ 1.00	

Примітка: нормалізовані ваги W_i округлено до 0.01 для зручності читання; у розрахунку PI використовуються точні значення.

Портфель ІТ-проектів складається з трьох активних проектів. Стратегічні ваги W_i визначені через Portfolio Scorecard за трьома критеріями: стратегічна важливість для компанії ($w_1 = 0.50$), фінансовий внесок у загальний дохід ($w_2 = 0.30$), ресурсна ємність ($w_3 = 0.20$).

Таблиця Ж.4 - Розрахунок інтегрального Health-індексу портфеля PI та показника ризику R_{portf}

Проект	Health-статус H_i	Стратегічна вага W_i	Зважена оцінка $W_i \cdot H_i$	Ризик проекту R_i	$W_i \cdot R_i$
Альфа	1.55	0.60	0.93	0.73	0.44
Бета	2.45	0.33	0.81	0.28	0.09
Гамма	2.85	0.07	0.20	0.08	0.01
Σ (Підсумок)	-	1.00	PI = 1.94	-	$R_{\text{portf}} = 0.54$

Де: $R_i = (3 - H_i) / 2$ - ризик-орієнтована оцінка і-го проекту, що є монотонно спадною функцією від Health-статусу. При $H_i = 1$ (критичний стан): $R_i = 1.0$; при $H_i = 3$ (норма): $R_i = 0.0$.

Індикатор	Значення	Інтерпретація
$PI = \Sigma W_i \cdot H_i$	1.94	Amber-зона: портфель потребує уваги
$R_{\text{portf}} = \Sigma W_i \cdot R_i$	0.54	Підвищена концентрація ризику (ваговано)
Критичний проект	Альфа (Red)	$W_i = 0.60$ - найбільша вага, стан критичний

Рекомендація системи	Активне втручання	Проект Альфа - пріоритет 1
----------------------	--------------------------	----------------------------

Примітка: попри загалом Amber-статус портфеля ($PI = 1.94$), висока стратегічна вага Проекту «Альфа» ($W_i = 0.60$) з Red-статусом спричиняє суттєву тягу PI вниз. Якби Проект «Альфа» мав Green-статус ($H_i = 2.8$), PI зріс би до 2.72 - тобто вплив стану одного проекту на загальну картину є кількісно вираженим і керованим. Саме цей ефект демонструє практичну цінність стратегічно зваженої агрегації та необхідність окремого показника R_{portf} для виявлення концентрації ризику.

Результати апробації підтвердили коректність розробленого методу та його практичну цінність. Система ідентифікувала критичний стан Проекту «Альфа» за 3 спринти до того, як ситуація отримала офіційну ескалацію менеджментом: сигнал Red по метриці CPI з'явився на Спринті 12, тоді як ескалація відбулась лише після Спринту 15. Менеджмент портфельного рівня отримав інструмент для превентивного перерозподілу ресурсів у часовому горизонті 4-6 тижнів.