

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БЕРЕЗУЦЬКИЙ ІГОР СЕРГІЙОВИЧ

УДК 004.9:005.8:519.816

ДИСЕРТАЦІЯ
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕГРАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ В
СИСТЕМІ АДМІНІСТРУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ

122 – Комп'ютерні науки
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
_____ І.С. Березуцький

Науковий керівник: Гончаренко Тетяна Андріївна, доктор технічних
наук, професор, завідувачка кафедри інформаційних технологій

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Березуцький І.С. Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при адмініструванні інфраструктурних проєктів шляхом розроблення моделей, методів та алгоритмів оброблення даних, а також спеціалізованої інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів, яка забезпечує автоматизований вибір методології управління проєктом на основі аналізу історичних даних та характеристик проєктного середовища.

Сучасний розвиток цифрової економіки супроводжується постійним зростанням кількості інфраструктурних проєктів, пов'язаних із впровадженням хмарних сервісів, центрів обробки даних, засобів кібербезпеки, корпоративних інформаційних систем, телекомунікаційних платформ та інших складових цифрової інфраструктури. Реалізація таких проєктів характеризується високим рівнем складності, значною кількістю взаємопов'язаних компонентів, підвищеними вимогами до надійності та безперервності функціонування, а також необхідністю ефективної координації великої кількості учасників проєктної діяльності.

Одним із ключових факторів успішності інфраструктурного проєкту є вибір методології управління. Аналіз сучасних практик управління проєктами свідчить, що рішення щодо вибору методології найчастіше приймається на основі експертного досвіду керівника проєкту або внутрішніх корпоративних стандартів організації. Такий підхід характеризується високим рівнем суб'єктивності та не забезпечує використання накопиченого досвіду реалізації аналогічних проєктів. У результаті виникає необхідність

зміни методології вже під час виконання проєкту, що призводить до додаткових витрат часу, фінансових ресурсів та збільшення ризиків невдалого завершення проєкту.

Проведений аналіз сучасних інформаційних систем управління проєктами показав, що більшість існуючих рішень орієнтована на автоматизацію процесів планування, контролю виконання робіт, управління ресурсами та формування звітності. Водночас питання автоматизованого вибору методології управління на передпроєктній стадії залишається недостатньо дослідженим та практично не реалізованим у сучасних інформаційних системах управління проєктами.

Об’єктом дослідження є процеси автоматизації прийняття управлінських рішень та інтеграції інформаційних потоків у проєктному менеджменті.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів.

Метою дослідження є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при адмініструванні інфраструктурних проєктів шляхом розроблення моделей, методів та алгоритмів оброблення даних, а також спеціалізованої інформаційної технології, що забезпечує раціональний підхід до управління залежно від характеристик проєкту та накопиченого досвіду реалізації аналогічних проєктів.

Для досягнення поставленої мети в роботі використано методи системного аналізу, математичного моделювання, математичної статистики, експертного оцінювання, архітектурного проєктування програмних систем та об’єктно-орієнтованого програмування, а також методи експериментального тестування та статистичної верифікації.

У першому розділі проведено аналіз предметної області дослідження, причин невдач інфраструктурних та ІТ-проєктів, виконано порівняльний аналіз сучасних методологій управління проєктами та інформаційних систем

управління проєктами. Встановлено, що існуючі ІСУП не забезпечують автоматизований вибір методології управління проєктом на основі історичних даних та характеристик проєктного середовища.

У другому розділі розроблено концептуальну модель інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів. Запропонована модель визначає структуру інформаційних потоків, механізми взаємодії функціональних модулів та логіку інтеграції з існуючими інформаційними системами управління проєктами. Також розроблено концепцію функціонування рекомендаційного ядра підтримки прийняття рішень щодо вибору методології управління.

У третьому розділі розроблено метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурного проєкту для автоматизованого вибору методології управління. Запропоновано математичні моделі нормалізації параметрів проєкту, формування вагових коефіцієнтів критеріїв, побудови матриці відповідності та інтегрального оцінювання альтернативних методологій управління. Для підвищення достовірності рекомендацій використано історичні дані раніше реалізованих проєктів, а також механізми згладжування статистичних оцінок та аналізу чутливості результатів.

У четвертому розділі виконано програмно-технічну реалізацію розробленої інформаційної технології. Реалізовано кросплатформну інформаційну систему на базі фреймворку Flutter та хмарної платформи Google Firebase. Розроблена система включає модулі збору та оброблення даних, рекомендаційне ядро, механізми автономної синхронізації, засоби адміністрування та інтеграційний API-шар для взаємодії із зовнішніми інформаційними системами управління проєктами. Проведено комплекс експериментальних досліджень працездатності та ефективності розробленої інформаційної технології.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– *вперше* розроблено концептуальну модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, яка, на

відміну від існуючих, базується на комплексному аналізі характеристик інфраструктурного проєкту, що дозволяє автоматизувати процес адаптації управлінських бізнес-процесів до специфіки конкретного середовища для мінімізації ризиків його реалізації та підвищити ефективність підтримки прийняття рішень при їх адмініструванні;

- *вперше* розроблено метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління, який базується на структурованому обчисленні історичних даних реалізованих прецедентів. На відміну від існуючих, запропонований метод дозволяє здійснювати раціональний вибір між парадигмами *Scrum*, *Kanban*, *Waterfall* та *Hybrid* на основі комплексного аналізу характеристик майбутнього проєкту, що мінімізує вплив суб'єктивного чинника;

- *удосконалено* математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту, які на відміну від існуючих, інтегровані в єдиний контур адміністрування та враховують динамічний взаємозв'язок і взаємозумовленість вхідних параметрів, що сприяє підвищенню об'єктивності їх комплексного оцінювання;

- *удосконалено* підхід до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів, який, на відміну від відомих рішень, базується на застосуванні адаптивного механізму автономної синхронізації, що дозволяє підвищити відмовостійкість системи та забезпечити її гнучку інтеграцію з різнорідними платформами управління проєктами;

- *набули подальшого розвитку* теоретико-методологічні основи створення інформаційних технологій управління інфраструктурними проєктами, які, на відміну від існуючих, поєднують ретроспективний аналіз історичних прецедентів із механізмами адаптивної синхронізації розподілених даних. Це забезпечує функціонування інтелектуального рекомендаційного ядра для автоматизованого налаштування управлінських

бізнес-процесів та підвищення загальної відмовостійкості середовища адміністрування.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні працездатної інформаційної технології та програмного комплексу, які можуть використовуватися як самостійне програмне рішення або інтегруватися до існуючих інформаційних систем управління проєктами. Розроблена технологія дозволяє підвищити рівень обґрунтованості управлінських рішень, зменшити ризики використання невідповідної методології управління та підвищити ефективність адміністрування інфраструктурних проєктів.

Результати проведених експериментальних досліджень підтвердили працездатність запропонованих моделей і методів, а також доцільність їх використання для підтримки прийняття рішень на передпроєктній стадії. Ретроспективний аналіз історичних прецедентів довів, що використання рекомендаційного механізму дозволяє підвищити обґрунтованість вибору методології управління та мінімізувати ризики, пов'язані з необхідністю зміни управлінського підходу під час реалізації проєкту.

Основні результати дисертаційної роботи апробовано на міжнародних науково-практичних конференціях та опубліковано у наукових виданнях України та зарубіжних держав.

Ключові слова: інформаційна технологія, інтеграція бізнес-процесів, методологія, адміністрування проєктами, метод, методологічний підхід, управління проєктами, методологія управління проєктами, системи підтримки прийняття рішення, інформаційна система управління проєктами, структура організації даних, аналіз даних, математичні моделі, математичне моделювання, ІТ архітектура, рекомендаційне ядро.

ABSTRACT

Berezutskyi I.S. Information Technology for Business Process Integration in the Administration System of Infrastructure Projects. – *Qualification scientific work as a manuscript.*

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 122 "Computer Science". – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to solving an important scientific and applied problem of improving decision-making support in the administration of infrastructure projects through the development of data processing models, methods, and algorithms, as well as a specialized information technology for business process integration that provides automated selection of project management methodologies based on the analysis of historical data and project environment characteristics.

The modern development of the digital economy is accompanied by a continuous increase in the number of infrastructure projects related to the implementation of cloud services, data centers, cybersecurity solutions, corporate information systems, telecommunication platforms, and other components of digital infrastructure. The implementation of such projects is characterized by a high level of complexity, a significant number of interrelated components, increased requirements for reliability and operational continuity, and the need for effective coordination among numerous project stakeholders.

One of the key factors determining the success of an infrastructure project is the selection of an appropriate project management methodology. The analysis of current project management practices demonstrates that decisions regarding methodology selection are most often made based on the project manager's experience or internal corporate standards. Such an approach is highly subjective and does not ensure the utilization of accumulated knowledge obtained from similar projects. As a result, organizations frequently face the necessity of

changing the management methodology during project execution, leading to additional costs, schedule delays, and increased risks of project failure.

The conducted analysis of modern project management information systems revealed that most existing solutions are focused on automating planning, task execution control, resource management, and reporting processes. At the same time, the problem of automated project management methodology selection at the pre-project stage remains insufficiently studied and is practically absent in contemporary project management information systems solutions.

The object of the research is the processes of automation of managerial decision-making and integration of information flows in project management.

The subject of the research is models, methods, and information technology for business process integration in the administration system of infrastructure projects.

The purpose of the research is to improve the efficiency of decision-making support in infrastructure project administration through the development of data processing models, methods, and algorithms, as well as a specialized information technology that ensures a rational management approach depending on project characteristics and accumulated experience from similar projects.

To achieve the stated objective, the research employs methods of systems analysis, mathematical modeling, mathematical statistics, expert evaluation, software architecture design, object-oriented programming, experimental testing, and statistical verification.

The first chapter analyzes the research domain, investigates the causes of failures in infrastructure and IT projects, and provides a comparative analysis of contemporary project management methodologies and project management information systems. It was established that existing PMIS solutions do not support automated project management methodology selection based on historical project data and project environment characteristics.

The second chapter presents a conceptual model of information technology for business process integration in the administration system of infrastructure

projects. The proposed model defines the structure of information flows, mechanisms of interaction among functional modules, and approaches to integration with existing project management information systems. In addition, a conceptual framework for the operation of the decision-support recommendation engine responsible for project management methodology selection was developed.

The third chapter proposes a method for comprehensive analysis of infrastructure project parameters aimed at automated project management methodology selection. Mathematical models for parameter normalization, weighting coefficient generation, compatibility matrix construction, and integrated evaluation of alternative project management methodologies are developed. To improve recommendation reliability, historical project data, statistical smoothing techniques, and sensitivity analysis mechanisms are employed.

The fourth chapter describes the software implementation of the developed information technology. A cross-platform information system based on the Flutter framework and the Google Firebase cloud platform was implemented. The developed system includes data collection and processing modules, a recommendation engine, autonomous synchronization mechanisms, administrative tools, and an integration API layer for interaction with external project management information systems. A comprehensive set of experimental studies was conducted to evaluate the operability and effectiveness of the proposed information technology.

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

- for the first time, a conceptual model of information technology for selecting project management methodologies in infrastructure projects has been developed. Unlike existing approaches, it is based on a comprehensive analysis of infrastructure project characteristics, which enables the automation of business process adaptation to the specifics of a particular project environment, minimizes implementation risks, and improves decision-making support efficiency during project administration;

- for the first time, a method for comprehensive analysis of infrastructure project parameters for automated project management methodology selection has been developed. The method is based on structured processing of historical project data and allows a rational choice among Scrum, Kanban, Waterfall, and Hybrid methodologies through a comprehensive analysis of future project characteristics while minimizing subjective decision-making factors;

- mathematical models for processing infrastructure project parameters have been improved through their integration into a unified project administration framework and by considering dynamic interdependencies among input parameters, thereby increasing the objectivity of comprehensive project evaluation;

- the approach to data synchronization within an integrated infrastructure project administration environment has been improved through the application of an adaptive autonomous synchronization mechanism, which enhances system fault tolerance and enables flexible integration with heterogeneous project management platforms;

- the theoretical and methodological foundations for the development of information technologies for infrastructure project management have been further developed by combining retrospective analysis of historical project cases with adaptive distributed data synchronization mechanisms, enabling the operation of an intelligent recommendation engine for automated business process configuration and increased resilience of the project administration environment.

The practical significance of the obtained results lies in the development of a functional information technology and software system that can be used either as a standalone solution or integrated into existing project management information systems. The developed technology improves the validity of managerial decisions, reduces the risks associated with selecting inappropriate project management methodologies, and enhances the efficiency of infrastructure project administration.

Experimental studies confirmed the operability of the proposed models and methods as well as the feasibility of their application for decision support at the

pre-project stage. Analysis of historical project cases demonstrated that the use of the recommendation mechanism increases the validity of project management methodology selection and minimizes the risks associated with changing the management approach during project execution.

The main results of the dissertation research were presented at international scientific and practical conferences and published in scientific journals and conference proceedings in Ukraine and abroad.

Keywords: information technology, business process integration, methodology, administering projects, method, methodological approach, project management, project management methodology, decision support system, project management information system, data organization structure, data analysis, mathematical models, mathematical modeling, IT architecture, recommendation engine.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз

1. **І. С. Березуцький**, Можливість використання методів прийняття рішень для інформаційних систем управління проєктами. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. No 57. С. 12–19, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.57.12-19](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.12-19) Фахове видання категорії «Б».

2. **I. Berezutskyi**, Method for analyzing project characteristics. Management of Development of Complex Systems, 61, 145–150, 2025, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2025.61.145-150](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.61.145-150) Фахове видання категорії «Б».

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus

3. **I. Berezutskyi**, T. Honcharenko. Potential implications of artificial intelligence for project management information systems. V International Workshop IT. Project Management, ITPM 2024, Bratislava, Slovakia, 2024 Scopus, Web of Science DOI: 10.13140/RG.2.2.30479.97449 Scopus, Web of Science.

Особистий внесок автора полягає у дослідженні структури сучасних інформаційних систем управління проєктами, формалізації їх функціональних модулів, аналізі можливостей використання технологій штучного інтелекту в кожному модулі окремо та визначенні перспективних напрямів розвитку інтелектуальних ІСУП.

4. **I. Berezutskyi**, T. Honcharenko, M. Tsai, M. Zdrilko, I. Sachenko. IT project characteristics analysis results validation. 6th International Workshop IT Project Management Thursday, May 22, 2025, pp. 114-126, <https://ceur-ws.org/Vol-4023/paper11.pdf> Scopus, Web of Science.

Особистий внесок автора полягає у розробленні методу комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління, проведенні

статистичного аналізу отриманих результатів та перевірки коректності запропонованого методу аналізу характеристик проєктів.

5. **I. Berezutskyi, T. Honcharenko** The Sub-system for project methodology choosing in the information system, INFORMATION TECHNOLOGIES: THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS (ITTAP-2025 The 5th International Workshop. October 22-24, 2025 Scopus, Web of Science. <https://ceur-ws.org/Vol-4146/short07.pdf>

Особистий внесок здобувача полягає у розробленні архітектури підсистеми вибору методології управління проєктами, формалізації механізму отримання та обробки характеристик проєкту, реалізації логіки формування рекомендацій щодо вибору методології управління та удосконаленні математичних моделей обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту, які інтегровані в єдиний контур адміністрування.

Наукові праці, що представлені як тези доповіді у міжнародних науково-технічних конференціях

6. **I. Berezutskyi, T. Honcharenko, G. Ryzhakova, O. Tykhonova, V. Pokolenko, I. Sachenko.** Methodological Approach for Choosing Type of IT Projects Management. 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Kazakhstan, Astana 2024, pp. 14-19. <https://doi.org/10.1109/SIST61555.2024.10629587> Scopus, Web of Science.

Особистий внесок автора полягає у формуванні концептуальну модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, яка, на відміну від існуючих, базується на комплексному аналізі характеристик інфраструктурного проєкту, формалізації підходу до порівняння альтернативних методологій та математичному описі процесу прийняття рішень.

7. **I. Berezutskyi, S. Tsiutsiura, I. Rusan, I. Sachenko, S. Danylyshyn,** Disadvantages of using Scrum Model in IT projects. International Conference on

Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 89-93. DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223589 *Scopus, Web of Science*

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу практичного використання методології Scrum, систематизації її недоліків та обмежень, формалізації критеріїв оцінювання ефективності застосування Scrum у різних типах IT-проектів та підготовці рекомендацій щодо умов її використання.

8. **I. Berezutskyi**, T. Honcharenko, M. Tsai, M. Zdrilko, I. Sachenko. N. Batyr, Database-driven Information System for Support IT Project Methodology Selection, 2026 IEEE 6th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2026 *Scopus, Web of Science*.

Особистий внесок автора: у розробленні архітектури інформаційної системи, формуванні структури бази знань. Удосконаленні підхід до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів, який, на відміну від відомих рішень, базується на застосуванні адаптивного механізму автономної синхронізації

Тези доповідей наукових та науково-практичних конференцій

9. **I. Berezutskyi**, S. Tsiutsiura, N. Popovych. Advantages of microservices architecture. Міжнародна науково-практична конференція «Будмайстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 30.11.2022. С.351 <https://drive.google.com/file/d/1M7G7eFmtYorlxPTsTltRxq9rhPhemwB/view>

Особистий внесок автора полягає у дослідженні принципів мікросервісної архітектури, аналізі її переваг для побудови масштабованих інформаційних систем та формалізації архітектурних підходів до реалізації розподілених програмних рішень.

10. S. Tsiutsiura, **I. Berezutskyi**, Problem of using scrum model. X Міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком технологій 2023», КНУБА, Україна, Київ, 2023. С. 9

https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/04/2023_h_mizhnarodna_konf_urt_zbirnyk_tez.pdf

Особистий внесок автора полягає у дослідженні практичних обмежень використання методології Scrum, аналізі факторів, що впливають на ефективність її застосування, та формалізації переліку основних проблем, які можуть виникати під час управління ІТ-проектами.

11. **Ihor Berezutskyi.** Information system for infrastructure project management type selection. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 29.11-02.12.2023. С.451

<https://drive.google.com/file/d/18Hg2JA7eP4qkqhJbW4szjTBIwela-9bW/view>

Особистий внесок автора полягає у формуванні концепції інформаційної системи вибору методології управління інфраструктурними проектами, визначенні її функціональної структури та формалізації основних принципів підтримки прийняття управлінських рішень.

12. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Концепція вибору методів управління в системі адміністрування інфраструктурними проектами. Сучасні тренди цифровізації в освіті та будівництві, 2024.

<https://www.knuba.edu.ua/suchasni-trendy-cyfrovizacziyi-v-systemah-menedzhmentu-osvitnih-ta-budivelnyh-organizacziy/>

Особистий внесок автора полягає у розробленні концептуальних засад вибору методології управління інфраструктурними проектами, формалізації критеріїв оцінювання характеристик проекту та визначенні структури інформаційної підтримки процесу прийняття рішень.

13. **І. Березуцький.** Вибір методу управління ІТ проектом. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 2024, с. 397-398.

https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf

14. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Потенціал ІІІ для систем управління проектами. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 2024, с. 399-400. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf

Особистий внесок автора полягає у аналізі використання ІІІ для модулів ІСУП.

15. **Ігор Березуцький.** Архітектура вибору методів управління в інформаційній системі адміністрування інфраструктурними проектами. Круглий стіл "Економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як передумови трансформації будівельної галузі". КНУБА, жовтень, 2024

16. **Ihor Berezutskyi.** Hybrid method for selecting project methodology in IT infrastructure environment. Бізнес Форум 3.12.2024

17. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Додаток для вибору методу управління проектом X International Scientific and Practical Conference: Physical and Technological Problems of Transmission, Processing, and Storage of Information in Infocommunication Systems (PREDT-2025) <https://drive.google.com/drive/folders/1WtGHyXGLooQgBSCqNW32qOVOmj0-bQr8?usp=sharing>

Особистий внесок автора полягає у розробленні архітектури мобільного застосунку, проєктуванні механізму збору характеристик проєкту, реалізації логіки взаємодії користувача з рекомендаційним ядром та формалізації процесу формування рекомендацій щодо вибору методології управління.

18. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Підсистема вибору методології проєкту в інформаційних технологіях. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, очікування конференції, 451-452. <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2025.pdf>

Особистий внесок автора полягає у розробленні функціональної структури підсистеми вибору методології проєкту, формалізації процесів обробки параметрів проєкту, побудові рекомендаційного механізму та визначенні принципів інтеграції підсистеми до інформаційних систем управління проєктами.

19. **І. Березуцький.** Валідація результатів аналізу характеристик ІТ-проєкту. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, очікування конференції, с. 449-450, <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2025.pdf>

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ABSTRACT.....	7
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ	12
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	20
ВСТУП	22
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ.....	33
1.1. Аналіз специфіки адміністрування інфраструктурних проєктів та чинників ефективності їх реалізації	33
1.2. Аналіз існуючих методологій та методів управління проєктами ..	43
1.3. Порівняльний аналіз архітектурних рішень сучасних інформаційних систем управління проєктами	49
1.3.1. Вплив штучного інтелекту на сучасні інформаційні системи	59
1.4. Постановка задачі дослідження.....	69
Висновки до розділу 1	74
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АДМІНІСТРУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ.....	76
2.1. Концептуальна модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами.....	76
2.2. Формалізація компонентів інформаційної технології обробки даних в системі адміністрування інфраструктурних проєктів	83
2.3.Розробка підходу до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів...	89
Висновки до розділу 2	101
РОЗДІЛ 3. МЕТОД КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЄКТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ	104
3.1. Інформаційно-аналітичне забезпечення та системні принципи збору даних	104
3.2. Математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту	115

3.3. Метод автоматизованого вибору оптимальної методології управління в системі адміністрування інфраструктурними проєктами.....	120
Висновки до розділу 3	131
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	134
4.1. Структуризація системних вимог та обґрунтування вибору програмно-технологічної платформи.....	134
4.1.1. Декомпозиція вимог та цільових обмежень.....	134
4.1.2. Обґрунтування вибору програмно-технологічного стеку	140
4.1.3. Обґрунтування вибору хмарної інфраструктури.....	143
4.2. Архітектурно-програмна реалізація компонентів інформаційної технології	145
4.2.1. Архітектура баз даних та механізми автономної синхронізації	151
4.2.2. Алгоритмічне забезпечення рекомендаційного ядра	154
4.2.3. Реалізація механізму інтеграції з зовнішніми інформаційними системами.....	155
4.3. Результати експериментальних досліджень ефективності ІТ	159
Висновки до розділу 4	170
ВИСНОВКИ.....	172
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	175
ДОДАТОК А. Акти впровадження результатів роботи.....	193
ДОДАТОК Б. Список опублікованих наукових праць здобувача за темою дисертації	198
ДОДАТОК В. Результати онлайн-анкетування	203
ДОДАТОК Г. Артефакти інформаційної системи.....	205

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БД	– база даних;
ІС	– інформаційна система;
ІСУП	– інформаційна система управління проєктами;
ІТ	– інформаційна технологія;
ІІ	– штучний інтелект;
API	– програмний інтерфейс прикладного програмування;
BaaS	– модель надання хмарної інфраструктури для розроблення програмного забезпечення;
CI/CD	– процес безперервної інтеграції та безперервного розгортання програмного забезпечення;
CRUD	– базові операції роботи з даними;
DSS	– система підтримки прийняття рішень;
GDPR	– загальний регламент захисту даних Європейського Союзу;
IDE	– інтегроване середовище розробки програмного забезпечення;
ISO	– Міжнародна організація зі стандартизації;
JSON	– текстовий формат представлення структурованих даних;
MFA	– багатофакторна автентифікація;
NoSQL	– клас нереляційних систем керування базами даних;
OAuth 2.0	– протокол авторизації та делегованого доступу до інформаційних ресурсів;
PMBOK	– сукупність знань з управління проєктами;
PMI	– Інститут управління проєктами;
PWA	– прогресивний вебзастосунок;
React Native	– фреймворк для розроблення мобільних застосунків на

	основі JavaScript та React;
REST API	– архітектурний стиль побудови вебсервісів;
SDK	– набір програмних засобів для розроблення програмного забезпечення;
SOAP	– протокол обміну структурованими повідомленнями між інформаційними системами;
SOA	– сервіс-орієнтована архітектура;
SQL	– мова структурованих запитів до баз даних;
UI	– користувацький інтерфейс;
UI/UX	– принципи проєктування інтерфейсів та забезпечення зручності взаємодії користувача із системою;
UML	– уніфікована мова моделювання програмних систем;
UX	– користувацький досвід взаємодії із системою;
XML	– мова розмітки для структурованого подання даних

ВСТУП

Актуальність теми.

Сучасний розвиток цифрової економіки характеризується активним впровадженням інформаційних технологій у всі сфери діяльності організацій. Процеси цифрової трансформації супроводжуються реалізацією великої кількості інфраструктурних проєктів, спрямованих на створення, модернізацію та підтримку інформаційних систем, центрів обробки даних, мережевої інфраструктури, хмарних платформ, засобів кібербезпеки та інших критично важливих елементів цифрового середовища. У таких умовах інфраструктурні проєкти виступають базою для функціонування бізнес-процесів та подальшої реалізації прикладних проєктів цифрового розвитку.

Відповідно до міжнародних стандартів управління проєктами та результатів досліджень Project Management Institute (PMI), ефективність реалізації проєктів значною мірою визначається якістю управлінських рішень, що приймаються на етапах ініціації та планування проєкту. Особливого значення набувають рішення щодо вибору методології управління, оскільки саме вона визначає структуру процесів планування, управління ресурсами, комунікаціями, ризиками та контролю виконання робіт.

Інфраструктурні проєкти характеризуються високим рівнем складності, значною кількістю взаємозалежних компонентів, підвищеними вимогами до надійності, безпеки та безперервності функціонування. На відміну від прикладних проєктів, вони безпосередньо впливають на роботу всієї організації, а тому помилки в управлінні такими проєктами можуть мати довгострокові негативні наслідки. Саме тому проблема підвищення ефективності адміністрування інфраструктурних проєктів є актуальною науковою та практичною задачею.

Незважаючи на значний розвиток методологій управління проєктами, результати міжнародних досліджень свідчать про стабільно високий рівень невдалих проєктів. За даними *PMI*, *Standish Group*, *McKinsey* та інших

аналітичних організацій значна частина ІТ-проектів завершується із перевищенням бюджету, порушенням встановлених термінів або неповним досягненням визначених цілей. Серед основних причин таких проблем називають недостатню якість планування, неефективне управління ризиками, дефіцит ресурсів, слабку взаємодію із зацікавленими сторонами та невідповідність обраних підходів до управління особливостям конкретного проекту.

Особливої уваги заслуговує проблема вибору методології управління. Практика реалізації інфраструктурних проектів свідчить, що використання невідповідної методології може призводити до необхідності її зміни вже під час виконання проекту. Такі зміни супроводжуються додатковими витратами часу та ресурсів, переглядом планів, зміною організаційних процесів і, як наслідок, збільшенням ризику невдалого завершення проекту. При цьому у більшості випадків вибір методології управління здійснюється на основі експертного досвіду керівника проекту або внутрішніх корпоративних практик, що значно підвищує рівень суб'єктивності прийнятих рішень.

Значний внесок у розвиток теорії та практики управління проектами зробили численні зарубіжні та вітчизняні науковці. Дослідження сучасних підходів до управління проектами, факторів успішності та особливостей застосування різних методологій управління висвітлено у працях К. Schwaber, J. Sutherland, M. Serrador, J. K. Pinto, R. Joslin, R. Müller, D. Ciric Lalic, B. Lalic, M. Delic, D. Gracanin, D. Stefanovic, O. Uludag, P. Philipp, A. Putta, M. Paasivaara, C. Lassenius та F. Matthes. У зазначених роботах досліджуються особливості застосування Agile-підходів, Scrum, Kanban, Waterfall та гібридних моделей управління проектами, а також їхній вплив на успішність реалізації проектів.

Питання формування та адаптації гібридних методологій управління проектами розглянуто у працях О. Verenych, М. Semenov, А. Zucker, В. Leech, R. Hanslo, М. Krupa, J. Hajek, D. Khanna, E. Christensen, S. Gosu, X. Wang та М. Paasivaara. Результати цих досліджень підтверджують тенденцію до

переходу від використання виключно класичних або виключно гнучких підходів до комбінованих моделей управління проектами.

Проблемам адміністрування інфраструктурних проєктів присвячені роботи G. Ryzhakova, O. Malykhina, V. Pokolenko, O. Rubtsova, O. Khomenko, D. Chernyshev, G. Petrenko, I. Chupryna, N. Reznik, R. Akselrod, A. Shpakov, T. Honcharenko, O. Zachko, D. Kobylkin та I. Zachko. У цих роботах досліджуються питання цифрового адміністрування, інтеграції інформаційних потоків, управління складними системами та застосування сучасних інформаційних технологій для підтримки управлінських процесів.

Теоретичні та прикладні аспекти використання інформаційних систем управління проектами та цифрової підтримки прийняття рішень досліджували M. C. J. Caniëls, R. J. J. M. Bakens, A. Mahmood, A. Al Marzooqi, M. El Khatib, H. AlAmeemi, A. Al Falasi, P. Stanimirovic, T. Borozan, M. Radojicic, A. D. Tomic та I. П'ятничук. Їхні дослідження підтверджують ефективність використання інформаційних технологій для автоматизації процесів управління проектами, проте переважно орієнтовані на підтримку вже активних проєктів.

Вагомий внесок у розвиток методів підтримки прийняття рішень та багатокритеріального аналізу зробили C. Hwang, K. Yoon, E. Triantaphyllou, S. Greco, M. Ehrgott, J. Figueira, J. Yang, D.-L. Xu, J.-B. Yang, A. Zou, S. X. Duan та H. Deng. Запропоновані ними підходи стали теоретичною основою для побудови сучасних систем підтримки прийняття рішень, що використовуються у різних предметних галузях.

Особливе місце займають дослідження представників української наукової школи управління проектами, зокрема S. Bushuyev, D. Bushuiev, V. Bushuieva, N. Bushuyeva, O. Verenych, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Y. Andrashko, S. Omirbayev, A. Mukhatayev, S. Biloshchytska та T. Honcharenko, у яких розглядаються питання цифрової трансформації управління проектами, використання штучного інтелекту, формування інформаційно-аналітичного

забезпечення та побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Аналіз сучасних методологій управління проєктами свідчить про відсутність універсального підходу, який був би однаково ефективним для всіх типів проєктів. Каскадні методології забезпечують високий рівень прогнозованості та формалізації процесів, проте характеризуються обмеженою адаптивністю до змін. Гнучкі методології Agile, Scrum та Kanban забезпечують високу швидкість реагування на зміни вимог, однак не завжди ефективні для масштабних інфраструктурних проєктів із жорсткими обмеженнями щодо безпеки, документації та регуляторних вимог. У зв'язку з цим широкого поширення набули гібридні методології, які поєднують переваги традиційних та гнучких підходів.

Паралельно з розвитком методологій активно розвиваються інформаційні системи управління проєктами. Сучасні ІСУП забезпечують автоматизацію процесів планування, моніторингу виконання робіт, управління ресурсами, ризиками та формування звітності. Останніми роками до їх складу активно інтегруються механізми штучного інтелекту, аналітики даних та прогнозування. Проте проведений аналіз показав, що більшість існуючих систем не містить спеціалізованих механізмів автоматизованого вибору методології управління до початку реалізації проєкту.

Таким чином, результати аналізу наукових досліджень свідчать про значний розвиток теоретичних засад управління проєктами, інформаційних систем підтримки управління та методів прийняття рішень. Водночас питання автоматизованого вибору методології управління інфраструктурними проєктами на основі історичних даних, багатокритеріального аналізу характеристик проєкту та інтеграції з існуючими інформаційними системами управління проєктами залишається недостатньо дослідженим.

Отже, актуальною науково-прикладною задачею є розроблення інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо вибору

методології управління інфраструктурними проєктами, яка забезпечить підвищення обґрунтованості управлінських рішень на передпроектній стадії, зменшення ризику використання невідповідної методології управління та підвищення ефективності адміністрування інфраструктурних проєктів.

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

Дисертаційна робота виконана в рамках реалізації науково-дослідної роботи: «Методологія визначення тональності та класифікації мультимодального контенту в проєктах ревіталізації територій на основі нейромережових методів» (№ 5 ДБ-2025), номер державної реєстрації 0125U001683; «Інтеграція сучасних інформаційних технологій для створення цифрових двійників міських об'єктів», номер державної реєстрації 0123U100879; «Методологічні основи гібридної інформаційної технології управління різномірними великими даними в проєктах міського будівництва», номер державної реєстрації 0125U003420 що фінансується державним бюджетом України.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при адмініструванні інфраструктурних проєктів шляхом розроблення моделей, методів та алгоритмів оброблення даних, а також спеціалізованої інформаційної технології, що забезпечують обґрунтований вибір раціонального підходу до управління та мінімізацію ризиків порушення цілісності бізнес-процесів.

Об'єктом дослідження є процеси автоматизації прийняття управлінських рішень та інтеграції інформаційних потоків у проєктному менеджменті.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання** дисертаційного дослідження:

1. Проаналізувати предметну область наукового дослідження та сучасний стан розвитку інформаційних технологій підтримки прийняття рішень. Виконати аналіз наявних підходів, моделей, методів та систем автоматизованого вибору методології управління проєктами.

2. Запропонувати теоретико-методологічні засади розроблення інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, розробити її концептуальну модель та виконати її математичну формалізацію.

3. Розробити метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурного проєкту для автоматизованого вибору методології управління на основі ретроспективних даних.

4. Розробити математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту для забезпечення їхнього інтегрального оцінювання.

5. Запропонувати підхід до автономної синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів.

6. Здійснити апробацію та впровадження результатів дослідження, а також експериментально перевірити ефективність розробленої інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування.

З урахуванням мети і завдань *методологічна основа дослідження* представлена таким методами:

1. Методи системного аналізу — для концептуальної формалізації предметної області, типізації чинників впливу та постановки загальної задачі дослідження.

2. Методи математичного моделювання та теоретико-множинного підходу – для побудови концептуальної моделі, формалізованого опису компонентів інформаційної технології та структурного представлення параметрів інфраструктурного проєкту.

3. Методи математичної статистики – для структурування й обробки історичних даних раніше реалізованих прецедентів з метою автоматизації вибору управлінських стратегій.

4. Методи експертного оцінювання та морфологічного аналізу — для формалізації якісних характеристик зовнішнього і внутрішнього середовища та агрегування оцінок експертів у процесах підтримки прийняття рішень.

5. Методи архітектурного проєктування програмних систем та об'єктно-орієнтованого програмування – для програмно-алгоритмічної реалізації модулів синхронізації даних та розроблення спеціалізованої інформаційної технології.

6. Методи експериментального тестування та статистичної верифікації – для перевірки працездатності, оцінки відмовостійкості розробленої технології та впровадження результатів дослідження в умовах реальних інфраструктурних проєктів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- ***вперше розроблено:***

- концептуальну модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, яка, на відміну від існуючих, базується на комплексному аналізі характеристик інфраструктурного проєкту, що дозволяє автоматизувати процес адаптації управлінських бізнес-процесів до специфіки конкретного середовища для мінімізації ризиків його реалізації та підвищити ефективність підтримки прийняття рішень при їх адмініструванні.

- метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління, який базується на структурованому обчисленні історичних даних реалізованих прецедентів. На відміну від існуючих, запропонований метод дозволяє здійснювати раціональний вибір між парадигмами *Scrum*, *Kanban*, *Waterfall*

та *Hybrid* на основі комплексного аналізу характеристик майбутнього проєкту, що мінімізує вплив суб'єктивного чинника.

▪ ***удосконалено:***

– математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту, які на відміну від існуючих, інтегровані в єдиний контур адміністрування та враховують динамічний взаємозв'язок і взаємозумовленість вхідних параметрів, що сприяє підвищенню об'єктивності їх комплексного оцінювання.

– підхід до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів, який, на відміну від відомих рішень, базується на застосуванні адаптивного механізму автономної синхронізації, що дозволяє підвищити відмовостійкість системи та забезпечити її гнучку інтеграцію з різнорідними платформами управління проєктами.

▪ ***набуло подальшого розвитку:***

– теоретико-методологічні основи створення інформаційних технологій управління інфраструктурними проєктами, які, на відміну від існуючих, поєднують ретроспективний аналіз історичних прецедентів із механізмами адаптивної синхронізації розподілених даних. Це забезпечує функціонування інтелектуального рекомендаційного ядра для автоматизованого налаштування управлінських бізнес-процесів та підвищення загальної відмовостійкості середовища адміністрування.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні та впровадженні програмно-технічного комплексу підтримки прийняття рішень щодо вибору методології управління інфраструктурними проєктами, який забезпечує підвищення обґрунтованості управлінських рішень на передпроектній стадії та сприяє зниженню ризиків використання невідповідних підходів до управління проєктами.

Основні практичні результати роботи полягають у такому:

1. Створено кросплатформну інформаційну систему підтримки прийняття рішень, реалізовану з використанням технологій Flutter та Google Firebase, яка забезпечує функціонування на платформах Android, iOS та Web і може використовуватися як окреме програмне рішення або як компонент існуючих інформаційних систем управління проєктами.

2. Реалізовано програмний інструментарій автоматизованого збору, накопичення та аналізу характеристик проєктного середовища, що дозволяє використовувати історичні дані раніше реалізованих проєктів для формування рекомендацій щодо вибору методології управління.

Результати роботи можуть бути використані підприємствами та організаціями, що здійснюють управління ІТ- та інфраструктурними проєктами, під час створення або модернізації інформаційних систем підтримки прийняття рішень, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти під час викладання дисциплін, пов'язаних з управлінням проєктами, інформаційними технологіями та системами підтримки прийняття рішень.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені в діяльність ТОВ «ЦЕНТРБУДПРОЕКТ», ТОВ «ЕПАМ ДІДЖИТАЛ» та ТОВ «АЛЬТІС-КОНСТРАКШН», які підтверджуються відповідними довідками про впровадження. Також впроваджені у навчальний процес факультету автоматизації і інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури, а саме в робочі програми «Проектування інформаційних систем», «Архітектура інформаційних систем, мікросервісна архітектура та контейнеризація», «Інтелектуальні методи оптимізації складних систем» та «Управління ІТ програмами, портфелями проєктів та офіс управління проєктами» що підтверджується актом провадження.

Апробація результатів дослідження.

Основні положення, результати досліджень та практичні розробки, представлені в дисертаційній роботі, доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на міжнародних наукових конференціях,

науково-практичних конференціях, семінарах та круглих столах: Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» (КНУБА, Київ, листопад 2022 р.), International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (Астана, Казахстан, серпень 2023 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» (КНУБА, Київ, листопад–грудень 2023 р.), V International Workshop IT Project Management (ITPM 2024) (Братислава, Словаччина, травень 2024 р.), 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (Астана, Казахстан, серпень 2024 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» (КНУБА, Київ, листопад 2024 р.), науково-практична конференція «Сучасні тренди цифровізації в освіті та будівництві» (Київ, 2024 р.), круглий стіл «Економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як передумови трансформації будівельної галузі» (КНУБА, Київ, жовтень 2024 р.), Бізнес Форум КНУБА (Київ, грудень 2024 р.), 6th International Workshop IT Project Management (ITPM 2025) (22 травня 2025 р.), X International Scientific and Practical Conference «Physical and Technological Problems of Transmission, Processing, and Storage of Information in Infocommunication Systems» (PREDT-2025) (2025 р.), INFORMATION TECHNOLOGIES: THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS (ITTAР-2025), The 5th International Workshop (22–24 жовтня 2025 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» (КНУБА, Київ, листопад 2025 р.).

За темою дисертаційного дослідження з викладом основного матеріалу було опубліковано 19 наукових праць, серед них 2 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», 3 в міжнародних виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science, та 14 праць апробаційного характеру (тези доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях), дві з яких також проіндексовані наукометричних базах Scopus та Web of Science.

Структура дисертації.

Дисертація включає вступ, 4 розділи, висновки та 4 додатки. Обсяг дисертації – 211 сторінки, з них основного тексту – 152 сторінок. Дисертація містить 19 рисунків, 36 таблиць в основному тексті та посилання на 139 використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ

1.1. Аналіз специфіки адміністрування інфраструктурних проєктів та чинників ефективності їх реалізації

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням кількості ІТ-проєктів, підвищенням їх складності та інтеграцією цифрових сервісів у критично важливі бізнес-процеси організацій. Значна частина сучасних підприємств, державних установ та інфраструктурних об'єктів залежить від стабільного функціонування інформаційних систем, мережевих сервісів, центрів обробки даних, платформ управління ресурсами та систем підтримки прийняття рішень. У таких умовах особливого значення набуває ефективне управління ІТ-проєктами, оскільки навіть незначні помилки у процесі планування або реалізації можуть призводити до суттєвих фінансових, організаційних та репутаційних втрат.

Проблематика успішності та невдач ІТ-проєктів залишається актуальною протягом багатьох років. Незважаючи на значний розвиток методологій управління проєктами, інструментів цифрового адміністрування та систем автоматизації, статистика демонструє, що значна кількість проєктів не досягає визначених цілей або реалізується з перевищенням бюджету, термінів чи функціональних вимог [17], [30], [73]. Дослідження Project Management Institute вказують на те, що організації щорічно втрачають значні ресурси через неефективне управління проєктами та відсутність належної адаптації методологій до особливостей конкретного середовища [97].

Причини невдач ІТ-проєктів є комплексними та багатофакторними. До найбільш поширених причин належать недостатня деталізація вимог, некоректна оцінка ризиків, зміна обсягу робіт у процесі реалізації, низький рівень комунікації між стейкхолдерами, відсутність підтримки керівництва, недостатня кваліфікація команди та невідповідність методології управління з

характеристикам проекту [3], [4], [33], [73], [105]. Окрему увагу дослідники приділяють проблемі неправильного вибору методології управління проектом, оскільки саме методологія визначає структуру взаємодії команди, механізми контролю, гнучкість змін та швидкість адаптації до зовнішніх факторів [36], [57], [100].

В умовах цифрової трансформації організацій дедалі більше значення мають інфраструктурні ІТ-проекти. Інфраструктурний проект можна визначити як комплексний проект, спрямований на створення, модернізацію або підтримку базових систем, структур та процесів, які забезпечують функціонування організації або галузі. Ключовою характеристикою інфраструктурних проектів є їх фундаментальний характер, оскільки вони створюють основу для реалізації інших проектів та забезпечують стабільне функціонування систем вищого рівня.

До інфраструктурних ІТ-проектів належать проекти побудови та модернізації центрів обробки даних, мережевої інфраструктури, систем резервного копіювання, платформ кібербезпеки, сервісів віртуалізації, корпоративних систем управління доступом, хмарних середовищ, систем моніторингу та платформ автоматизації бізнес-процесів. Особливістю таких проектів є високий рівень інтеграції між компонентами, необхідність забезпечення безперервності бізнес-процесів та підвищені вимоги до надійності, безпеки та масштабованості.

Управління інфраструктурними проектами значно ускладнюється через їх масштабність та взаємозалежність із критичними бізнес-процесами організації. На відміну від окремих програмних продуктів, інфраструктурні рішення часто мають довготривалий життєвий цикл, потребують складної координації між різними підрозділами та включають значну кількість технічних і організаційних ризиків [47], [92]. Дослідження вказують, що збільшення складності ІТ-проектів прямо корелює зі зростанням ризику перевищення бюджету та затримок реалізації [77].

Важливим аспектом сучасного управління інфраструктурними ІТ-проєктами є необхідність використання інтегрованих систем адміністрування. Система адміністрування інфраструктурними проєктами являє собою інтегрований комплекс організаційних, методологічних, технологічних та програмних засобів, призначений для планування, координації, контролю та управління життєвим циклом проєктів інфраструктурного характеру. Така система забезпечує централізоване управління ресурсами, моніторинг виконання робіт, підтримку прийняття рішень, управління ризиками та координацію взаємодії між учасниками проєкту.

На відміну від класичних інформаційних систем управління проєктами, система адміністрування інфраструктурними проєктами орієнтована не лише на підтримку виконання окремих проєктів, але й на забезпечення безперервності функціонування критично важливих сервісів, координацію змін в інформаційній інфраструктурі та інтеграцію управлінських процесів із технічними платформами організації. Саме тому такі системи повинні поєднувати функції проєктного управління, управління змінами, управління ризиками та підтримки прийняття рішень.

У сучасних умовах система адміністрування інфраструктурними проєктами не може розглядатися виключно як набір програмних інструментів. Вона повинна охоплювати методологічні методології, правила взаємодії, механізми оцінювання ефективності, процеси контролю змін та адаптивні механізми управління [35], [70], [95]. Відсутність інтегрованого методології адміністрування призводить до фрагментації процесів, збільшення часу реагування на інциденти та зниження ефективності реалізації проєктів.

Аналіз сучасних досліджень демонструє, що успішність ІТ-проєкту значною мірою залежить від відповідності методології управління характеристикам самого проєкту [18], [36], [43], [100]. Традиційні методології управління, зокрема Waterfall, забезпечують високу передбачуваність процесів та детальне планування, однак є менш ефективними в умовах швидких змін вимог та високої невизначеності [124]. Натомість Agile

методології забезпечують більшу гнучкість і швидкість адаптації, проте можуть створювати труднощі у великих інфраструктурних проєктах, де критично важливими є документація, контроль залежностей та суворе дотримання регламентів [45], [69], [76].

Методологія управління який називається Scrum є однією з найбільш популярних Agile-моделей у сфері розробки програмного забезпечення. Основні принципи Scrum передбачають короткі ітерації, постійний зворотний зв'язок із замовником, регулярне переглядання результатів та швидке реагування на зміни [67]. Згідно з даними звітів Digital.ai, *Agile-методології управління проєктами широко використовуються в сучасних організаціях, особливо у сфері розробки програмного забезпечення та цифрових сервісів* [40], [120].

Разом із тим дослідники наголошують, що використання Scrum не є універсальним рішенням для всіх типів ІТ-проєктів. Значна кількість організацій стикається з труднощами масштабування Agile-практик, недостатньою формалізацією вимог та проблемами координації великих команд [45], [85]. У великих інфраструктурних середовищах, де необхідно забезпечувати суворий контроль змін, безперервність сервісів та дотримання нормативних вимог, виключно гнучкі методології можуть бути недостатньо ефективними.

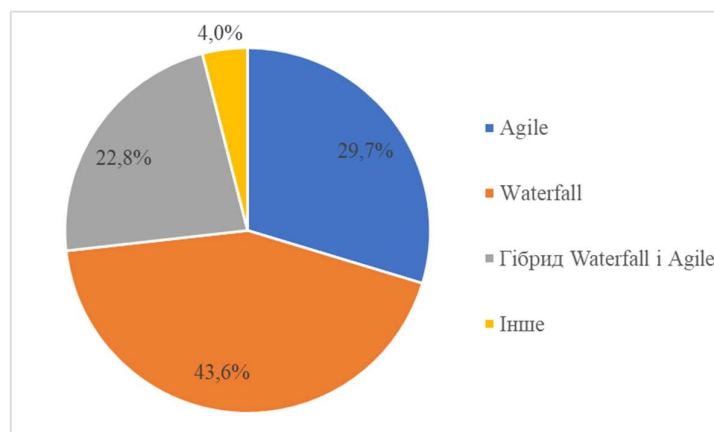


Рисунок 1.1 – Популярні методології управління проєктами

Рис. 1.1 демонструє узагальнений розподіл використання основних методологій до управління проєктами. Як видно з діаграми, найбільшу частку займають традиційні Waterfall-методології, що пояснюється їх широким застосуванням у великих корпоративних та інфраструктурних проєктах. Agile-методології також займають значну частку ринку, особливо в середовищі швидкої розробки програмного забезпечення. Водночас зростає популярність гібридних моделей, які поєднують переваги класичних та гнучких методологій.

Гібридні методології управління проєктами останніми роками набувають дедалі більшого поширення. Дослідження свідчать, що організації часто комбінують елементи Waterfall та Agile для досягнення балансу між контрольованістю та адаптивністю [26], [31], [51], [74]. Гібридні моделі дозволяють використовувати формалізоване планування для критичних етапів проєкту та водночас забезпечувати гнучкість під час реалізації окремих функціональних компонентів.

Особливого значення гібридні методології набувають саме в інфраструктурних ІТ-проєктах, де частина процесів має чітко регламентований характер, а інша потребує швидкої адаптації до змін бізнес-середовища. Наприклад, проєкти модернізації корпоративної мережі або впровадження систем кібербезпеки можуть потребувати детального попереднього планування архітектури, але водночас включати етапи гнучкого тестування, поступового впровадження та адаптації функціоналу.

Поширення гібридних моделей також підтверджується сучасними міжнародними дослідженнями. За даними PMI, дедалі більше організацій використовують комбіновані методології управління проєктами, особливо в середовищах із високим рівнем невизначеності та цифрової трансформації [41], [97]. Це пов'язано з тим, що універсальної методології, здатної однаково ефективно працювати в усіх умовах, не існує.

На рис.1.2 наведено деталізований розподіл Agile методологій управління проєктами. Найбільш поширеною методологією є Scrum, що

пояснюється її відносною простотою впровадження та високою популярністю у сфері розробки програмного забезпечення. Разом із тим значна частка організацій використовує кастомізовані гібридні моделі, Scrumban та інші комбіновані методології, адаптовані до специфіки окремих середовищ.

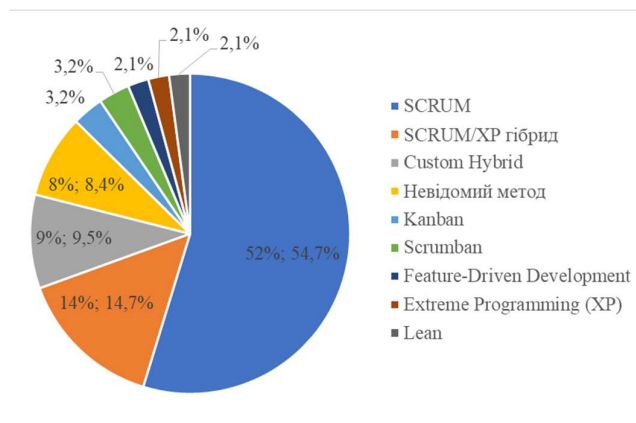


Рисунок 1.2 – Деталізований розподіл Agile та гібридних методологій

Аналіз структури використання сучасних методологій управління проєктами свідчить про поступовий перехід від використання виключно класичних або виключно гнучких підходів до комбінованих моделей управління. Це підтверджує необхідність розроблення механізмів підтримки прийняття рішень, здатних враховувати характеристики конкретного проєкту та формувати обґрунтовані рекомендації щодо вибору методології управління.

Однією з ключових проблем сучасного управління ІТ-проєктами є відсутність формалізованого механізму вибору методології управління. У багатьох випадках вибір методології здійснюється на основі попереднього досвіду команди або особистих уподобань керівників проєкту, а не шляхом аналізу характеристик середовища [43], [57], [100]. Це може призводити до невідповідності між методологією та реальними потребами проєкту.

Дослідження показують, що характеристики проєкту мають безпосередній вплив на ефективність використання певних методологій. До таких характеристик належать масштаб проєкту, кількість учасників, рівень

невизначеності вимог, критичність інфраструктури, залежність від зовнішніх систем, часові обмеження, бюджет та рівень ризиків [18], [36], [57], [101]. Наприклад, для невеликих проєктів із високою динамікою вимог Agile-методології можуть бути більш ефективними, тоді як для великих інфраструктурних систем із жорсткими нормативними вимогами доцільніше використовувати традиційні або гібридні моделі.

Окремої уваги заслуговує проблема управління ризиками в інфраструктурних IT-проєктах. Через високий рівень залежності бізнес-процесів від інформаційної інфраструктури будь-які помилки або затримки можуть призводити до значних наслідків. У роботах [22], [48], [104] підкреслюється необхідність використання сучасних методів оцінювання ризиків, включаючи дерева рішень, моделювання Монте-Карло, нечітку логіку та методи багатокритеріального аналізу.

Складність сучасних інфраструктурних проєктів також пов'язана з необхідністю інтеграції великої кількості інформаційних систем. У багатьох організаціях одночасно використовуються локальні серверні середовища, хмарні сервіси, системи моніторингу, корпоративні платформи управління ресурсами та інструменти кібербезпеки. Координація таких компонентів потребує високого рівня централізованого адміністрування та чіткої методологічної основи.

У цьому контексті особливого значення набувають проєктні інформаційні системи та системи підтримки прийняття рішень. Згідно з дослідженнями [20], [70], [95], сучасні інформаційні системи управління проєктами здатні суттєво підвищити ефективність управління проєктами шляхом автоматизації моніторингу, аналізу даних, оцінювання ризиків та підтримки координації між учасниками проєкту. Водночас ефективність таких систем значною мірою залежить від коректності методологічної бази, на якій вони побудовані.

У сучасних умовах спостерігається активне впровадження технологій штучного інтелекту в системи управління проєктами. Дослідники

відзначають, що ІІІ-технології можуть використовуватись для прогнозування ризиків, аналізу продуктивності команд, автоматизованої оцінки складності проєктів та підтримки прийняття рішень [10], [20], [72], [107]. Проте навіть найсучасніші інтелектуальні системи не здатні забезпечити ефективне управління без правильно обраної методологічної основи.

Проблематика вибору методології особливо актуальна в умовах VUCA та BANI-середовищ, які характеризуються нестабільністю, невизначеністю, складністю та високою швидкістю змін [82], [101]. У таких умовах традиційні методології управління проєктами можуть виявлятися недостатньо адаптивними, а виключно гнучкі методології — недостатньо контрольованими. Це створює потребу у формуванні адаптивних систем адміністрування інфраструктурними проєктами.

Одним із перспективних напрямів розвитку сучасного управління проєктами є використання методів багатокритеріального аналізу та підтримки прийняття рішень [25], [32], [44], [71], [112]. Такі методи дозволяють оцінювати альтернативні варіанти методологій з урахуванням багатьох параметрів одночасно. Для інфраструктурних ІТ-проєктів це є особливо важливим, оскільки рішення щодо вибору методології повинно враховувати не лише технічні аспекти, а й організаційні, фінансові та ризикові фактори.

Крім того, сучасні дослідження демонструють зростання інтересу до використання машинного навчання та аналізу даних у сфері управління проєктами [9], [21], [27], [34]. На основі історичних даних про успішність або невдачі попередніх проєктів можливо формувати рекомендаційні системи для вибору найбільш доцільної методології. Така методологія є особливо перспективним для систем адміністрування інфраструктурними проєктами, де накопичуються значні масиви даних щодо виконання робіт, використання ресурсів та управління ризиками.

Водночас необхідно враховувати, що інфраструктурні ІТ-проєкти мають специфічні особливості порівняно зі звичайними проєктами розробки програмного забезпечення. До таких особливостей належать:

- високий рівень залежності від апаратної інфраструктури;
- необхідність забезпечення безперервності бізнес-процесів;
- наявність складних інтеграцій між системами;
- підвищені вимоги до інформаційної безпеки;
- значна кількість зовнішніх залежностей;
- необхідність дотримання корпоративних та нормативних стандартів;
- тривалий життєвий цикл інфраструктурних компонентів.

Зазначені фактори ускладнюють застосування універсальних моделей управління та підтверджують необхідність формування адаптивних систем адміністрування, здатних враховувати особливості конкретного проєктного середовища.

Суттєвою проблемою сучасних організацій є також розрив між технічним та управлінським рівнями реалізації ІТ-проєктів. У багатьох випадках технічні команди орієнтуються на швидкість впровадження рішень, тоді як керівництво організації очікує високого рівня контрольованості, прогнозованості та мінімізації ризиків. Невідповідність між цими методологіями може призводити до конфліктів у процесі реалізації проєктів, затримок та зниження якості результатів.

Для вирішення зазначених проблем система адміністрування інфраструктурними проєктами повинна забезпечувати інтеграцію різних рівнів управління. Це включає:

- стратегічний рівень, пов'язаний із формуванням цілей та пріоритетів;
- тактичний рівень, що охоплює планування ресурсів та координацію робіт;
- операційний рівень, який забезпечує контроль виконання конкретних завдань;
- аналітичний рівень, спрямований на оцінювання ефективності та підтримку прийняття рішень.

У роботах [35], [47], [98], присвячених цифровому адмініструванню та інформаційним системам управління, наголошується, що сучасні системи повинні бути не лише інструментом моніторингу, а й засобом адаптивного управління. Це означає можливість динамічної зміни методологій залежно від характеристик середовища, ризиків та поточного стану проєкту.

Важливим аспектом є також питання людського фактора в управлінні ІТ-проєктами. Дослідження [87], [99], [107] підтверджують, що ефективність реалізації проєкту значною мірою залежить від комунікації між стейкхолдерами, компетентності команди та здатності менеджерів адаптуватися до змін. У складних інфраструктурних проєктах взаємодія між технічними спеціалістами, бізнес-підрозділами та керівництвом організації є одним із ключових факторів успіху.

Окрім цього, значний вплив на успішність проєктів мають процеси управління змінами. Для інфраструктурних середовищ будь-які зміни можуть впливати на велику кількість сервісів і користувачів, тому процеси управління змінами повинні бути інтегровані в загальну систему адміністрування проєктів. Саме тому в багатьох випадках організації використовують комбіновані моделі, де стратегічне планування здійснюється за класичними методологіями, а окремі функціональні блоки реалізуються за Agile-принципами.

Аналіз літературних джерел свідчить про відсутність єдиного методології вибору методології управління інфраструктурними ІТ-проєктами. Більшість існуючих моделей орієнтовані або на класичні ІТ-проєкти розробки програмного забезпечення, або на загальні принципи управління проєктами без урахування специфіки інфраструктурного середовища [43], [57], [92], [100]. Це формує наукову та практичну потребу у створенні адаптивних систем підтримки вибору методології управління.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує, що сучасні ІТ та інфраструктурні проєкти характеризуються високим рівнем складності, значною кількістю ризиків та необхідністю інтеграції різнорідних

компонентів. Однією з ключових причин невдач таких проєктів є невідповідність обраної методології характеристикам проєктного середовища.

У цих умовах особливого значення набуває створення систем адміністрування інфраструктурними проєктами, здатних забезпечувати адаптивне управління, підтримку прийняття рішень та обґрунтований вибір методології залежно від характеристик конкретного проєкту. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на розробку методологій до автоматизованого аналізу характеристик проєктів, оцінювання ризиків та формування рекомендацій щодо вибору найбільш ефективної моделі управління.

1.2. Аналіз існуючих методологій та методів управління проєктами

Сучасне управління IT-проєктами характеризується значною кількістю методологій, методологій та моделей організації роботи команд. Розвиток цифрових технологій, збільшення складності інформаційних систем та постійна зміна бізнес-вимог призвели до необхідності формування різних концепцій управління проєктами, орієнтованих на специфіку конкретного середовища [18], [36], [57].

У науковій літературі та практичній діяльності організацій найбільш поширеними методологіями до управління IT-проєктами є Waterfall, Scrum, Kanban та Hybrid-моделі [31], [40], [67], [74]. Кожен з цих методологій має власні принципи, переваги, обмеження та сфери застосування.

Вибір методології управління є одним із ключових факторів успішної реалізації проєкту. Неправильно обрана методологія може призводити до зниження ефективності команди, перевищення бюджету, збільшення тривалості реалізації та виникнення додаткових ризиків [33], [57], [100]. Саме тому сучасні дослідження приділяють значну увагу аналізу особливостей різних методологій та визначенню критеріїв їх застосування.

Однією з найбільш поширених Agile-методологій є Scrum. Scrum являє собою ітеративну та адаптивну методологію управління проєктами, який

базується на принципах гнучкості, постійного зворотного зв'язку та тісної взаємодії між учасниками команди [67]. Основною особливістю Scrum є поділ роботи на короткі ітерації – спринти, в межах яких формується завершений функціональний результат.

Scrum найбільш ефективний у проєктах із динамічними вимогами та високим рівнем невизначеності. Ця методологія дозволяє швидко адаптуватися до змін, активно взаємодіяти із замовником та забезпечувати безперервне вдосконалення продукту [40], [67], [120]. Крім того, Scrum сприяє підвищенню рівня комунікації між членами команди та забезпечує високу прозорість процесів.

До основних переваг Scrum належать:

- висока адаптивність до змін;
- швидке реагування на нові вимоги;
- безперервне постачання функціональних компонентів;
- тісна взаємодія із зацікавленими сторонами;
- постійне вдосконалення процесів.

Разом із тим Scrum має і певні обмеження. Методологія вимагає високого рівня самоорганізації команди, досвідчених спеціалістів та активної участі замовника. Крім того, у великих інфраструктурних проєктах можуть виникати труднощі з прогнозуванням термінів та масштабуванням процесів [45], [85].

Традиційною моделлю управління проєктами є Waterfall. Дана методологія базується на послідовному виконанні етапів життєвого циклу проєкту, де кожна фаза повинна бути завершена перед переходом до наступної [6], [123]. Методологія Waterfall широко використовується у сферах, де необхідне чітке планування, детальна документація та суворе дотримання нормативних вимог.

Waterfall є ефективним для проєктів зі стабільними вимогами та низькою ймовірністю суттєвих змін у процесі реалізації. До переваг цієї методології належать:

- чітко структурований процес;
- високий рівень контрольованості;
- передбачуваність термінів та бюджету;
- детальне документування;
- простота адміністрування великих проєктів.

Водночас головним недоліком Waterfall є низька адаптивність до змін після початку реалізації проєкту. Зворотний зв'язок від замовників часто формується лише на пізніх етапах, що може призводити до необхідності суттєвого перегляду результатів [31], [124].

У сучасних умовах цифрової трансформації значного поширення набувають Hybrid методології, які поєднують елементи традиційних та Agile методологій [26], [51], [74]. Гібридні моделі дозволяють організаціям адаптувати процеси управління до специфіки конкретного проєкту, використовуючи переваги різних методологій.

Hybrid-моделі особливо актуальні для інфраструктурних ІТ-проєктів, де необхідно забезпечити баланс між контрольованістю та гнучкістю. Наприклад, архітектурне планування та етапи впровадження можуть виконуватись за класичною схемою, тоді як окремі функціональні компоненти реалізуються за Agile принципами.

Основними перевагами Hybrid методологій є:

- можливість адаптації до змін;
- поєднання формалізованого планування та гнучкого виконання;
- баланс між документацією та швидкістю реалізації;
- підвищення ефективності управління складними середовищами.

Разом із тим використання гібридних моделей потребує високого рівня координації та ретельного управління взаємодією різних процесів [74], [86].

Ще однією поширеною методологією є Kanban – методологія, орієнтована на візуалізацію робочого процесу, обмеження незавершеної роботи та безперервне вдосконалення потоку виконання завдань [8], [76], [94].

Kanban виник у виробничому середовищі, однак згодом був адаптований для ІТ-сфери та управління знаннями.

Kanban найбільш ефективний у середовищах із постійним потоком завдань, де необхідно забезпечити гнучке управління пріоритетами та швидке реагування на зміни. До переваг Kanban належать:

- висока прозорість процесів;
- візуалізація стану завдань у режимі реального часу;
- гнучке управління пріоритетами;
- підтримка безперервного вдосконалення;
- зменшення перевантаження команд.

Водночас Kanban не передбачає чітко визначених ролей та формалізованої структури управління, що може створювати труднощі в масштабних інфраструктурних проєктах [94].

Для оцінювання доцільності використання певної методології важливим є визначення критеріїв, які впливають на ефективність реалізації проєкту. У рамках даного дослідження було обрано чотири основні критерії: адаптивність, рівень співпраці команди, вимоги до документації та швидкість виконання [96], [97].

Адаптивність є одним із ключових критеріїв сучасних ІТ-проєктів, оскільки цифрові середовища характеризуються високою динамікою змін. Методології з високим рівнем адаптивності дозволяють ефективніше реагувати на зміни вимог та бізнес-процесів.

Співпраця команди має критичне значення для успішної реалізації проєктів, особливо в середовищах із міжфункціональними командами. Рівень комунікації та взаємодії безпосередньо впливає на швидкість прийняття рішень та ефективність виконання завдань.

Вимоги до документації є важливими для забезпечення передачі знань, підтримки відповідності нормативним вимогам та забезпечення довготривалої підтримки систем. Для інфраструктурних ІТ-проєктів даний критерій має особливе значення через необхідність забезпечення стабільності та безпеки.

Швидкість виконання визначає здатність команди оперативно реалізовувати функціональні компоненти та досягати бізнес-цілей. У сучасних умовах швидкість впровадження цифрових рішень часто є одним із ключових конкурентних факторів.

Таблиця 1.1

Матриця якісних характеристик методологій до управління проектами

Критерії	Kanban	Waterfall	Scrum	Hybrid
Адаптивність	Висока	Низька	Висока	Середня
Співпраця над проектом	Висока	Середня	Висока	Середня
Вимоги до документації	Низькі	Високі	Середні	Середні
Швидкість виконання	Висока	Середня	Висока	Низька

Результати порівняльного аналізу підтверджують відсутність універсальної методології управління, яка забезпечувала б максимальну ефективність для всіх типів проектів. Вибір методології повинен здійснюватися з урахуванням сукупності характеристик проектного середовища, рівня невизначеності, критичності бізнес-процесів, вимог до документації та організаційної зрілості підприємства.

Окрім базових характеристик методологій, важливим аспектом сучасного управління проектами є рівень зрілості організації та її готовність до використання певної методології. Дослідження демонструють, що ефективність впровадження Agile методологій значною мірою залежить від корпоративної культури, рівня автономності команд та підтримки змін з боку керівництва [41], [57], [97]. Організації з жорсткою ієрархічною структурою часто стикаються з труднощами при переході до гнучких моделей управління, оскільки Agile методології потребують високого рівня горизонтальної взаємодії та швидкого прийняття рішень.

Для інфраструктурних ІТ-проектів особливо важливим є питання масштабованості методології управління. Якщо Scrum або Kanban ефективно працюють у невеликих командах, то в масштабних корпоративних середовищах виникає необхідність координації великої кількості учасників, залежностей між системами та паралельних потоків робіт [45], [74], [85]. Саме тому великі організації часто використовують комбіновані або адаптовані методології, які дозволяють інтегрувати гнучкі практики в межах формалізованих процесів управління.

Не менш важливим фактором є рівень критичності проекту для бізнесу. У проєктах, пов'язаних із кібербезпекою, побудовою мережевої інфраструктури, системами резервного копіювання або центрами обробки даних, помилки можуть мати значний вплив на безперервність діяльності організації. У таких умовах недостатній рівень документації або відсутність формалізованих процедур контролю змін може призводити до критичних наслідків.

Традиційні методології в подібних середовищах забезпечують кращу передбачуваність та контрольованість процесів. Разом із тим повністю жорсткі методології часто ускладнюють швидке реагування на нові технічні або бізнес-вимоги. Це є однією з причин, чому сучасні організації дедалі частіше використовують гібридні моделі управління [26], [51], [74].

Ще одним важливим аспектом є взаємозв'язок між методологією до управління та управлінням ризиками. Agile методології дозволяють швидше виявляти проблеми за рахунок коротких циклів реалізації та постійного зворотного зв'язку, однак можуть створювати труднощі при довгостроковому прогнозуванні. Натомість Waterfall забезпечує детальне попереднє планування, але у випадку значних змін вимог адаптація може вимагати суттєвих витрат ресурсів [33], [57], [104].

Важливо також враховувати, що сучасні ІТ-проекти рідко реалізуються ізольовано. Більшість інфраструктурних середовищ включають значну кількість інтегрованих систем, сервісів та платформ, які мають власні цикли

оновлення та залежності. Це створює необхідність використання методологій, здатних забезпечувати координацію змін та управління складними міжсистемними взаємозв'язками.

У практичній діяльності організацій вибір методології часто здійснюється без формалізованого аналізу характеристик проєкту. У багатьох випадках рішення базується на попередньому досвіді менеджерів або корпоративних стандартах, що не завжди відповідає особливостям конкретного середовища [43], [57], [100]. Така методологія підвищує ризик використання неефективної моделі управління та може негативно впливати на результати реалізації проєкту.

Крім того, сучасні дослідження демонструють, що успішність проєктів залежить не лише від обраного методології управління, а й від здатності організації правильно комбінувати процеси управління, адміністрування та технічної реалізації [35], [70], [95]. Це особливо актуально для інфраструктурних ІТ-проєктів, де необхідно одночасно забезпечувати стабільність середовища, швидкість впровадження змін та високий рівень інформаційної безпеки.

Таким чином, аналіз існуючих методологій управління проєктами свідчить про відсутність універсальної методології, придатної для всіх типів ІТ та інфраструктурних проєктів. Ефективність використання певної методології залежить від характеристик проєкту, рівня ризиків, вимог до документації, складності інтеграції та динаміки змін середовища.

1.3 Порівняльний аналіз архітектурних рішень сучасних інформаційних систем управління проєктами

Сучасні інформаційні системи управління проєктами (ІСУП) є важливим елементом цифрової трансформації організацій та забезпечують автоматизацію процесів планування, координації, моніторингу та контролю виконання проєктів [20], [35], [70]. Використання ІСУП дозволяє підвищити ефективність управління ресурсами, покращити взаємодію між учасниками

проєкту та забезпечити централізоване адміністрування складних проєктних середовищ.

У сучасних організаціях ІСУП використовуються для вирішення широкого спектра завдань, включаючи:

- планування робіт та ресурсів;
- формування графіків виконання;
- управління ризиками;
- контроль бюджету;
- моніторинг виконання завдань;
- координацію команд;
- формування звітності;
- підтримку комунікації між стейкхолдерами.

Ландшафт ІСУП різноманітний і охоплює широкий спектр інструментів, платформ і методологій, адаптованих до унікальних потреб і вимог різних проєктів та організацій. Від рішень корпоративного рівня, розроблених для управління масштабними проєктами та портфелями, до платформ для співпраці, що сприяють комунікації в режимі реального часу та командній роботі, ІСУП пропонує спектр функцій для підтримки управління проєктами. Крім того, інструменти Agile-розробки задовольняють потреби ітеративного та адаптивного управління проєктами, тоді як галузеві рішення відповідають унікальним викликам і нормативним вимогам конкретних секторів.

Оскільки організації продовжують використовувати технології для оптимізації практик управління проєктами, інтеграція штучного інтелекту (ШІ) в ІСУП постає як трансформаційна сила з потенціалом революціонізувати процеси та результати управління проєктами. Технології ШІ, включаючи машинне навчання, обробку природної мови та прогнозу аналітику, обіцяють покращити процес ухвалення рішень, автоматизувати рутинні завдання та надати практичну інформацію керівникам проєктів та зацікавленим сторонам. Однак інтеграція ШІ в ІСУП також піднімає важливі

питання щодо конфіденційності даних, етичних наслідків та готовності організацій до впровадження ІІІ.

Технології штучного інтелекту зараз переживають розквіт, їхнє застосування знайшло своє відображення в різних сферах нашого життя, починаючи з нейронних мереж [27], [118], аналізу даних [21], [98] і навіть розумних міст [126]. І не дивно, що самі моделі штучного інтелекту були розділені на різні категорії [19], [34], [68] залежно від фактичних завдань, які потрібно було виконати. Але для управління проєктами та ІСУП впровадження штучного інтелекту досить обмежене і здебільшого стосується знань та логіки ухвалення рішень [50], [70], [72], [107], [110], не згадуючи окремі модулі ІСУП, куди можна інтегрувати штучний інтелект. І ми вважаємо, що це не все, з чим може допомогти штучний інтелект.

Інформаційні системи управління проєктами (ІСУП) охоплюють різноманітні інструменти та платформи, призначені для полегшення планування, виконання та моніторингу проєктів. На рис. 1.3, перераховано ключові категорії ІСУП, які були обрані як найбільш чіткі:



Рисунок 1.3 – Ключові категорії інформаційних систем управління проєктами

- Рішення для управління корпоративними проєктами: Системи управління проєктами корпоративного рівня, прикладами яких є Microsoft Project та Primavera P6, обираються завдяки своїм потужним функціям та комплексній підтримці управління великомасштабними проєктами та портфелями проєктів. Ці платформи пропонують широкий спектр функцій, включаючи планування проєктів, складання графіків, управління ресурсами та оптимізацію портфеля, що робить їх придатними для галузей зі складними вимогами до проєктів, таких як будівництво, інженерія та виробництво. Завдяки своїй здатності обробляти складні структури проєктів, корпоративні системи управління проєктами забезпечують централізований контроль та прозорість. Основні характеристики наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні характеристики рішень для управління корпоративними
проєктами

Функція	Опис
Управління ризиками	Корпоративні ІСУП пропонують надійні функції управління ризиками, що дозволяє керівникам проєктів виявляти, оцінювати та пом'якшувати ризики протягом усього життєвого циклу проєкту. Функції можуть включати інструменти виявлення ризиків, матриці оцінки ризиків та можливості планування реагування на ризики.
Відстеження витрат	Ці системи забезпечують комплексні можливості відстеження та управління витратами, дозволяючи керівникам проєктів контролювати витрати за проєктами, відстежувати розподіл бюджету та аналізувати відхилення від вартості. Функції можуть включати інструменти відстеження бюджету, модулі управління витратами та функції прогнозування витрат.
Оптимізація портфеля	Корпоративні ІСУП підтримують оптимізацію портфеля, дозволяючи організаціям визначати пріоритети та узгоджувати проєкти зі стратегічними цілями, обмеженнями ресурсів та фінансовими цілями. Функції можуть включати інструменти аналізу портфеля, алгоритми оптимізації ресурсів та рамки визначення пріоритетів проєктів.
Можливості інтеграції	Ці системи пропонують безперешкодну інтеграцію з іншими корпоративними системами, такими як системи ERP (планування ресурсів підприємства), CRM (системи управління взаємовідносинами з клієнтами) та програмне забезпечення для управління фінансами. Можливості інтеграції сприяють обміну даними, автоматизації процесів та міжфункціональній співпраці, підвищуючи ефективність та гнучкість організації.

- Платформи для співпраці та командної роботи: ІСУП, орієнтовані на співпрацю, представлені Asana, Basecamp та Jira, обрані за їх акцент на комунікації, співпраці та командній роботі між зацікавленими сторонами проєкту. Хоча ці платформи часто асоціюються з малими та середніми командами, вони також знайшли своє застосування у великих підприємствах, які прагнуть покращити співпрацю та гнучкість. Jira, наприклад, широко використовується для гнучкої розробки програмного забезпечення, пропонуючи такі функції, як історії користувачів, спринти та дошки Kanban. Платформи для співпраці надають пріоритет простоті використання, інструментам для співпраці в режимі реального часу та функціям управління завданнями, сприяючи продуктивності та залученості між проєктними командами. Основні характеристики наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Основні характеристики платформ для співпраці та командної роботи

Функція	Опис
Призначення завдань	Платформи для співпраці дозволяють користувачам призначати завдання членам команди, встановлювати терміни та відстежувати прогрес у режимі реального часу. Функції призначення завдань забезпечують чітку підзвітність, сприяють прозорості та сприяють ефективному управлінню завданнями в межах проєктних команд.
Спільний доступ до файлів	Ці платформи забезпечують можливості безпечного обміну файлами, дозволяючи користувачам завантажувати, ділитися та співпрацювати над документами, презентаціями та іншими файлами, пов'язаними з проєктами. Функції обміну файлами оптимізують управління документами, зменшують безлад у електронній пошті та забезпечують, щоб учасники команди мали доступ до найновішої інформації про проєкт.
Обмін повідомленнями в режимі реального часу	Платформи для співпраці пропонують інструменти обміну повідомленнями та комунікації в режимі реального часу, такі як канали чату, форуми та миттєві повідомлення, що сприяє безперебійній комунікації та співпраці між зацікавленими сторонами проєкту. Функції обміну повідомленнями в режимі реального часу дозволяють швидко приймати рішення, вирішувати проблеми та ефективно обмінюватися інформацією в межах проєктних команд.

- Гнучка розробка та ітеративне управління: Гнучкі методології змінили ландшафт управління проєктами, що зумовило попит на ІСУП, що

підтримують ітеративну розробку та адаптивне планування. Такі інструменти, як Jira та Azure DevOps, обираються за їхню спеціалізацію в гнучкому управлінні проєктами, пропонуючи функції, адаптовані до Agile-практик, такі як планування спринту, управління відставаннями, а також безперервна інтеграція та доставка. Хоча Microsoft Project традиційно асоціюється з управлінням проєктами методом Waterfall, його адаптивність до гнучких фреймворків, таких як Scrum або Kanban, досить обмежена. На практиці команди можуть використовувати спеціалізовані гнучкі інструменти для гнучкого управління проєктами, використовуючи функції, що підтримують ітеративне планування, виконання та доставку. Основні характеристики наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Основні характеристики гнучкої розробки та інструментів ітеративного управління

Функція	Опис
Планування спринту	Гнучкі інструменти підтримують діяльність зі планування спринтів, дозволяючи командам визначати цілі спринтів, пріоритезувати історії користувачів та оцінювати зусилля для кожного завдання. Функції планування спринтів дозволяють командам встановлювати чіткі цілі, ефективно розподіляти ресурси та ставити реалістичні цілі спринтів.
Управління відставаннями	Ці інструменти надають можливості управління беклогом, дозволяючи командам створювати, визначати пріоритети та вдосконалювати беклог продукту. Функції управління беклогом дозволяють командам фіксувати вимоги користувачів, керувати запитами на функції та відстежувати прогрес у досягненні цілей проєкту.
Діаграми вигорання (<i>burndown chart</i>)	Agile-інструменти пропонують діаграми вигорання для візуалізації прогресу та відстеження роботи, що залишилася в кожному спринті. Діаграми вигорання надають зацікавленим сторонам інформацію про швидкість команди, прогрес у спринті та потенційні ризики або вузькі місця в режимі реального часу, сприяючи ухваленню рішень на основі даних та постійному вдосконаленню.

- Галузеві рішення: Певні галузі мають унікальні вимоги до управління проєктами, що вимагає спеціалізованої ІСУП, адаптованої до їхніх потреб. Наприклад, організації охорони здоров'я можуть

використовувати ІСУП, такі як Epic Systems або Cerner Millennium, для управління клінічними проєктами та електронними медичними записами. Аналогічно, будівельні фірми можуть покладатися на такі рішення, як Procore або PlanGrid, для управління будівельними проєктами, що охоплює такі завдання, як планування проєктів, управління документами та співпраця на місцях. Ці галузеві ІСУП пропонують специфічні для предметної області функції та інтеграції, вирішуючи унікальні проблеми та нормативні вимоги відповідних галузей. Основні характеристики наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Основні характеристики галузевих рішень

Функція	Опис
Управління відповідністю вимогам	Галузеві ІСУП пропонують спеціалізовані функції управління відповідністю, щоб забезпечити дотримання галузевих норм, стандартів та передових практик. Функціональність управління відповідністю може включати журнали аудиту, інструменти звітності щодо нормативних вимог та можливості моніторингу відповідності, що дозволяє організаціям зменшувати ризики відповідності та досягати відповідності нормативним вимогам.
Регуляторна звітність	Ці системи надають інструменти для створення, управління та подання регуляторних звітів, що вимагаються галузевими регуляторами або керівними органами. Функції регуляторної звітності спрощують процеси створення звітів, перевірки даних та подання, зменшуючи ручну роботу та забезпечуючи точність і своєчасність регуляторних подання.
Спеціалізовані робочі процеси	Галузеві ІСУП пропонують попередньо визначені або настроювані робочі процеси, адаптовані до унікальних вимог і процесів конкретних галузей. Спеціалізовані робочі процеси можуть включати робочі процеси затвердження, процеси управління змінами та протоколи забезпечення якості, що дозволяє організаціям оптимізувати виконання проєктів та забезпечувати узгодженість і відповідність галузевим стандартам.

Окрім вибраних типів, згаданих вище, інші існуючі методології до ІСУП зазначають, що ці типи включають: ручні системи, онлайн-платформи та хмарні рішення. Ручні системи передбачають використання фізичних інструментів, таких як дошки, стікери та електронні таблиці для управління

проектами, яким може бракувати масштабованості та ефективності цифрових систем. Онлайн-платформи пропонують веб-інструменти управління проектами, доступні через браузер, забезпечуючи зручність та доступність для віддалених команд. Хмарні рішення використовують технології хмарних обчислень для забезпечення масштабованих, безпечних та спільних можливостей управління проектами, що дозволяє організаціям керувати проектами з будь-якого місця з підключенням до Інтернету. Причому одна ІСУП може бути різних типів.

Інформаційні системи управління проектами – це комплексні платформи, розроблені для оптимізації планування, виконання, моніторингу та контролю проектів. У цих системах різні модулі забезпечують важливі функції для підтримки керівників проектів та зацікавлених сторін в ефективному управлінні проектами. Тут ми розглянемо загальні модулі, що містяться в інформаційних системах для управління проектами, кожен з яких відіграє вирішальну роль в успіху проекту. Візуальне представлення цих модулів показано на рис. 1.4.

- Модуль планування проектів: сприяє створенню та розробці планів проектів, включаючи визначення обсягу, цілей, результатів та етапів проекту. Він дозволяє керівникам проектів встановлювати терміни проекту, розподіляти ресурси та визначати залежності для забезпечення успіху проекту.
- Модуль управління завданнями: надає менеджерам проектів можливість створювати, призначати, визначати пріоритети та відстежувати завдання протягом усього життєвого циклу проекту. Вони забезпечують видимість статусу, прогресу та термінів виконання завдань, сприяючи ефективному розподілу завдань та використанню ресурсів.
- Модуль управління ресурсами: дозволяє керівникам проектів керувати ресурсами проекту, включаючи людські ресурси, обладнання та матеріали. Вони надають інструменти для розподілу ресурсів, планування та

оптимізації, щоб забезпечити ефективне та результативне використання ресурсів проєкту.

- Модуль планування: підтримує створення та керування графіками проєктів, включаючи визначення часових рамок проєкту, етапів та аналізу критичного шляху. Вони дозволяють керівникам проєктів упорядковувати діяльність проєкту, визначати обмеження графіка та керувати часовими рамками проєкту для досягнення цілей проєкту.

- Модуль бюджетування та управління витратами: спрощує оцінку, розподіл, відстеження та аналіз бюджетів і витрат проєктів. Він дозволяє керівникам проєктів створювати детальні бюджети проєктів, контролювати витрати проєктів, відстежувати відхилення у вартості та аналізувати фінансові показники проєкту.

- Модуль управління документацією: надає інструменти для організації, зберігання та доступу до проєктної документації та файлів. Вони підтримують контроль версій, обмін документами та співпрацю між зацікавленими сторонами проєкту, забезпечуючи централізованість, актуальність та легкий доступ до проєктної документації.

- Модуль комунікації та співпраці: сприяє комунікації та співпраці між зацікавленими сторонами проєкту, включаючи членів команди, клієнтів та постачальників. Він надає інструменти для обміну повідомленнями в режимі реального часу, обміну файлами, дискусійних форумів та віртуальних зустрічей, сприяючи ефективній комунікації та співпраці в межах проєктних команд.

- Модуль звітності та аналітики: дозволяє керівникам проєктів створювати, налаштовувати та аналізувати звіти про проєкти та показники ефективності. Вони надають інформацію про хід виконання проєкту, етапи, ризики та проблеми, надаючи керівникам проєктів можливість приймати рішення на основі даних та оптимізувати результати проєкту.

- Модуль управління ризиками: підтримує ідентифікацію, оцінку, пом'якшення та моніторинг ризиків проєкту. Він надає інструменти для

ідентифікації ризиків, аналізу ризиків, планування реагування на ризики та відстеження ризиків, допомагаючи керівникам проєктів проактивно керувати ризиками та невизначеностями проєкту.

- Модуль управління якістю: сприяє плануванню, забезпеченню та контролю якості проєкту протягом усього його життєвого циклу. Він надає інструменти для визначення стандартів якості, проведення перевірок якості та вирішення проблем якості, гарантуючи, що результати проєкту відповідають очікуванням та вимогам зацікавлених сторін.



Рисунок 1.4 – Загальні модулі в інформаційній системі управління проєктами

Ці загальні модулі формують основу інформаційних систем для управління проєктами, надаючи керівникам проєктів та зацікавленим сторонам необхідні інструменти та можливості для ефективного планування, виконання та моніторингу проєктів. Важливо зазначити, що хоча багато ІСУП охоплюють більшість цих модулів, деякі системи можуть пропонувати підмножину цих функцій залежно від їхньої цільової аудиторії, галузевої спрямованості або конкретних методологій управління проєктами.

Наприклад, платформи для співпраці, такі як Asana, можуть надавати пріоритет модулям управління завданнями та комунікації, тоді як корпоративні рішення для управління проєктами, такі як Microsoft Project, можуть пропонувати комплексний набір модулів, що охоплюють усі аспекти управління проєктами. Організаціям слід ретельно оцінити свої потреби в управлінні проєктами та вибрати ІСУП, яка найкраще відповідає їхнім вимогам та цілям.

Проте попри значний рівень функціональності сучасних ІСУП, існує низка проблем, які залишаються невирішеними. Більшість систем орієнтовані переважно на підтримку вже обраної методології управління та автоматизацію процесів її реалізації [35], [70], [95]. Водночас вони практично не забезпечують механізмів обґрунтованого вибору самої методології до початку реалізації проєкту.

1.3.1 Вплив штучного інтелекту на сучасні інформаційні системи

Технології штучного інтелекту змінюють різні інформаційні системи, включаючи управління проєктами, пропонуючи трансформаційні можливості для оптимізації процесів, покращення ухвалення рішень та досягнення успіху. Тут ми досліджуємо, як ШІ використовується в різних системах, і наводимо приклади використання цих функцій ШІ, як показано на рис. 1.5.

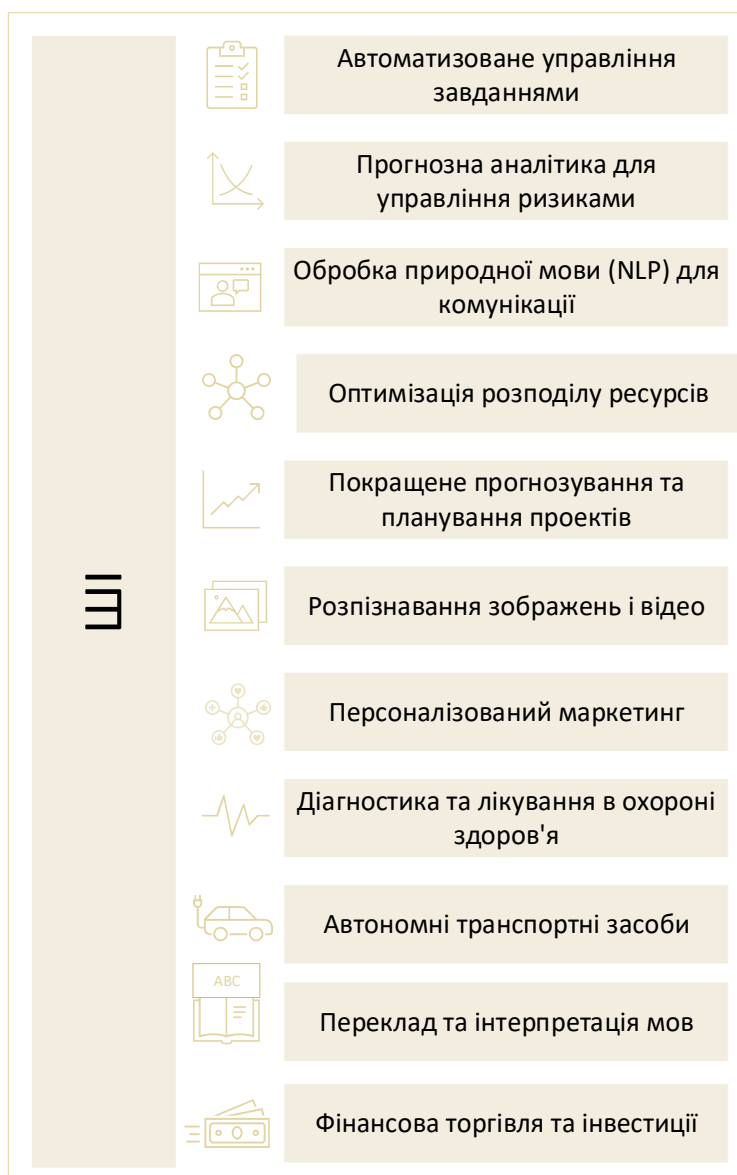


Рисунок 1.5 – Загальне використання ІІІ в різних інформаційних системах

- Автоматизоване управління завданнями: Системи управління завданнями на базі штучного інтелекту автоматизують повторювані завдання та оптимізують розподіл завдань. Наприклад, Asana використовує алгоритми штучного інтелекту для рекомендації пріоритетів завдань та термінів їх виконання на основі історичних даних про час їх виконання та доступності команди.

- Прогнозна аналітика для управління ризиками: інструменти прогновної аналітики на основі штучного інтелекту покращують управління ризиками, прогножуючи потенційні ризики та їх вплив. У страхових системах інструменти штучного інтелекту проєктують рейтинг ризику особи на основі даних її історії, включаючи кредитну історію, баланс, покупки, сімейний стан тощо.
- Обробка природної мови (NLP) для комунікації: можливості NLP широко використовуються в чат-ботах та системах обслуговування клієнтів для аналізу та реагування на запити користувачів. Наприклад, чат-боти на базі штучного інтелекту, такі як ті, що використовуються в банківських системах, використовують NLP для розуміння запитів клієнтів щодо залишків на рахунках, транзакцій та фінансових продуктів, надаючи допомогу та підтримку в режимі реального часу.
- Оптимізація розподілу ресурсів: Алгоритми штучного інтелекту оптимізують розподіл ресурсів у різних системах, включаючи системи управління енергією. Наприклад, системи інтелектуальних мереж використовують штучний інтелект для аналізу моделей споживання енергії та динамічного регулювання розподілу енергії для оптимізації продуктивності мережі, зменшення втрат енергії та зниження експлуатаційних витрат.
- Покращене прогнозування та планування проєктів: модулі прогнозування та планування на основі штучного інтелекту покращують планування та складання графіків проєктів. У транспортних системах алгоритми штучного інтелекту аналізують дані про дорожній рух, погодні умови та історичні моделі подорожей, щоб прогнозувати попит та оптимізувати планування маршрутів для послуг громадського транспорту, зменшуючи затори та покращуючи враження пасажирів.
- Розпізнавання зображень і відео: Системи на базі штучного інтелекту можуть аналізувати та інтерпретувати зображення й відео, що дозволяє використовувати такі програми, як розпізнавання облич, виявлення

об'єктів і модерація контенту. Наприклад, платформи соціальних мереж використовують алгоритми штучного інтелекту для автоматичного позначання друзів на фотографіях і відео, виявлення неприйняттого контенту та пропозиції відповідних хештегів. Або ще один приклад системи «свій/чужий» у сучасних бойових безпілотноках.

- Персоналізований маркетинг: Алгоритми штучного інтелекту аналізують дані клієнтів для створення персоналізованих маркетингових кампаній та рекомендацій. Це включає цільову рекламу, email-маркетинг та рекомендації щодо продуктів на основі попередніх покупок та поведінки в Інтернеті. Платформи електронної комерції, такі як Amazon, та веб-сайти роздрібної торгівлі використовують штучний інтелект для персоналізації рекомендацій щодо продуктів та рекламних пропозицій для кожного користувача.

- Діагностика та лікування в охороні здоров'я: технології штучного інтелекту трансформують системи охорони здоров'я, допомагаючи в медичній діагностиці, плануванні лікування та моніторингу пацієнтів. Системи на базі штучного інтелекту можуть аналізувати медичні зображення, записи пацієнтів та генетичні дані, щоб допомогти медичним працівникам діагностувати захворювання, прогнозувати результати лікування та рекомендувати персоналізовані плани лікування. Наприклад, Watson Health від IBM використовує штучний інтелект для аналізу медичних даних та допомоги лікарям у діагностиці та лікуванні раку.

- Автономні транспортні засоби: Штучний інтелект відіграє вирішальну роль у розвитку автономних транспортних засобів, дозволяючи їм сприймати навколишнє середовище, приймати рішення та безпечно пересуватися. Алгоритми ШІ обробляють дані з датчиків, таких як камери, лідари та радары, для виявлення об'єктів, розпізнавання дорожніх знаків та планування маневрів. Такі компанії, як Tesla, Waymo та Uber, розробляють технології автономних транспортних засобів на основі ШІ, щоб революціонізувати транспорт.

- Переклад та інтерпретація мов: Системи перекладу на базі штучного інтелекту можуть перекладати текст і мовлення між кількома мовами в режимі реального часу. Ці системи використовують методи нейронного машинного перекладу та розуміння природної мови для точного перекладу та інтерпретації усної та письмової мови. Google Translate та Microsoft Translator – це приклади платформ перекладу на базі штучного інтелекту, що використовуються для багатомовного спілкування. Ці системи в основному використовуються в кол-центрах для зменшення залучення людей до взаємодії.

- Фінансова торгівля та інвестиції: Алгоритми штучного інтелекту використовуються у фінансових системах для алгоритмічної торгівлі, управління ризиками та інвестиційного аналізу. Ці системи аналізують ринкові дані, стрічки новин та економічні показники, щоб виявляти торгові можливості, керувати ризиками портфеля та оптимізувати інвестиційні стратегії. Хедж-фонди, інвестиційні банки та торговельні фірми використовують торговельні алгоритми на основі штучного інтелекту для виконання угод та максимізації прибутковості.

Оскільки організації продовжують інтегрувати технології штучного інтелекту у свої інформаційні системи, важливо вирішувати проблеми, пов'язані з конфіденційністю даних, етичними міркуваннями та готовністю організацій до впровадження ШІ. Крім того, необхідні постійні дослідницькі та розробницькі зусилля, щоб повністю використати потенціал ШІ для вдосконалення різних систем та підвищення ефективності організації.

На наступному рис 1.6 показано, як моделі штучного інтелекту можна інтегрувати в існуючі модулі ІСУП.



Рисунок 1.6 – Модулі ІСУП, вдосконалені штучним інтелектом

- Модуль планування проєктів: Штучний інтелект може покращити планування проєктів, аналізуючи історичні дані про проєкт, доступність ресурсів та зовнішні фактори для створення точніших планів проєктів. Алгоритми машинного навчання можуть визначати оптимальні терміни проєктів, розподіл ресурсів та критичні шляхи, зменшуючи помилки планування та підвищуючи передбачуваність проєкту.
- Модуль управління завданнями: Системи управління завданнями на основі штучного інтелекту можуть автоматизувати призначення завдань, планування та визначення пріоритетів на основі пріоритетів проєкту,

доступності ресурсів та залежностей завдань. Можливості обробки природної мови (NLP) дозволяють платформам управління завданнями розуміти та обробляти повідомлення, пов'язані з проєктами, автоматично оновлюючи статуси завдань та терміни їх виконання в режимі реального часу. Більше того, в системах, які використовують завдання з описом, NLP за допомогою навчання на основі даних може створювати технічні та бізнес-описи, які будуть змістовними та точними.

- Модуль управління ресурсами : Алгоритми штучного інтелекту оптимізують розподіл ресурсів, аналізуючи вимоги проєкту, можливості команди та доступність ресурсів, щоб рекомендувати оптимальний розподіл ресурсів. Моделі прогнозової аналітики прогнозують потреби в ресурсах та виявляють потенційні конфлікти ресурсів, що дозволяє керівникам проєктів ефективно розподіляти ресурси та запобігати їх надмірному або недостатньому використанню. Ця функціональність є критично важливою, коли керівники проєктів працюють зі спільними ресурсами.

- Модуль планування: Модулі планування на базі штучного інтелекту можуть динамічно коригувати графіки проєктів залежно від змін умов проєкту, доступності ресурсів та зовнішніх залежностей. Алгоритми машинного навчання аналізують дані про ефективність проєкту, щоб виявити вузькі місця в плануванні, оптимізувати послідовності завдань та мінімізувати затримки проєкту, покращуючи дотримання графіків та ефективність проєкту.

- Модуль бюджетування та управління витратами: Модулі бюджетування та управління витратами на основі штучного інтелекту аналізують історичні дані про проєкти, ринкові тенденції та фінансові показники для створення точніших бюджетів проєктів та оцінок витрат. Алгоритми машинного навчання виявляють можливості для економії коштів, прогнозують витрати проєктів та виявляють потенційні перевищення бюджету, що дозволяє керівникам проєктів ефективніше керувати фінансами проєктів та зменшувати фінансові ризики.

- **Модуль управління документами:** Системи управління документами на базі штучного інтелекту автоматизують категоризацію, тегування та пошук документів на основі аналізу контенту та вилучення метаданих. Можливості обробки природної мови (NLP) дозволяють платформам управління документами витягувати ключову інформацію з проєктних документів, ідентифікувати відповідні документи для конкретних проєктних завдань, а також сприяти співпраці над документами та контролю версій.

- **Модуль комунікації та співпраці:** Модулі комунікації та співпраці на основі штучного інтелекту сприяють спілкуванню в режимі реального часу, обміну інформацією та співпраці між зацікавленими сторонами проєкту. Можливості обробки природної мови (NLP) дозволяють чат-ботам та віртуальним помічникам інтерпретувати та відповідати на запити, пов'язані з проєктом, планувати зустрічі та надавати контекстуальну аналітику, покращуючи співпрацю та зменшуючи комунікаційні бар'єри.

- **Модуль звітності та аналітики:** модулі аналітики на базі штучного інтелекту забезпечують розширені можливості аналізу даних, візуалізації та прогнозного моделювання для створення корисної аналітики для керівників проєктів та зацікавлених сторін. Алгоритми машинного навчання аналізують показники ефективності проєкту, виявляють тенденції, закономірності та аномалії, а також генерують прогнозні прогнози для підтримки ухвалення рішень на основі даних та оптимізації продуктивності.

- **Модуль управління ризиками:** Модулі управління ризиками на основі штучного інтелекту виявляють, оцінюють та пом'якшують ризики проєкту, аналізуючи історичні дані проєкту, зовнішні фактори ризику та галузеві тенденції. Алгоритми машинного навчання прогнозують потенційні ризики, оцінюють їхню ймовірність та вплив, а також рекомендують стратегії пом'якшення ризиків, що дозволяє керівникам проєктів проактивно керувати ризиками та невизначеностями проєкту.

- Модуль управління якістю: Модулі управління якістю на базі штучного інтелекту автоматизують процеси забезпечення якості, аналізуючи дані про проєкт, показники ефективності та відгуки клієнтів для виявлення проблем і тенденцій якості. Алгоритми машинного навчання виявляють закономірності дефектів, рекомендують коригувальні дії та оптимізують процеси контролю якості, гарантуючи, що результати проєкту відповідають стандартам якості та очікуванням зацікавлених сторін.

- Модуль ухвалення рішень: Модулі ухвалення рішень на основі штучного інтелекту допомагають керівникам проєктів приймати обґрунтовані рішення, надаючи аналітичні матеріали на основі даних, аналіз сценаріїв та інструменти підтримки рішень. Алгоритми машинного навчання аналізують дані проєкту, історичні тенденції та уподобання зацікавлених сторін, щоб оцінити альтернативні варіанти дій, оцінити їхні потенційні результати та рекомендувати оптимальні стратегії ухвалення рішень, що дозволяє керівникам проєктів приймати своєчасні та ефективні рішення.

Ці вдосконалення штучного інтелекту демонструють потенціал технологій штучного інтелекту для оптимізації процесів управління проєктами, покращення ухвалення рішень та забезпечення успіху проєктів в інформаційних системах управління проєктами. Інтегруючи функції на основі штучного інтелекту в модулі ІСУП, організації можуть використовувати аналітику на основі даних, автоматизацію та прогнозу аналітику для підвищення ефективності проєктів, зменшення ризиків та досягнення стратегічних цілей.

Проте навіть із урахуванням інтеграції технологій штучного інтелекту сучасні ІСУП не здатні повною мірою вирішити проблему вибору найбільш ефективного методології управління проєктом на етапі його ініціалізації. У більшості випадків вибір методології управління здійснюється менеджером проєкту або організацією на основі попереднього досвіду, корпоративних стандартів чи суб'єктивних рішень.

Існуючі і потенційні ІІІ-функції в ІСУП не виконують комплексного аналізу характеристик проєкту з метою визначення найбільш доцільного методології управління. Особливо актуальною дана проблема є для інфраструктурних ІТ-проєктів, де неправильний вибір методології управління може призводити до суттєвих фінансових втрат, затримок та порушення безперервності бізнес-процесів. У таких умовах використання лише стандартних інструментів ІСУП є недостатнім.

Крім того, більшість існуючих ІСУП мають обмеження щодо адаптивності до специфіки окремих організаційних середовищ. Часто системи потребують значної кастомізації, інтеграції із зовнішніми платформами та додаткових налаштувань для підтримки складних інфраструктурних проєктів.

Аналіз наукових джерел [20], [35], [70], [107] свідчить про необхідність переходу від класичних систем моніторингу проєктів до інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Такі системи повинні не лише контролювати процес реалізації проєкту, а й забезпечувати обґрунтований вибір методології управління на основі аналізу характеристик проєкту та історичних даних.

Незважаючи на значний рівень функціональної зрілості сучасних інформаційних систем управління проєктами та активне впровадження технологій штучного інтелекту, проведений аналіз показав відсутність спеціалізованих механізмів автоматизованого вибору методології управління на передпроєктній стадії. Більшість існуючих рішень підтримують планування, моніторинг, управління ресурсами та ризиками, однак не забезпечують формалізованого аналізу характеристик проєкту для формування рекомендацій щодо вибору найбільш доцільної методології управління. Зазначене обмеження визначає актуальність розроблення окремого рекомендаційного модуля, який може бути інтегрований до існуючих ІСУП без необхідності зміни їх архітектури.

1.4. Постановка задачі дослідження

За підсумками проведеного аналізу інформаційних джерел встановлено, що зростання складності проєктного середовища, багатокритеріальність оцінювання ефективності та наявність невизначеностей обумовлюють актуальність і необхідність застосування формалізованих підходів, математичних моделей, алгоритмів оброблення даних і спеціалізованих інформаційних технологій для підтримки обґрунтованого вибору управлінських рішень.

Виявлено, що однією з **ключових проблем** є вибір адекватного підходу до управління, оскільки наявні методології характеризуються відмінними властивостями та є ефективними лише за певних умов. Відсутність комплексних інформаційних технологій, здатних автоматизувати процес такого вибору, призводить до підвищення рівня суб'єктивності прийняття рішень, збільшення витрат часу на планування та зростання ризиків деструктивного розвитку інфраструктурних проєктів.

Таким чином, **науково-прикладна задача** дослідження полягає у розробленні нової інформаційної технології підтримки прийняття управлінських рішень у системах адміністрування інфраструктурних проєктів, яка базується на використанні нових та удосконалених математичних моделей, методів та алгоритмів інтегрального оцінювання системних показників і забезпечує автоматизований вибір управлінської методології залежно від специфіки та умов реалізації об'єкта. Застосування розробленої технології сприяє підвищенню обґрунтованості й оперативності прийняття проєктних рішень, а також зниженню координаційних та часових ризиків на етапі їх практичного втілення.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при адмініструванні інфраструктурних проєктів шляхом розроблення моделей, методів та алгоритмів оброблення даних, а також спеціалізованої інформаційної технології, що забезпечують обґрунтований

вибір раціонального підходу до управління та мінімізацію ризиків порушення цілісності бізнес-процесів.

Об'єктом дослідження є процеси автоматизації прийняття управлінських рішень та інтеграції інформаційних потоків у проєктному менеджменті.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання** дисертаційного дослідження:

1. Проаналізувати предметну область наукового дослідження та сучасний стан розвитку інформаційних технологій підтримки прийняття рішень. виконати аналіз наявних підходів, моделей, методів та систем автоматизованого вибору методології управління проєктами.

2. Запропонувати теоретико-методологічні засади розроблення інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, розробити її концептуальну модель та виконати її математичну формалізацію.

3. Розробити метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурного проєкту для автоматизованого вибору методології управління на основі ретроспективних даних.

4. Розробити математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту для забезпечення їхнього інтегрального оцінювання.

5. Запропонувати підхід до автономної синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів.

6. Здійснити апробацію та впровадження результатів дослідження, а також експериментально перевірити ефективність розробленої інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування.

З урахуванням мети і завдань *методологічна основа дослідження* представлена таким методами:

7. Методи системного аналізу – для концептуальної формалізації предметної області, типізації чинників впливу та постановки загальної задачі дослідження.

8. Методи математичного моделювання та теоретико-множинного підходу – для побудови концептуальної моделі, формалізованого опису компонентів інформаційної технології та структурного представлення параметрів інфраструктурного проєкту.

9. Методи математичної статистики – для структурування й обробки історичних даних раніше реалізованих прецедентів з метою автоматизації вибору управлінських стратегій.

10. Методи експертного оцінювання та морфологічного аналізу – для формалізації якісних характеристик зовнішнього і внутрішнього середовища та агрегування оцінок експертів у процесах підтримки прийняття рішень.

11. Методи архітектурного проєктування програмних систем та об'єктно-орієнтованого програмування – для програмно-алгоритмічної реалізації модулів синхронізації даних та розроблення спеціалізованої інформаційної технології.

12. Методи експериментального тестування та статистичної верифікації – для перевірки працездатності, оцінки відмовостійкості розробленої технології та впровадження результатів дослідження в умовах реальних інфраструктурних проєктів.

Рамкова модель дисертаційного дослідження надана на рис. 1.7.

В контексті даного дослідження під інформаційною технологією розуміється цілісна система методів, математичних моделей та програмно-інформаційних компонентів, спеціально розроблених для вирішення науково-прикладної задачі автоматизованого вибору раціональної методології управління інфраструктурними проєктами.

Інфраструктурний проєкт – це комплексний проєкт, спрямований на створення, модернізацію або підтримку базових систем, структур та процесів, які забезпечують функціонування організації або галузі. Ключовою характеристикою інфраструктурних проєктів є їх базовий характер – вони створюють фундамент для реалізації інших проєктів та забезпечують стабільне функціонування систем вищого рівня.

Система адміністрування інфраструктурними проєктами – це інтегрований комплекс організаційних, методологічних, технологічних та програмних засобів, призначений для планування, координації, контролю та управління життєвим циклом проєктів інфраструктурного характеру.

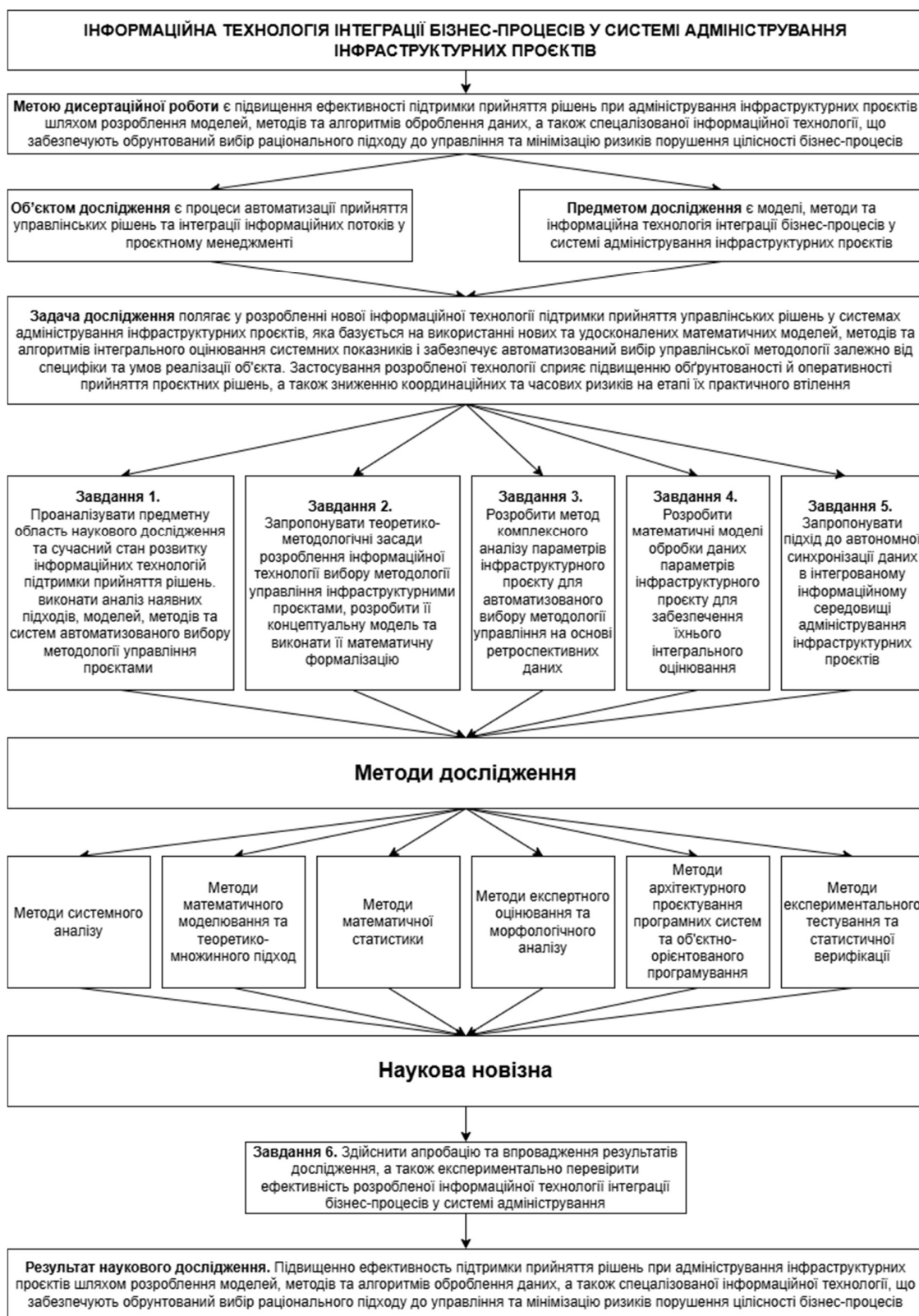


Рисунок 1.7 – Рамкова модель наукового дослідження

Висновки до розділу 1

У першому розділі дисертаційної роботи проведено комплексний аналіз сучасного стану інформаційних технологій управління інфраструктурними проєктами, досліджено особливості адміністрування таких проєктів, виконано порівняльний аналіз сучасних методологій управління проєктами та інформаційних систем управління проєктами, а також визначено основні наукові й практичні проблеми, що потребують подальшого вирішення.

Основними результатами розділу є такі:

1. Виконано аналіз специфіки адміністрування інфраструктурних проєктів та чинників ефективності їх реалізації. Встановлено, що інфраструктурні IT-проєкти характеризуються високим рівнем складності, значною кількістю міжсистемних залежностей, підвищеними вимогами до безпеки та необхідністю забезпечення безперервності бізнес-процесів. Обґрунтовано поняття інфраструктурного проєкту та системи адміністрування інфраструктурними проєктами, визначено ключові причини неуспішної реалізації проєктів та доведено важливість вибору методології управління відповідно до характеристик проєктного середовища.

2. Проведено порівняльний аналіз сучасних методологій управління проєктами, зокрема Waterfall, Scrum, Kanban та Hybrid-підходів. Визначено їх основні переваги, обмеження та сфери застосування. На основі якісних критеріїв оцінювання сформовано матрицю характеристик методологій та встановлено, що ефективність їх використання залежить від особливостей конкретного проєкту, рівня невизначеності, вимог до документації, швидкості реалізації та організаційного середовища.

3. Виконано аналіз сучасних інформаційних систем управління проєктами та їх архітектурних рішень. Досліджено основні категорії ІСУП, їх функціональні можливості та типові модулі, що використовуються для підтримки процесів планування, моніторингу, управління ресурсами, ризиками та комунікаціями. Встановлено, що сучасні ІСУП активно інтегрують технології аналітики даних та штучного інтелекту, проте не

містять спеціалізованих механізмів автоматизованого вибору методології управління на основі характеристик проєкту.

4. На основі проведеного аналізу встановлено відсутність універсальної методології управління, придатної для всіх типів інфраструктурних проєктів. Доведено, що вибір методології значною мірою здійснюється експертним шляхом та залежить від досвіду керівника проєкту, що підвищує ризик прийняття суб'єктивних рішень та знижує рівень обґрунтованості процесу управління.

5. Визначено наукову та практичну потребу у створенні спеціалізованої інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо вибору методології управління інфраструктурними проєктами. Така технологія повинна забезпечувати автоматизований аналіз характеристик проєкту, використання історичних даних, оцінювання ймовірності успішної реалізації та формування обґрунтованих рекомендацій щодо вибору найбільш доцільної методології управління.

6. Виконано постановку задачі дослідження та розроблено рамкову модель наукового дослідження, що включає в себе мету, об'єкт, предмет дослідження, наукову задачу, завдання дослідження, комплекс методів дослідження та очікуваний результат дослідження.

Результати досліджень першого розділу опубліковані в роботах [53], [54], [59], [115], [130]

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АДМІНІСТРУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ

2.1. Концептуальна модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами

Методологічною основою розроблення інформаційної технології для автоматизації систем управління та адміністрування інфраструктурними проєктами є формалізована модель S системи підтримки прийняття рішень, яка описується множиною:

$$S = \{\Phi, \Theta, P, F\}, \quad (2.1)$$

де $\Theta = \{d, s, n, ind\}$ – множина параметрів проєкту, в якій d – тривалість проєкту, s – розмір команди проєкту, n – функціональний характер проєкту, ind – галузева належність проєкту; $P = \{P_d, P_{ind}, P_n, P_s\}$ – розрахункові ймовірності вищезазначених параметрів проєкту, які визначаються на основі історичних даних; $\Phi = \{\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4, \phi_5\}$ – множина існуючих методологій управління проєктами, {Scrum, Kanban, Waterfall, Hybrid, інші}, F – оціночний функціонал.

Для досягнення мети дисертаційної роботи функціонування системи підтримки прийняття рішень для інфраструктурних проєктів пропонується розглядати за схемою, яка представлена на рис. 2.1, а для розв’язання завдань дослідження пропонується загальна схема ІТ для автоматизації систем управління та адміністрування інфраструктурними проєктами, яка надана на рис.2.2.

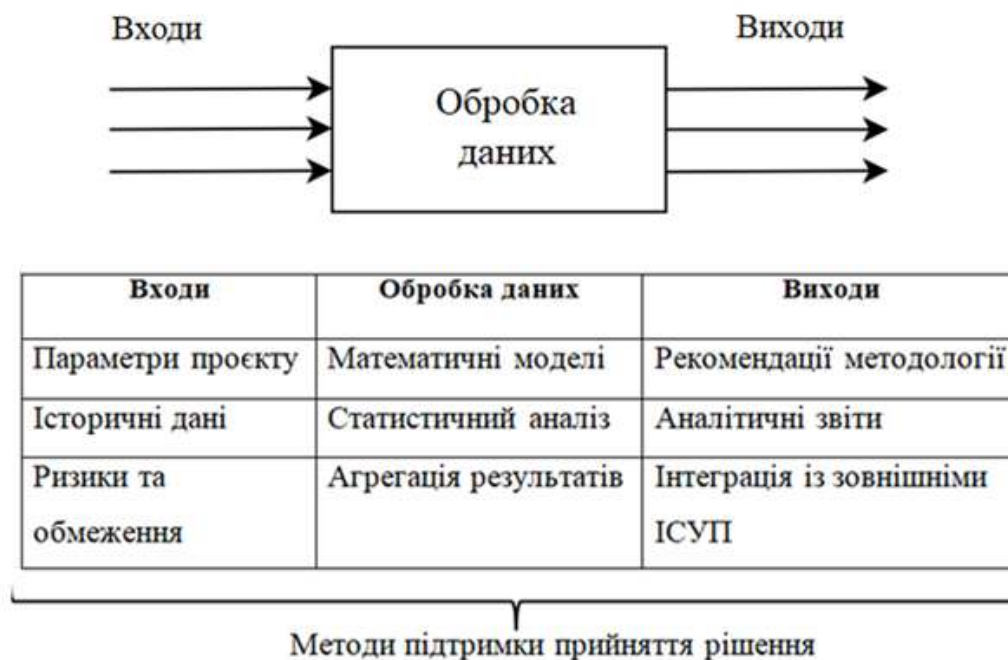


Рисунок 2.1 – Загальна схема системи підтримки прийняття рішень

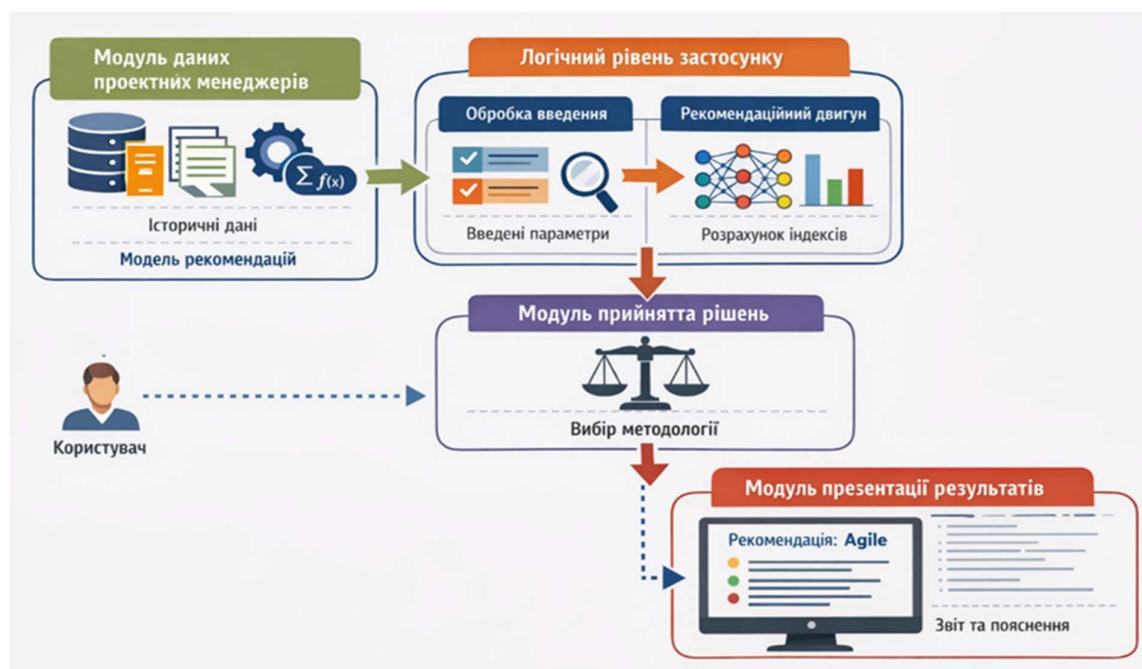


Рисунок. 2.2 – Загальна схема ІТ для автоматизації систем управління та адміністрування інфраструктурними проєктами

Для вирішення науково-прикладної задачі дослідження пропонується концептуальна модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, яка складається з чотирьох основних компонентів (рис. 2.3):

1. Модуль інформаційно-аналітичного забезпечення, який проєктних менеджерів, який має доступ до репозитарію історичних даних про результати реалізації попередніх проєктів, відповіді проєктних менеджерів на анкетування, а також математичне ядро, що обробляє ці дані. На основі статистичної та аналітичної обробки формується модель рекомендацій, яка включає вагові коефіцієнти, правила відповідності та формалізовані математичні залежності.

2. Модуль аналітичного оброблення даних, який призначений для збору, верифікації та інтелектуального аналізу параметрів проєкту. Структурно складається з двох взаємопов'язаних підмодулів:

- підмодуль попереднього оброблення та верифікації даних: забезпечує реєстрацію вхідних характеристик інфраструктурного проєкту, контроль цілісності (коректності) інформації та нормалізацію (кодування) значень ознак для подальшого аналізу.
- підмодуль формування рекомендацій (рекомендаційне ядро): реалізує математичну модель вибору, здійснює розрахунок інтегральних індексів відповідності для кожної альтернативної методології управління та виконує їх ранжування.

3. Модуль підтримки прийняття рішень, призначений для ранжування альтернативних методологій на основі розрахованих інтегральних оцінок відповідності та формування рекомендацій для особи, що приймає рішення. Модуль містить підсистему розв'язання конфліктів у випадку еквівалентності оцінок або суперечливості вхідних критеріїв.

4. Модуль візуалізації та обґрунтування рішень, який призначений для трансформації розрахункових даних у зрозумілий для користувача вигляд та забезпечення прозорості вибору. Його функціонал включає:

- генерацію підсумкових рекомендацій та формування когнітивних пояснень на основі вхідних характеристик проєкту.
- графічне та табличне представлення інтегральних оцінок відповідності й декомпозицію логіки прийняття рішень.
- формування вихідних потоків даних для передачі у підсистему інтерфейсу користувача.

ОПР отримує рекомендації щодо запропонованої методології управління для інфраструктурного проєкту та звіт про обґрунтування такого вибору.

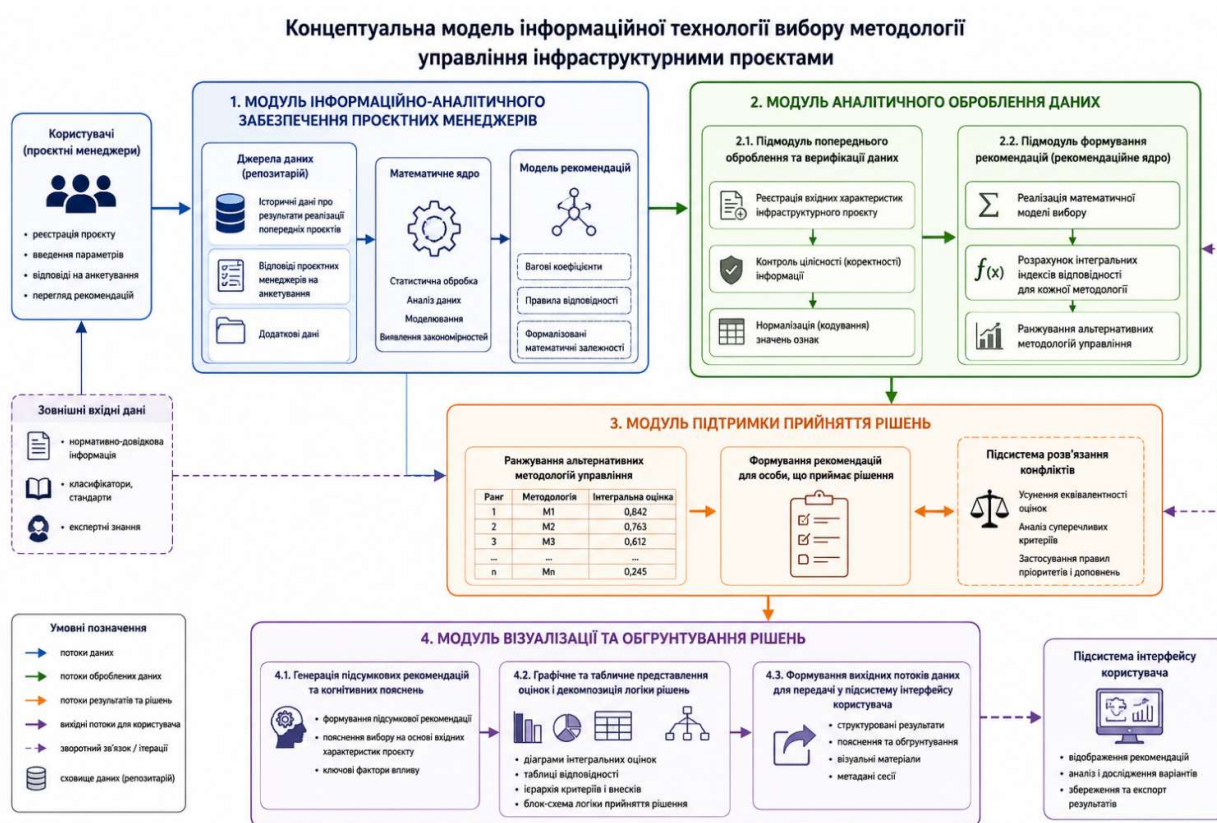


Рисунок 2.3 – Концептуальна модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами

Взаємодія компонентів інформаційної технології реалізується через визначені інформаційні потоки та набір проміжних артефактів даних. Модуль інформаційно-аналітичного забезпечення формує вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання та правила відповідності, які використовуються

рекомендаційним ядром для побудови моделі вибору методології управління. Підмодуль попереднього оброблення даних виконує перевірку коректності та нормалізацію характеристик проєкту, формуючи стандартизований вектор ознак для подальшого аналізу. На основі підготовлених даних рекомендаційне ядро здійснює розрахунок інтегральних оцінок відповідності альтернативних методологій управління. Отримані результати передаються до модуля підтримки прийняття рішень, який виконує ранжування альтернатив та формування підсумкової рекомендації. Завершальним етапом є формування пояснювальної інформації та візуалізація результатів для користувача.

На основі розробленої концептуальної моделі інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, здійснено формалізований опис потоку даних, представлений у табл. 2.1 у вигляді специфікації вхідних і вихідних потоків даних ІТ.

Згідно з концептуальною моделлю інформаційної технології інформаційні потоки послідовно передаються між функціональними компонентами системи. На першому етапі модуль інформаційно-аналітичного забезпечення формує параметризовану модель рекомендацій, яка надходить до рекомендаційного ядра. Паралельно підмодуль попереднього оброблення та верифікації даних здійснює нормалізацію характеристик поточного проєкту та формує вектор ознак, що також використовується рекомендаційним ядром. У результаті виконання розрахунків формуються інтегральні оцінки відповідності методологій управління, які передаються до модуля підтримки прийняття рішень. Після виконання ранжування альтернатив отримана рекомендація надходить до модуля візуалізації та обґрунтування рішень, де формується аналітичний звіт, пояснення результатів та інформація для інтеграції із зовнішніми інформаційними системами.

Структурна модель інформаційної технології буде мати наступний вигляд, як показано на рис. 2.4

Таблиця 2.1

Специфікація вхідних і вихідних потоків даних ІТ

Назва модуля / підмодуля		Вхідні потоки даних	Вихідні потоки даних
1. Модуль інформаційно-аналітичного забезпечення		Історичні дані попередніх проєктів	Параметризована модель рекомендацій (до підмодуля 2.2)
2. Модуль аналітичного оброблення даних	2.1. Підмодуль попереднього оброблення та верифікації даних	Первинні характеристики поточного проєкту	Нормалізований вектор ознак проєкту (до підмодуля 2.2)
	2.2. Підмодуль формування рекомендацій (рекомендаційне ядро)	Параметризована модель рекомендацій Розраховані інтегральні індекси відповідності	Розраховані інтегральні індекси відповідності (до модуля 3)
3. Модуль прийняття рішень та вирішення колізій		Розраховані інтегральні індекси відповідності	Рекомендаційне рішення з ранжованою матрицею альтернатив (до модуля 3)
4. Модуль візуалізації та обґрунтування рішень		Рекомендаційне рішення з ранжованою матрицею альтернатив	Звіт - графіки, діаграми, вербальні пояснення (до інтерфейсу користувача)

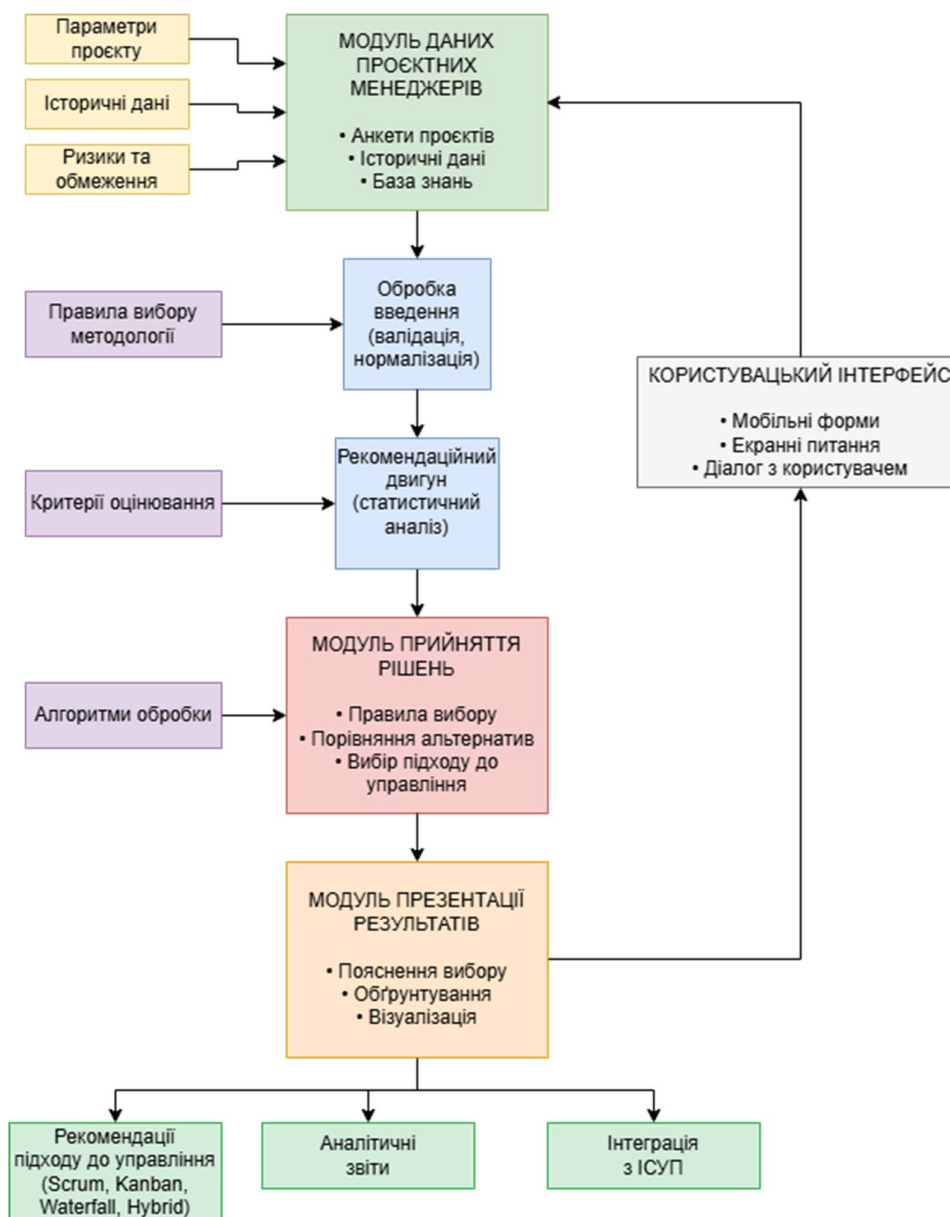


Рисунок 2.3 – Структурна модель інформаційної технології

У структурній моделі інформаційної технології на кожному зв'язку між функціональними компонентами визначено відповідні інформаційні артефакти: $X \rightarrow X'$, $W, P \rightarrow S$, $S \rightarrow R$, $R \rightarrow O, E$. Така декомпозиція потоків даних забезпечує простежуваність процесу формування рекомендацій – від первинних параметрів проєкту до кінцевого рішення та його пояснення.

2.2. Формалізація компонентів інформаційної технології обробки даних в системі адміністрування інфраструктурних проєктів

Розроблена в п.2.1. концептуальна модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами представляє собою інтегровану багаторівневу систему підтримки прийняття рішень, призначену для аналізу характеристик інфраструктурного проєкту, оцінювання альтернативних методологій управління та формування обґрунтованих рекомендацій для особи, що приймає рішення. Математичні моделі обробки даних адміністрування інфраструктурних проєктів потребують формального опису розробленої ІТ.

Доцільно застосувати теоретико-множинний підхід для формального опису зазначеної ІТ. Отже, формально інформаційну технологію можна представити у вигляді кортежу:

$$IT = \langle MOD_{IA}, MOD_{AD}, MOD_{DSS}, MOD_{VIS}, X, Y, F \rangle, \quad (2.2)$$

де MOD_{IA} – модуль інформаційно-аналітичного забезпечення; MOD_{AD} – модуль аналітичного оброблення даних; MOD_{DSS} – модуль підтримки ухвалення рішень; M_{VIS} – модуль візуалізації та обґрунтування рішень; X – множина вхідних даних; Y – множина рекомендацій; F – множина функціональних залежностей та правил вибору методології управління.

Формалізовані компоненти інформаційної технології використовують параметричні оцінки характеристик проєкту, механізми інтегрального оцінювання альтернативних методологій управління та показники стабільності управлінських підходів. Відповідний математичний апарат агрегування та обробки історичних даних інфраструктурних проєктів буде детально розглянуто у третьому розділі дисертаційної роботи.

1. Модуль інформаційно-аналітичного забезпечення, який забезпечує накопичення, оброблення та формалізацію знань щодо попереднього досвіду реалізації інфраструктурних проєктів. Формальна модель першого модуля описується таким кортежем:

$$MOD_{IA} = \langle D_H, D_Q, K, W, P \rangle, \quad (2.3)$$

де D_H – репозитарій історичних даних про реалізовані проекти; D_Q – результати анкетування ОПР (проектних менеджерів тощо); K – математичне ядро аналізу даних; W – множина вагових коефіцієнтів критеріїв; P – правила відповідності та математичні залежності.

Для забезпечення достовірності результатів функціонування інформаційної технології передбачено механізми контролю якості даних та управління версіями знань. Контроль якості даних включає перевірку повноти інформації, виявлення дублікатів, аналіз логічної узгодженості записів та валідацію довідкових класифікаторів до початку процедур нормалізації. Управління версіями знань реалізується шляхом збереження вагових коефіцієнтів, правил відповідності та параметрів моделі з унікальними ідентифікаторами версій. При оновленні історичних даних або результатів анкетування виконується автоматичне переобчислення параметрів моделі та формування нової версії бази знань, що забезпечує відтворюваність результатів та можливість проведення аудиту прийнятих рішень.

Функціональні можливості цього модуля реалізується за допомогою математичного ядра, яке описується такою функціональною залежністю:

$$K: (D_H, D_Q) \rightarrow (W, P) \quad , \quad (2.4)$$

Математичне ядро цього модуля виконує статистичне оброблення історичних даних, в них виявляє закономірності, виконує аналіз залежностей між параметрами проекту та успішністю методології управління та формує базу знань для майбутніх проектів.

2. Модуль аналітичного оброблення даних, який призначений для збору, перевірки, нормалізації та аналітичного опрацювання характеристик поточного інфраструктурного проекту. Формальна модель **другого модуля** описується таким кортежем:

$$MOD_{AD} = \langle M_V, M_R \rangle , \quad (2.5)$$

де M_V – підмодуль попереднього оброблення та верифікації даних; M_R – рекомендаційне ядро.

Формальна модель підмодуля попереднього оброблення та верифікації даних описується таким кортежем:

$$M_V = \langle X, C, N \rangle, \quad (2.6)$$

де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множина характеристик проєкту; C – процедура контролю цілісності даних; N – функція нормалізації та кодування ознак.

$$X' = N(X), \quad (2.7)$$

де X' – нормалізований вектор ознак проєкту.

Узгодженість процедури нормалізації параметрів проєкту

Процедури кодування та нормалізації характеристик проєкту формуються відповідно до визначених категорій параметрів. Математичний апарат нормалізації та перетворення первинних даних для подальшого аналізу буде наведено у третьому розділі дисертаційної роботи.

Формальна модель підмодуля формування рекомендацій (рекомендаційне ядро) описується таким кортежем:

$$M_R = \langle A, S, Q \rangle, \quad (2.8)$$

де $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множина альтернативних методологій управління; S – множина інтегральних оцінок відповідності; Q – функція ранжування альтернатив.

Обчислення інтегральної оцінки для кожної методології управління буде мати наступний вигляд:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot f_j(x_j), \quad (2.9)$$

де S_i – інтегральна оцінка відповідності i -ї методології управління; ω_j – ваговий коефіцієнт j -го критерію; $f_j(x_j)$ – функція оцінювання значення критерію; n – кількість критеріїв.

Формальне ранжування проводиться за наступною формулою:

$$Q(A) = \text{sort}(S_i), \quad (2.10)$$

Результатом є впорядкований список методологій за ступенем відповідності характеристикам проєкту.

Результатом процедури ранжування є впорядкований перелік альтернативних методологій управління відповідно до ступеня їх

відповідності характеристикам досліджуваного проєкту. Для забезпечення прозорості процесу прийняття рішень використовується матриця відповідності, елементи якої відображають ступінь відповідності кожної альтернативи окремим критеріям оцінювання. На основі цієї матриці визначається внесок кожного критерію у формування інтегральної оцінки методології. Додатково здійснюється аналіз чутливості результатів до зміни вагових коефіцієнтів критеріїв, що дозволяє виявити найбільш впливові фактори вибору та забезпечити пояснюваність сформованих рекомендацій.

3. Модуль підтримки прийняття рішень забезпечує інтерпретацію результатів оцінювання та формування рекомендацій для особи, що приймає рішення. Формальна модель *третього модуля* описується таким кортежем:

$$MOD_{DSS} = \langle R_A, C_F, D_R \rangle, \quad (2.11)$$

де R_A – процедура ранжування альтернатив; C_F – підсистема розв’язання конфліктів; D_R – множина рекомендацій.

Підсистема розв’язання конфліктів описується таким чином. У випадку:

$$S_i \approx S_j, \quad (2.12)$$

У випадку приблизної рівності інтегральних оцінок методологій управління або суперечливості критеріїв застосовуються правила пріоритетності або додаткові коефіцієнти вагомості або механізми експертного уточнення. Формалізувати таку підсистему можна наступним чином:

$$C_F: (S_i, S_j, P) \rightarrow D_R, \quad (2.13)$$

У випадках, коли інтегральні оцінки декількох методологій мають близькі або однакові значення, застосовуються додаткові процедури розв’язання колізій. Перевага може надаватися методології, яка демонструє вищу відповідність галузевим особливостям проєкту, меншу частоту вимушених змін методології під час реалізації аналогічних проєктів або вищу статистичну стабільність результатів у відповідній категорії складності.

Використання таких правил дозволяє підвищити обґрунтованість остаточного рішення та зменшити вплив невизначеності при виборі методології управління.

4. Модуль візуалізації та обґрунтування рішень забезпечує представлення результатів у формі, зрозумілій користувачу. Формальна модель **четвертого модуля** описується таким кортежем:

$$MOD_{VIS} = \langle G, E, O \rangle, \quad (2.14)$$

де G – засоби графічного представлення, E – механізми когнітивного пояснення; O – вихідні інформаційні потоки.

Функціональні можливості цього модуля можна формалізувати таким чином. Кортеж генерації рекомендацій має наступний вигляд:

$$R = g(S, X), \quad (2.15)$$

де R – фінальна рекомендація; S – інтегральні оцінки; X – характеристики проєкту.

Кортеж формування пояснень виглядає так:

$$E = h(W, X, S), \quad (2.16)$$

де E – множина пояснень щодо причин вибору методології управління.

Інформаційні потоки обробки даних між модулями можна описати такою послідовністю:

$$D \rightarrow M_{IA} \rightarrow M_{AD} \rightarrow M_{DSS} \rightarrow M_{VIS} \rightarrow R, \quad (2.17)$$

де D – вхідні дані проєкту; R – сформовані рекомендації.

Обмеження на ваги і корекція неповноти

- Нормування ваг: $\sum_j \omega_j = 1, \omega_j \geq 0$.
- Пеналізація неповноти: у разі частково відсутніх ознак застосовується множник покриття $\kappa \in [0; 1]$ до S_i , що робить рекомендації обережнішими для неповних даних.

Формалізований ланцюжок ІТ для автоматизації систем управління та адміністрування інфраструктурними проєктами матиме вигляд:

Етап 1. Збір та накопичення даних

$$D = D_H \cup D_Q \cup X, \quad (2.18)$$

Етап 2. Верифікація та нормалізація

$$X' = N(C(X)), \quad (2.19)$$

Етап 3. Розрахунок оцінок відповідності

$$S_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot f_j(x_j), \quad (2.20)$$

Етап 4. Ранжування альтернатив

$$A^* = Q(S), \quad (2.21)$$

Етап 5. Формування рекомендацій

$$R = g(A^*, P), \quad (2.22)$$

Етап 6. Візуалізація результатів

$$O = VIS(R), \quad (2.23)$$

Після завершення процедури ранжування до модуля візуалізації передаються результати оцінювання альтернативних методологій управління, дані щодо внеску окремих критеріїв у формування інтегральної оцінки, узагальнені статистичні характеристики відповідних категорій проєктів, а також інформація про версію бази знань, яка використовувалася під час виконання розрахунків. Це забезпечує можливість відтворення результатів, підвищує прозорість рекомендацій та створює передумови для подальшої інтеграції із зовнішніми інформаційними системами.

Таким чином, запропонована концептуальна модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами забезпечує формалізоване оцінювання альтернативних методологій управління, інтеграцію історичних та експертних знань, підтримку багатокритеріального аналізу, пояснюваність отриманих результатів та підвищення обґрунтованості процесу прийняття управлінських рішень. Розроблена модель створює теоретичне підґрунтя для побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у сфері адміністрування інфраструктурних проєктів та є основою для подальшої розробки математичного забезпечення, наведеного у третьому розділі дисертаційної роботи.

2.3. Розробка підходу до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів

Цей підрозділ присвячено вирішенню завдання забезпечення цілісності даних бізнес-процесів у розподіленій та гетерогенній (різномірній) системі в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів. Для обґрунтування архітектурних принципів інтеграції запропонованої інформаційної технології з існуючими інформаційними системами управління проєктами доцільно проаналізувати можливості використання сучасних методів підтримки прийняття рішень у відповідних функціональних модулях ІСУП.

Складність процесів управління проєктами зумовлена необхідністю опрацювання великих масивів слабоструктурованих даних та наявністю стохастичних факторів. Попри широке впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, процедури підтримки прийняття рішень залишаються критичною ланкою, що вимагає значних обчислювальних та аналітичних ресурсів. Підвищення ефективності ІТ-інфраструктури управління проєктами досягається завдяки алгоритмічній інкорпорації методів оптимізації та підтримки прийняття рішень безпосередньо в цифровому середовищі системи адміністрування інфраструктурними проєктами. Отже, необхідно виявити можливість адаптації до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів таких методів:

1. Метод прийняття рішень на основі даних (МПРнОД). ІС УП можуть аналізувати великі обсяги даних про проєкти та їхні результати, щоб надавати рекомендації та приймати рішення на основі цієї інформації.

Нехай у нас є набір даних $D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$, де x_i – це вхідні ознаки, а y_i – цільові мітки або значення для кожного прикладу. Можна побудувати модель $f(x)$, яка найкращим чином відображає зв'язок між вхідними ознаками x та цільовими значеннями y . Одним з популярних

підходів є лінійна регресія, де модель $f(x)$ представлена у вигляді:

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m, \quad (2.24)$$

де $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ – це параметри моделі, а $x_1, x_2, \dots, x_m$ – вхідні ознаки. Мета полягає в тому, щоб знайти оптимальні значення параметрів β , які найкращим чином апроксимують дані у наборі D . Це може бути досягнуто шляхом мінімізації функції втрат, якої як середньоквадратична помилка, яка визначається як:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2, \quad (2.24)$$

2. Метод оптимізації (МО). Використання математичних моделей та алгоритмів оптимізації для планування ресурсів, графіків проєктів та ухвалення оптимальних рішень з урахуванням обмежень. Одним з варіантів використання цього методу є лінійне програмування. Наприклад, якщо потрібно мінімізувати функцію витрат $C(x)$ за обмеження деякими умовами $g_i(x) \leq b_i$, то задачу можна сформулювати як:

Мінімізувати $C(x) = c^T x$ за умови $Ax \leq b$, де $x \geq 0$

де x – це вектор змінних рішень, c – вектор ваг цих змінних, A – матриця обмежень а b – вектор обмежень.

3. Методи вибору сценаріїв (МВС). Врахування різних сценаріїв розвитку подій та їх впливу на проєкти для ухвалення рішень з урахуванням ризиків. Припустимо, що розглядається два можливих сценарії розвитку подій: S_1 та S_2 . Для кожного сценарію ми можемо мати свої умови та параметри. Наприклад, якщо існує функція вигоди $U(x)$, то можливо сформулювати задачу максимізації або мінімізації цієї функції для кожного зі сценаріїв. Це буде мати наступний вигляд:

Максимізувати $U(x)$ для сценарію S_1

Максимізувати $U(x)$ для сценарію S_2

За яким сценарієм функція вигоди буде більшою, той сценарій потенційно вигідніше використовувати.

4. Методи визначення пріоритетів (МВП). Використання методів визначення пріоритетів, таких як аналіз важливості та відмінності, для визначення найбільш важливих завдань та проєктів.

Наприклад, у матриці прийняття рішень може використовуватись метод аналізу попарних порівнянь і формула для підрахунку важливості або пріоритету рішення у цьому методі може бути визначена як сума вагованих критеріїв:

$$P = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i, \quad (2.27)$$

де ω_i – вага кожного критерію, x_i – значення кожного критерію.

5. Методи балансування ресурсів (МБР). Врахування обмежень ресурсів та їх розподілу між різними проєктами для забезпечення оптимального використання ресурсів. Цей метод також можна описати за допомоги лінійного програмування. Із додаванням мінімізації витрат на ресурс, тоді метод буде мати наступний вид:

$$\text{Мінімізувати } \sum_{i=1}^n c_i x_i \text{ за умови } \sum_{i=1}^n A_{ij} x_i \leq b_j,$$

де c_i – витрати на кожний ресурс, x_i – кількість ресурсів, яку необхідно залучити, A_{ij} – матриця кількості ресурсів для кожного з проєктів та b_j – обмеження ресурсів, які доступні для розподілу. Мета методу полягає в тому, щоб знайти оптимальний розподіл ресурсів x_i , який задовольняє обмеженням ресурсів і мінімізує загальні витрати.

6. Методи мультикритеріального аналізу (ММА). Використання аналізу, що враховує кілька критеріїв прийняття рішень, для вибору оптимальних рішень на основі різних аспектів проєктів. Як варіант цього методу можна розглянути метод попарних порівнянь із використанням вагів кожного критерію та оцінки альтернатив за кожним критерієм.

Для визначення ваг кожного критерію можна використовувати шкалу відношень інтуїтивної важливості:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}}{n}, \quad (2.28)$$

де W_i – вага критерію i , R_{ij} – відносна оцінка критерію i порівняно з

критерієм j , n – кількість критеріїв.

Після визначення ваг кожного критерію, можна розрахувати загальну оцінку для кожної альтернативи:

$$V_i = \sum_{j=1}^m W_j P_{ij}, \quad (2.29)$$

де V_i – загальна оцінка альтернативи i , P_{ij} – оцінка альтернативи i за критерієм j , m – кількість критеріїв.

Ці методи можуть використовуватися окремо або в комбінації для прийняття рішень в ІТ управління інфраструктурними проєктами залежно від конкретних потреб та умов проєкту.



Рисунок 2.4 – Узгодження методів підтримки прийняття рішень із рекомендаційним ядром ІТ

Для підвищення ефективності функціонування інформаційних технологій адміністрування інфраструктурних проєктів доцільним є застосування спеціалізованих методів обробки, аналізу та підтримки прийняття рішень у межах окремих функціональних модулів системи. Використання таких методів дозволяє формалізувати процеси аналізу проєктного середовища, забезпечити обґрунтованість управлінських рішень та підвищити рівень автоматизації бізнес-процесів адміністрування проєктів.

- Методи мультикритеріального аналізу використовуються як концептуальна основа формування інтегральних оцінок альтернативних методологій управління. Конкретні математичні моделі агрегування критеріїв, оцінювання альтернатив та формування рекомендаційного механізму будуть розглянуті у третьому розділі дисертаційної роботи.

- Сценарний аналіз реалізується як альтернативні конфігурації $X'(s)$ з наступною оцінкою $S(s)$ та вибором сценарію з найвищим $Si(s)$ для кожної альтернативи.

- Модуль планування проєктів. Метод вибору сценарію може покращити планування проєкту, аналізуючи доступність ресурсів і зовнішні фактори для створення більш точних планів проєктів. Також може визначати оптимальні терміни проєкту, розподіл ресурсів і критичні шляхи діяльності, зменшуючи помилки планування і підвищуючи передбачуваність проєкту.

- Модуль управління завданнями. Методи визначення пріоритетів можуть автоматизувати призначення завдань, планування та пріоритезацію на основі пріоритетів проєкту, доступності ресурсів і залежностей завдань. Таким чином формування листа завдань (беклогів) у систем типу *Jira* будуть більш автоматизованими і не покладатися на рішення відповідальної особи. Саме ці методи можуть скоротити виконання проєкту за рахунок автоматизації формування листа завдань.

- Модуль управління ресурсами: методи балансування ресурсів зможуть оптимізувати та автоматизувати розподіл ресурсів, аналізуючи вимоги до проєкту, можливості команди та доступність ресурсів, щоб

рекомендувати оптимальний розподіл ресурсів. Ці моделі можуть динамічно контролювати потреби в ресурсах і виявляють потенційні конфлікти ресурсів, дозволяючи керівникам проєктів ефективно розподіляти ресурси та запобігати надмірному або недостатньому використанню. Цей функціонал має вирішальне значення при роботі менеджерів проєктів зі спільними ресурсами.

- Модуль планування: методи ухвалення рішень на основі даних можуть динамічно коригувати розклади проєктів на основі мінливих умов проєкту, доступності ресурсів і зовнішніх залежностей. Але, остаточний контроль все одно буде залишатися за керівником проєкту, оскільки даних може бути недостатньо і метод може обрати некоректне або невірне рішення.

- Модуль бюджетування та управління витратами: методи ухвалення рішень на основі даних аналізують історичні дані проєкту, ринкові тенденції та фінансові показники для створення більш точних бюджетів проєктів та оцінок витрат. Ці методи можуть визначати можливості економії коштів, прогнозують витрати на проєкт і виявляють потенційні перевитрати бюджету, що дозволяє керівникам проєктів ефективніше керувати фінансами проєктів і зменшувати фінансові ризики.

- Модуль управління ризиками: методи ухвалення рішень на основі даних можуть оцінювати технічні ризики проєкту та пом'якшують їх, аналізуючи історичні дані проєкту. Ці методи скоріше за все не зможуть бути використані без додавання штучного інтелекту, у якого база знань буде більше чим у цих методів.

- Модуль керування документами: для даного модуля не дістане жодного покращення при застосування будь-яких методів ухвалення рішення, оскільки цей модуль відповідає за зберігання даних у визначеній проєктній структурі і потенціал додаткового використання методів ухвалення рішень мінімальний або відсутній.

- Модуль комунікації та співпраці: даний модуль представляє собою засіб комунікації і єдине для чого тут може бути використані методи

ухвалення рішень, це пріоритизація повідомлень, але в сучасних модулях така можливість вже присутня. Інші можливості, такі як повідомлення про події чи взаємодія з планом із інтерфейсу чату – також або реалізована або буде реалізована іншими методами (чат-боти, штучний інтелект тощо).

- Модуль звітності та аналітики: застосування розглянутих методів підтримки прийняття рішень має обмежену практичну доцільність.
- Модуль управління якістю: аналогічно попереднім модулям, в даному модулі також немає практичного використання методів прийняття рішень.

Слід наголосити на універсальності методів мультикритеріального аналізу, математичний апарат яких може бути інтегрований у кожен із розглянутих архітектурних модулів. Це зумовлено тим, що раніше описані методи є декомпонованими компонентами або окремими випадками загального класу багатокритеріальних оптимізаційних задач.

Аналіз функціональних можливостей сучасних інформаційних систем управління проєктами показав, що серед типових модулів таких систем відсутні спеціалізовані засоби автоматизованого вибору методології управління проєктом. Саме тому в межах даного дисертаційного дослідження запропоновано розглядати відповідний функціональний компонент як окрему інформаційну систему підтримки прийняття рішень, що може функціонувати як самостійно, так і у складі існуючих інформаційних систем управління проєктами.

Для забезпечення практичної придатності запропонованого рішення передбачено можливість його інтеграції з наявними ІСУП шляхом використання спеціалізованого інтеграційного модуля. Такий модуль забезпечує двосторонній обмін параметрами проєкту, результатами аналітичної обробки та рекомендаціями щодо вибору методології управління. Архітектура інтеграційного компонента базується на принципах сервіс-орієнтованої архітектури (Service-Oriented Architecture, SOA), що забезпечує

незалежність функціонування окремих підсистем та спрощує взаємодію із зовнішніми програмними платформами.

Для забезпечення коректної взаємодії між різнорідними інформаційними системами інтеграційний модуль підтримує механізми узгодження довідників та семантичних моделей даних. З цією метою використовуються таблиці відповідності між зовнішніми та внутрішніми представленнями характеристик проєкту, зокрема таких параметрів, як тривалість проєкту, чисельність команди, функціональний характер проєкту та його галузева належність. У випадку виявлення невідповідностей або відсутності аналогів у внутрішній моделі даних формується відповідний запис журналу подій для подальшого аналізу та коригування.

Додатково разом із результатами аналізу передаються службові атрибути, що містять інформацію про версію бази знань та використані довідники. Це забезпечує відтворюваність результатів розрахунків, підтримку аудиту прийнятих рішень та можливість повторного аналізу в разі оновлення інформаційної бази.

Інтеграційний модуль складається з трьох основних компонентів (рис.2.5):

1. Адаптер вхідних даних, що здійснює отримання та обробку даних із зовнішніх ІСУП;
2. Адаптер вихідних даних, що забезпечує передачу результатів аналізу до зовнішніх ІСУП;
3. Модуль синхронізації, що координує процеси обміну даними та розв'язує колізії.

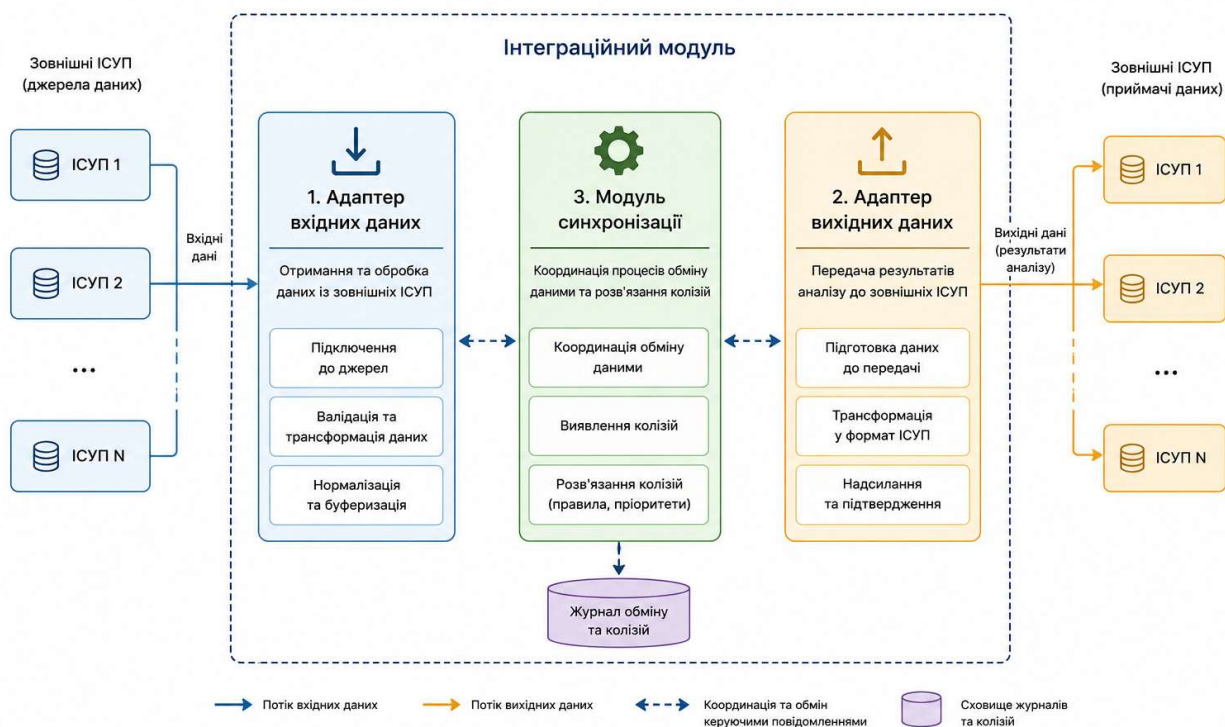


Рисунок 2.5 – Структура інтеграційного модуля

Для формалізації процесу інформаційної взаємодії між розробленою інформаційною технологією та зовнішніми інформаційними системами управління проєктами введемо такі операції обміну даними.

Передача характеристик проєкту до рекомендаційного ядра може бути представлена у вигляді:

$$API_{Receive}(Project_{ID}) = \{Duration, Team\ Size, Nature, Industry\}, \quad (2.30)$$

де $Project_{ID}$ – ідентифікатор проєкту; $Duration$ – тривалість проєкту; $Team$ – розмір команди; $Nature$ – функціональний характер проєкту; $Industry$ – галузева належність.

Після виконання аналізу рекомендаційне ядро формує результат:

$$API_{Send}(Project_{ID}, Recommendation) = \{Method, Score, Rank\}, \quad (2.31)$$

де $Method$ – рекомендована методологія управління; $Score$ – інтегральна оцінка відповідності; $Rank$ – ранжований перелік альтернатив.

Для передачі додаткових пояснювальних параметрів може використовуватися розширений формат повідомлення:

$$API_{Explain}(Project_{ID}) = \{Method, S_i, W, Version\}, \quad (2.32)$$

де S_i – інтегральні оцінки альтернативних методологій; W – вектор вагових коефіцієнтів критеріїв; $Version$ – версія бази знань, використаної під час розрахунків.

Процес узгодження довідників між зовнішньою інформаційною системою та внутрішньою моделлю даних може бути формалізований відображенням

$$Map \{Ext \rightarrow Int\}: X_{ext} \rightarrow X_{int}, \quad (2.33)$$

де X_{ext} – множина параметрів проєкту зовнішньої системи, X_{int} – множина параметрів внутрішньої моделі даних інформаційної технології.

Таке відображення забезпечує коректну інтерпретацію характеристик проєкту незалежно від особливостей реалізації зовнішньої інформаційної системи.

Таблиця 2.3

Протокол обміну даними включає наступні етапи:

Етап	Функція	Опис
Аутентифікація	<i>Verify_API_Key(External_System)</i>	Перевірка прав доступу
Валідація	<i>Check_Data_Format(Incoming_Data)</i>	Перевірка коректності даних
Трансформація	<i>Convert_To_Internal_Format(External_Data)</i>	Конвертація даних
Збереження	<i>Store_External_Parameters(Converted_Data)</i>	Збереження даних для наступної обробки
Обернена трансформація	<i>Convert_To_External_Format(Internal_Data)</i>	Обернена конвертація даних

Для забезпечення надійності інтеграційної взаємодії необхідно дотримуватися вимог щодо узгодженості даних, сумісності версій та регламенту інформаційного обміну між підсистемами.

У випадках використання різних версій моделей даних або баз знань виконується автоматичне узгодження структур даних із використанням механізмів трансформації форматів та семантичного зіставлення атрибутів. Якщо автоматичне перетворення неможливе, система ініціює повторне

виконання розрахунків або формує повідомлення про необхідність втручання адміністратора.

Частота синхронізації даних визначається політиками конкретної організації та може змінюватися залежно від критичності проєкту, інтенсивності оновлення даних та вимог до актуальності результатів аналізу. У разі виникнення конфліктів між різними версіями даних можуть застосовуватися механізми вибору останньої підтвердженої версії або процедури ручного узгодження інформації.

Для забезпечення сумісності із різними класами інформаційних систем управління проєктами можуть використовуватися загальноприйняті стандарти та протоколи інтеграційної взаємодії:

- **REST API** – для взаємодії з веборієнтованими сервісами та хмарними платформами;
- **SOAP** – для інтеграції з корпоративними інформаційними системами, що використовують сервісно-орієнтовані архітектури;
- **JSON** та **XML** – як універсальні формати структурованого представлення даних;
- **OAuth 2.0** – для реалізації механізмів аутентифікації, авторизації та безпечного доступу до інформаційних ресурсів.

Використання зазначених стандартів забезпечує технологічну незалежність запропонованої інформаційної технології та створює передумови для її інтеграції з широким спектром сучасних програмних платформ управління проєктами.

Модель інтеграції забезпечує гнучкість та масштабованість системи, дозволяючи підключати нові ІСУП без значних змін в архітектурі основної системи.

Завдяки інтеграційним можливостям типова ІСУП може мати такий вигляд як на рис. 2.6, а узагальнена схема автономної синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів надана на рис. 2.7.



Рисунок 2.6 – Варіант інтеграції ІТ вибору методології управління інфраструктурними проєктами з ІСУП

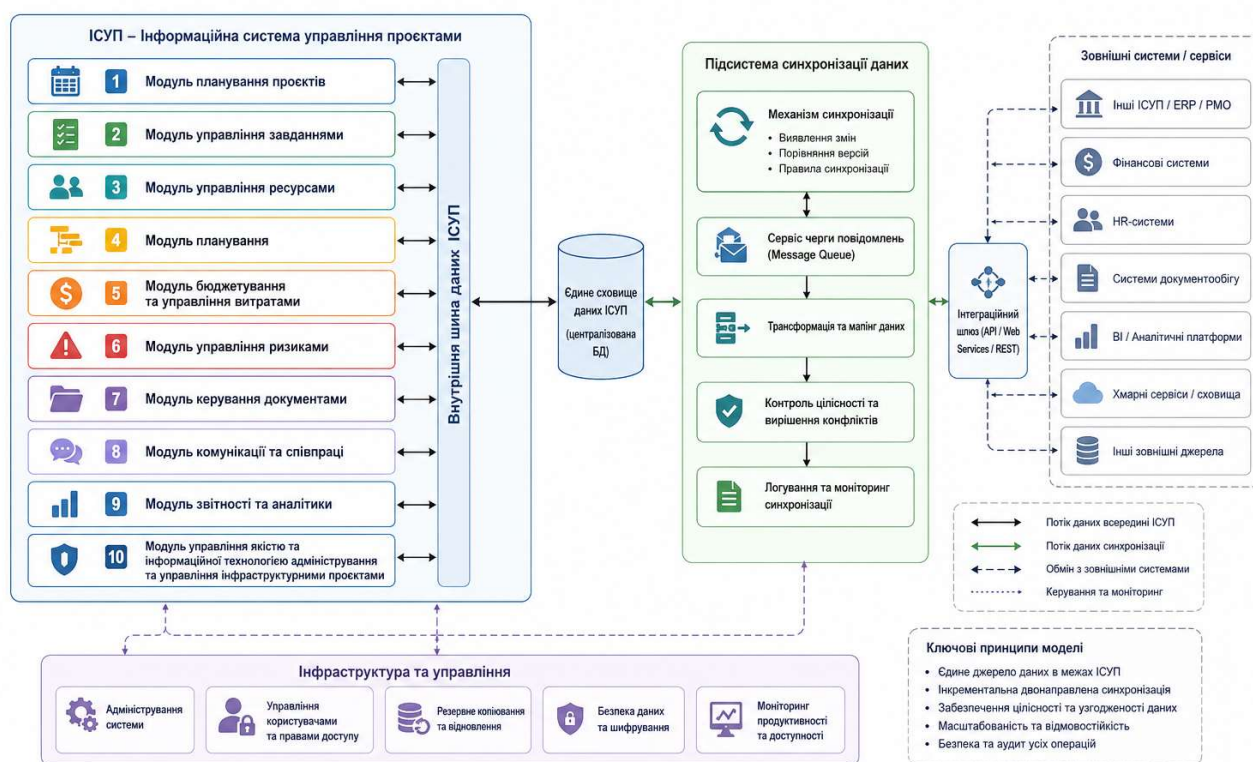


Рисунок 2.7 – Узагальнена схема автономної синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів.

Простежуваність і аудит інтеграції. Усі транзакції $API_Send/API_Receive/Sync(t)$ логуються з фіксацією $Project_ID$, v , часу t та контрольних хешів артефактів (X', W, P, S, R) , що забезпечує відтворюваність рекомендацій і технічний аудит.

Висновки до розділу 2

У другому розділі дисертаційної роботи розроблено теоретико-методологічні засади побудови інформаційної технології адміністрування та управління інфраструктурними проєктами, сформовано концептуальну та структурну моделі системи підтримки прийняття рішень, виконано формалізацію її функціональних компонентів, а також розроблено підхід до

інтеграції та синхронізації даних із зовнішніми інформаційними системами управління проєктами.

Основними результатами розділу є такі:

1. Розроблено концептуальну модель інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами, яка включає модуль інформаційно-аналітичного забезпечення, модуль аналітичного оброблення даних, модуль підтримки прийняття рішень та модуль візуалізації й обґрунтування рішень. Запропонована модель забезпечує формалізоване подання процесів збору, оброблення та використання інформації для формування рекомендацій щодо вибору методології управління.

2. Побудовано структурну модель інформаційної технології та визначено специфікацію інформаційних потоків між її функціональними компонентами. Формалізовано механізми передавання, перетворення та використання інформаційних артефактів, що забезпечує простежуваність процесу прийняття рішень від первинних характеристик проєкту до сформованої рекомендації.

3. Виконано формалізацію основних компонентів інформаційної технології на основі теоретико-множинного підходу. Для кожного функціонального модуля визначено склад елементів, інформаційні зв'язки, функціональні залежності та правила взаємодії, що створює теоретичну основу для подальшої реалізації інформаційної технології.

4. Обґрунтовано доцільність використання методів підтримки прийняття рішень у різних функціональних модулях інформаційних систем управління проєктами. Проведено аналіз можливостей застосування методів прийняття рішень на основі даних, методів оптимізації, сценарного аналізу, методів визначення пріоритетів, балансування ресурсів та мультикритеріального аналізу для підвищення ефективності процесів управління інфраструктурними проєктами.

5. Розроблено підхід до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів, який забезпечує інтеграцію ІТ вибору методології управління інфраструктурними проєктами з існуючими інформаційними системами управління проєктами. Запропоновано архітектуру інтеграційного модуля, визначено механізми двостороннього обміну даними, процедури синхронізації та трансформації параметрів проєкту, а також обґрунтовано використання стандартизованих протоколів взаємодії для забезпечення масштабованості та сумісності систем.

Результати досліджень другого розділу створюють теоретичну основу для розроблення математичних моделей обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту, а також методу комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління.

Результати досліджень четвертого розділу опубліковані в роботах [52], [54], [61], [129], [136].

РОЗДІЛ 3. МЕТОД КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЄКТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ

3.1. Інформаційно-аналітичне забезпечення та системні принципи збору даних

Розроблення методу комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління є науковим завданням для досягнення мети дисертаційної роботи. Застосування зазначеного методу для створення інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів в системі адміністрування інфраструктурними проєктами надасть змогу відповісти на такі питання:

- Які найкращі практики та рекомендації обрати для вибору відповідної методології?
- Чи впливає невідповідність методології управління характеристикам проєкту на ймовірність його невдалого виконання;
- Які фактори ризику найчастіше трансформуються у проблеми під час реалізації інфраструктурних проєктів;
- Яким чином зміна методології під час виконання проєкту впливає на його результат;
- Які параметри проєкту доцільно використовувати для формування рекомендації щодо вибору методології управління

Урахування цих питань дозволить застосувати запропонований метод для подальшого розвитку інформаційних технологій для створення вдосконаленого інструментарію управління інфраструктурними проєктами.

Для розроблення вищезазначеного методу необхідно визначити склад інформаційно-аналітичного забезпечення, який буде використано для оцінювання характеристик проєкту для подальшого формування рекомендацій. Аналіз наукових джерел у першому розділі, сучасних практик управління ІТ-проєктами та рекомендацій міжнародних стандартів

управління проектами для досягнення результатів дисертації надав змогу виокреслити такий склад інформаційно-аналітичне забезпечення.

У межах дослідження було визначено чотири основні параметри:

- тривалість проекту;
- розмір команди проекту;
- функціональний характер проекту;
- галузева належність проекту.

Вибір саме цих параметрів обумовлений тим, що вони безпосередньо впливають на структуру процесів управління, рівень необхідної документації, складність координації команди, ступінь адаптивності до змін та швидкість реалізації проекту.

Для обробки історичних даних про результати реалізації попередніх проектів пропонується використовувати анкетоване онлайн-опитування, яке орієнтоване на ОПР (керівників проектів, проектний менеджмент та ін.). Аудиторія анкетування складається з фахівців з різних галузей з досвідом управління різногалузевими проектами різних масштабів та складності. Опитування поширюється через професійні мережі, що забезпечує релевантність учасників. Зібрані відповіді аналізуються за допомогою статистичних методів для визначення кореляції між результатами проекту та вибором методології.

Для формування якісного інформаційно-аналітичного забезпечення (табл. 3.1-3.5) на етапі первинного збору даних шляхом анкетування (експертного опитування), компоненти інформаційної технології мають задовольняти таким системним вимогам:

1. Структурованість та логічна послідовність даних. Формат представлення запитань повинен мати чітку ієрархічну структуру, що забезпечує послідовну декомпозицію параметрів інфраструктурного проекту – від загальних системних характеристик до специфічних критеріїв вибору методології та очікуваних результатів. Це мінімізує когнітивне навантаження на експерта та знижує рівень шуму в отриманих даних.

2. Гібридність форматів даних (типи запитань). Для забезпечення повноти аналізу інформаційна технологія має підтримувати збір структурованих (кількісних) даних через закриті запитання з фіксованим набором альтернатив (одинарний або множинний вибір), що дозволить застосувати методи статистичного аналізу для обробки даних.

3. Забезпечення цілісності та конфіденційності (безпека даних). Програмні модулі збору інформації повинні підтримувати протоколи деідентифікації та анонізації персональних даних респондентів. Розмежування прав доступу та шифрування відповідей на рівні бази даних є критично важливими для забезпечення об'єктивності експертних оцінок та захисту комерційної таємниці про інфраструктурні проекти.

Таблиця 3.1

Загальні питання про цільові параметри інфраструктурного проекту

Параметр	Відповідь	Варіанти відповідей	Числові значення
Тривалість	Одинарний вибір	Менше року; Рік; 2+ років	1; 2; 3
Розмір команди	Одинарний вибір	Малий (до 10 осіб); Середній (11-50); Великий (50+)	1; 2; 3
Характер	Множинний вибір	KTLO/Підтримка; Інтеграція; Розробка; Інфраструктура; Інше	1; 2; 3; 4; 5
Складність	Одинарний вибір	Простий; Помірний; Складний	1; 2; 3
Галузева належність	Одинарний вибір	Технології; Охорона здоров'я; Роздрібна торгівля; Фінанси; Транспорт; Харчова промисловість та напої; Логістика; Електронна комерція; Освітні технології; Уряд; Нафта і газ; Виробництво; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13
Залучення зацікавлених сторін	Одинарний вибір	Щомісяця; Раз на два тижні; Щотижнево; Двічі на тиждень; Щоденно	1; 2; 3; 4; 5

Опис інформаційно-аналітичного забезпечення табл. 3.1:

1. Тривалість проєкту характеризує часові межі реалізації проєкту та є одним із ключових факторів, що впливають на вибір методології управління. Зі збільшенням тривалості проєкту зростає кількість залежностей між роботами, імовірність зміни вимог, а також ризик виникнення організаційних і ресурсних обмежень. Результати сучасних досліджень підтверджують наявність взаємозв'язку між тривалістю проєкту та ймовірністю відхилення від запланованих строків і бюджету [97], [78], [30].

2. Розмір команди проєкту визначається кількістю учасників команди та відображає рівень організаційної складності управління. Зі збільшенням чисельності команди виникає потреба у більш формалізованих механізмах комунікації, координації та контролю виконання робіт. Вплив масштабу проєкту на ефективність процесів управління відзначається у низці наукових праць та галузевих досліджень [76], [78], [97].

3. Функціональний характер проєкту дозволяє врахувати специфіку виконуваних робіт та особливості реалізації проєкту. Проєкти підтримки сервісів, інтеграції інформаційних систем, розробки програмного забезпечення та модернізації інфраструктури відрізняються рівнем невизначеності, частотою змін вимог і підходами до організації робіт. Відповідно, ефективність використання окремих методологій управління може суттєво відрізнитися залежно від функціонального характеру проєкту [36], [67], [76], [96], [100].

4. Складність проєкту відображає сукупний рівень технологічної, організаційної та управлінської складності реалізації проєкту. До факторів складності належать кількість інтеграцій, залежностей між підсистемами, рівень технологічної новизни, а також наявність нормативних або регуляторних обмежень. Підвищення складності проєкту, як правило, супроводжується зростанням ризиків відхилення від запланованих показників ефективності [78], [97].

5. Галузева належність проєкту характеризує сферу діяльності, в

якій здійснюється його реалізація. Різні галузі мають специфічні вимоги до управління змінами, рівня документування, контролю якості та відповідності нормативним вимогам. Особливо високий рівень регуляторних вимог спостерігається у фінансовому секторі, охороні здоров'я та державному управлінні, що безпосередньо впливає на доцільність застосування окремих методологій управління проєктами [63], [64], [97].

6. Рівень залучення зацікавлених сторін характеризує інтенсивність взаємодії між командою проєкту та його стейкхолдерами. Частота комунікацій впливає на швидкість прийняття рішень, узгодження вимог та своєчасне виявлення потенційних проблем під час реалізації проєкту. Дослідження показують, що активна взаємодія із зацікавленими сторонами сприяє підвищенню успішності реалізації проєктів та зменшенню ризику помилкової інтерпретації вимог [76], [97].

Таблиця 3.2

Питання для опитування щодо команди інфраструктурного проєкту

Питання	Відповідь	Варіанти відповідей	Числові значення
Чи була команда була повністю укомплектована вчасно та в рамках бюджету?	Одинарний вибір	Так; Ні	1;0
Чи були випадки утримання членів команди?	Одинарний вибір	Так; Ні	1;0
Що спричинило затримку щодо вчасного виконання проєкту?	Множинний вибір	Якщо попередня відповідь була «Так») Клієнт; Продуктивність; Пов'язано з особою; Пов'язано з бюджетом; Інше	1;0;0;1;1
Чи всі члени команди відповідали очікуваному стажу роботи?	Одинарний вибір	Так; Ні	1; 0

Опис інформаційно-аналітичного забезпечення табл. 3.2:

1. Своєчасна укомплектованість команди в межах запланованого бюджету є одним із базових чинників успішної реалізації проєкту. Недостатність ресурсів або затримки у формуванні команди можуть негативно впливати на дотримання строків виконання робіт та досягнення очікуваних результатів. Вплив ресурсного забезпечення на результати проєктної діяльності відзначається в численних дослідженнях у сфері управління проєктами [30], [76], [97].

2. Показник утримання членів команди використовується для оцінювання стабільності кадрового складу проєкту. Висока плинність персоналу може призводити до втрати накопиченої експертизи, зниження продуктивності команди та збільшення витрат на передачу знань між учасниками проєкту [78], [97].

3. Аналіз причин затримок виконання проєкту дозволяє визначити основні фактори, які впливають на досягнення запланованих результатів. Отримані дані надають можливість відокремити внутрішні організаційні проблеми від зовнішніх факторів впливу та врахувати їх у подальшому аналізі ефективності управління проєктами [30], [63], [76].

4. Відповідність кваліфікації членів команди очікуваному рівню компетенцій характеризує кадровий потенціал проєкту. Недостатній рівень професійної підготовки може збільшувати ризик виникнення помилок, потребу у додатковому контролі та ймовірність відхилення від запланованих показників проєкту [78], [97].

Таблиця 3.3

Питання для опитування щодо обраної методології управління
проєктами

Питання	Відповідь	Варіанти відповідей	Числові значення
Який підхід до управління проєктами було використано?	Множинний вибір	Scrum; Kanban; Waterfall; Hybrid; Без методології; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6
Чому було обрано саме цей підхід до управління?	Множинний вибір	Наполягання клієнта; Застосовність до проєкту; Знайомство з методологією; Інше	1; 2; 3; 4
Підхід до управління було змінено під час проєкту?	Одинарний вибір	Так; Ні	1; 0
Чому було змінено підхід до управління?	Множинний вибір	(Якщо попередня відповідь була «Так») Зменшити ризики; Клієнт наполягає; Методологія не підходить; Інше	1; 1; 1; 1
Який підхід до управління проєктами була використана після зміни?	Одинарний вибір	(якщо попередня відповідь була «Так») Scrum; Kanban; Waterfall; Hybrid; Без методології; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6

Опис інформаційно-аналітичного забезпечення табл. 3.3:

1. Інформація про використану методологію управління проєктом є основою для подальшого аналізу взаємозв'язку між вибором методології та результатами реалізації проєкту. Отримані дані використовуються для визначення коефіцієнтів успішності окремих методологій управління та формування статистичної бази знань [36], [67], [96].
2. Причини вибору методології дозволяють визначити фактори, які вплинули на прийняття управлінського рішення. Аналіз отриманих відповідей дає можливість оцінити ступінь обґрунтованості вибору методології та виявити вплив організаційних, технічних і зовнішніх факторів на процес прийняття рішень [63], [76], [97].
3. Інформація щодо зміни методології під час реалізації проєкту використовується для визначення випадків невідповідності початково обраного підходу характеристикам проєкту. Отримані результати застосовуються для розрахунку коефіцієнта зміни методології та дослідження його впливу на успішність реалізації проєктів [30], [67], [78].
4. Дані про методологію, яка використовувалася після внесення змін, дозволяють аналізувати найбільш поширені сценарії переходу між методологіями управління та оцінювати їх вплив на кінцеві результати проєктної діяльності [36], [67], [96].

Таблиця 3.4

Питання для опитування щодо результатів успішності проєкту

Питання	Відповідь	Варіанти відповідей	Числові значення
Яким був кінцевий результат проєкту	Одинарний вибір	Доставлено вчасно та в рамках бюджету; Доставлено, але перевищено бюджет або терміни; Не доставлено або не виконано	0; 1; 2
Проблеми з попереднім проєктом були пов'язані з тим, що...	Множинний вибір	Пов'язано з клієнтом; Пов'язано з бюджетом; Пов'язано з проєктною командою; Пов'язано з методологією; Пов'язано з інфраструктурою; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7
Якою мірою підхід до управління проєктами сприяв досягненню результатів минулого проєкту?	Одинарний вибір	Сильно вплинуло; Майже не вплинуло	1; 0

Опис інформаційно-аналітичного забезпечення табл. 3.4:

1. Оцінювання результатів реалізації проєкту є необхідним для визначення рівня його успішності та подальшого аналізу факторів, що вплинули на досягнення або недосягнення поставлених цілей. Отримані дані використовуються для формування показників успішності проєктів та подальшого статистичного аналізу [30], [76], [97].

2. Аналіз причин невдалого виконання проєктів дозволяє ідентифікувати найбільш критичні фактори, які впливають на результат реалізації проєкту. До таких факторів можуть належати проблеми управління вимогами, недостатність ресурсів, неефективна комунікація або невідповідність обраної методології характеристикам проєкту [63], [78], [97].

3. Інформація щодо досягнення цільових показників проєкту

використовується для оцінювання ступеня відповідності отриманих результатів початковим очікуванням замовника та зацікавлених сторін. Даний параметр є одним із ключових індикаторів успішності проєктної діяльності [30], [76].

4. Дані щодо відхилень від планових термінів та бюджету дозволяють оцінити ефективність процесів планування та контролю проєкту, а також визначити взаємозв'язок між характеристиками проєкту та його фактичними результатами [78], [97].

Таблиця 3.5

Питання для опитування щодо наявності ризиків з управління проєктами

Питання	Відповідь	Варіанти відповідей	Числові значення
Чи були ризики заявлені на початку або до початку попереднього проєкту?	Одинарний вибір	Так; Ні	1; 0
були деякі ризики, які перетворилися на проблеми	Одинарний вибір	(Якщо попередня відповідь була «Так») Так; Ні	1; 0
Найпоширеніші ризики, які перетворилися на проблеми	Множинний вибір	Розширення обсягу робіт; Перевищення бюджету; Утримання команди; Нечіткі вимоги; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6
Найпоширеніші ризики, які було пом'якшено	Множинний вибір	Розширення обсягу робіт; Перевищення бюджету; Утримання команди; Нечіткі вимоги; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6
Чи були заявлені ризики для попереднього проєкту	Одинарний вибір	Так; Ні	1; 0
Як часто ці ризики контролювалися	Одинарний вибір	Щомісяця; Раз на два тижні; Щотижня; Двічі на тиждень; Щоденно	1; 2; 3; 4; 5

Опис інформаційно-аналітичного забезпечення табл. 3.5:

1. Інформація про ризики, що були ідентифіковані під час реалізації проєкту, використовується для дослідження впливу ризик-менеджменту на кінцеві результати проєктної діяльності. Аналіз отриманих даних дозволяє визначити найбільш поширені категорії ризиків та оцінити їхній вплив на успішність проєктів [63], [76], [97].

2. Відомості про заходи реагування на ризики дозволяють оцінити ефективність механізмів управління ризиками та визначити, які підходи найчастіше застосовуються для мінімізації негативного впливу ризикових подій [30], [63], [78].

3. Аналіз ризиків, що трансформувалися у проблеми, використовується для оцінювання якості процесів моніторингу та контролю ризиків. Отримані результати дозволяють визначити фактори, які найчастіше призводять до виникнення критичних відхилень під час реалізації проєктів [76], [78], [97].

4. Дані щодо регулярності моніторингу ризиків використовуються для подальшого аналізу взаємозв'язку між активністю процесів ризик-менеджменту та результатами реалізації проєктів. Це дозволяє оцінити ефективність практик управління ризиками в різних категоріях проєктів [63], [76], [97].

Запропонована структура анкетування формує інформаційно-аналітичну основу для подальшого комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів. Отримані дані використовуються для розрахунку коефіцієнтів успішності, показників невдалого виконання проєктів, часток зміни методологій, а також для визначення ризиків, що були усунені або трансформувалися у проблеми під час реалізації проєкту.

3.2. Математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту

У цьому підрозділі сформовано математичний апарат комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів, який є основою обробки даних для методу автоматизованого вибору оптимальної методології управління.

Для забезпечення формалізованого агрегування, аналізу та інтерпретації даних, отриманих у результаті анкетування, математичне забезпечення доцільно подати у вигляді системи взаємопов'язаних розрахункових залежностей, які дозволяють оцінювати характеристики проєктів, визначати статистичні закономірності та формувати вхідні параметри рекомендаційного ядра.

Пропонується коефіцієнт неуспішності проєкту визначати у такій спосіб:

$$P_f = \frac{N_f}{N} \times 100, \quad (3.1)$$

де P_f – коефіцієнт неуспішності проєктів, N_f – кількість невдалих проєктів та N кількість проєктів. До категорії неуспішних належать проєкти, для яких у відповіді на запитання «Який був кінцевий результат проєкту?» було обрано варіанти «Доставлено, але перевищено бюджет або терміни;» або «Не доставлено або не виконано».

Для оцінювання частки успішно реалізованих проєктів використовується коефіцієнт успішності проєкту, який визначається як відношення кількості успішно завершених проєктів до загальної кількості проєктів у вибірці:

$$P_f = \frac{(N - N_f)}{N} \times 100, \quad (3.2)$$

Отримане значення коефіцієнта успішності використовується для подальшого аналізу результативності проєктної діяльності та визначення статистичних характеристик досліджуваної вибірки.

У наукових дослідженнях, присвячених управлінню проєктами [76],

[87], [97], [99], додатково виділяються такі характеристики, як рівень залучення зацікавлених сторін та доступність ресурсів проєкту. З огляду на їх потенційний вплив на результати реалізації проєктів доцільно сформуванати відповідний аналітичний інструментарій для кількісного оцінювання зазначених показників. Формула для залученості зацікавлених сторін виглядатиме так:

$$S_i = \frac{N_t}{N} \times 100, \quad (3.3)$$

де S_i – залученість зацікавлених сторін та N_i – кількість взаємодій, і їх слід об'єднати таким чином: для високого рівня взаємодії слід використовувати відповідь «Щоденно», для низького – «Щомісячно», а для середнього – суму решти відповідей на запитання «Залученість зацікавлених сторін».

Для оцінювання доступності ресурсів використовується інтегральний показник, що формується на основі відповідей на декілька взаємопов'язаних запитань анкети:

$$R_a = \frac{N_{positive}}{N_{Teams}} \times 100, \quad (3.4)$$

де R_a – наявність ресурсів, $N_{positive}$ – кількість позитивних («Так») відповідей на запитання «Команда була повністю укомплектована вчасно та в рамках бюджету», «Були випадки утримання членів команди» та «Усі члени команди мали очікуваний старшинський стаж» у типі Команди. N_{Teams} – кількість відповідей на ці три запитання. Оскільки показник формується на основі трьох окремих запитань анкети, загальна кількість відповідей у знаменнику дорівнює сумарній кількості відповідей на зазначені запитання більшою за N .

Наступна формула використовується для визначення розподілу первинно обраних методологій управління у досліджуваній вибірці проєктів:

$$M_i = \frac{N_i}{N} \times 100, \quad (3.5)$$

де M_i – кожен тип методології з питання «Який підхід до управління проєктами було використано» та N_i – кількість відповідей для кожного типу методології.

Одним із ключових завдань дослідження є перевірка наявності статистичного зв'язку між невдачею проєкту та невідповідністю обраної методології його характеристикам. Для цього використовується коефіцієнт кореляції Пірсона:

$$r = \frac{\Sigma(P_f - P_f^-)(M_f - M_f^-)}{\sqrt{\Sigma(P_f - P_f^-)^2} \times \sqrt{\Sigma(M_f - M_f^-)^2}}, \quad (3.6)$$

де r – коефіцієнт кореляції Пірсона ($r \approx 0.1-0.3$ – слабкий зв'язок; $0.3-0.5$ – помірний; >0.5 – сильний. Знак показує напрям (позитивний – зростання P_f разом з M_f), P_f^- а M_f^- – середні значення відповідних елементів та M_f^- – показник неправильний підхід, який розраховується за наступною формулою:

$$M_f = \frac{N_{Change}}{N_{Methodology}} \times 100, \quad (3.7)$$

де N_{Change} – кількість відповідей «Методологія не підходить» та «Клієнт наполягає» на запитання «Чому було змінено методологію» та $N_{Methodology}$ – загальна кількість відповідей на це запитання.

В результаті коефіцієнт кореляції Пірсона має продемонструвати статистичний зв'язок між невідповідністю обраної методології характеристикам проєкту та результатами його реалізації, і при значенні більше нуля напрямок буде позитивним, що означатиме, що кореляція між цими характеристиками існує.

Для аналізу ризиків, що супроводжували реалізацію проєктів, запропоновано окремо визначати частки усунених та неусунених ризиків. Такий розподіл дозволяє оцінити, які категорії ризиків були ефективно опрацьовані в межах проєкту, а які трансформувалися у фактичні проблеми:

$$R_i = \frac{Rr_i}{N_{Rr}} \times 100, \quad (3.8)$$

де R_i – кожен усунений ризик із запитання «Найпоширеніші ризики, які було пом'якшено», Rr_i – кількість відповідей для кожного усуненого ризику та N_{Rr} – загальна кількість відповідей у запитанні. Аналогічний підхід

використовується для оцінювання частки ризиків, які не були усунені та в подальшому трансформувалися у проблеми під час реалізації проєкту:

$$Rn_i = \frac{Rnr_i}{N_{Rr}} \times 100, \quad (3.9)$$

де Rn_i – кожен неусунений ризик з питання «Найпоширеніші ризики, які були перетворені на проблеми», Rnr_i – кількість відповідей для кожного неусуненого ризику.

Важливим елементом дослідження є визначення статистичного зв'язку між регулярністю моніторингу ризиків та результатами реалізації проєкту. Для цього використовується коефіцієнт кореляції Пірсона, адаптований до порядкової шкали оцінювання частоти моніторингу ризиків. Зазначений показник дозволяє оцінити наявність статистичного зв'язку між регулярністю моніторингу ризиків та результатом реалізації проєкту. Для розрахунку цього значення використовується модифікована форма коефіцієнта кореляції Пірсона, адаптована до порядкової шкали оцінювання частоти моніторингу ризиків:

$$r = \frac{n \sum (R_{mf} - P_o) - \sum R_{mf} \sum P_o}{\sqrt{[n \sum R_{mf}^2 - (\sum R_{mf})^2][n \sum P_o^2 - (\sum P_o)^2]}}, \quad (3.10)$$

де R_{mf} – частота моніторингу ризиків (0 – “щомісяця”, 1 – “раз на два тижні”, 2 – “щотижня”, 3 – “двічі на тиждень”, 4 – “щоденно”), P_o – результат реалізації проєкту та n – кількість спостережень у вибірці.

Після формування інтегрального показника складу команди виконується аналіз його взаємозв'язку з результатами реалізації проєктів. Для цього використовується коефіцієнт кореляції Пірсона, який дозволяє оцінити силу та напрямок статистичного зв'язку між зазначеними показниками. Для подальшого дослідження впливу кадрового забезпечення на результати реалізації проєкту спочатку формується інтегральний показник складу команди, який враховує рівень укомплектованості персоналом, стабільність кадрового складу та відповідність кваліфікації членів команди вимогам проєкту:

$$T_s = S + R + \sum C + E, \quad (3.11)$$

де T_s – бал складу команди, S – статус укомплектованості персоналу, R – статус утримання персоналу, $\sum C$ – сума випадків утримання, а E – очікуване значення старшинства. У цьому випадку максимальне значення T_s не повинно перевищувати 5 для кожного випадку.

Після визначення інтегрального показника складу команди виконується оцінювання його кореляційного зв'язку з результатами реалізації проєктів. Розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$r = \frac{n \sum (T_s - P_o) - \sum T_s \sum P_o}{\sqrt{[n \sum T_s^2 - (\sum T_s)^2][n \sum P_o^2 - (\sum P_o)^2]}}, \quad (3.12)$$

де T_s – бал складу команди, P_o – результат проєкту та n – кількість відповідей.

Наступним етапом аналізу є дослідження взаємозв'язку між рівнем складності проєкту та результатами його реалізації. Для цього використовується коефіцієнт кореляції Пірсона, який дозволяє оцінити силу та напрямок статистичного зв'язку між зазначеними характеристиками:

$$r = \frac{n \sum (P_c - P_o) - \sum P_c \sum P_o}{\sqrt{[n \sum P_c^2 - (\sum P_c)^2][n \sum P_o^2 - (\sum P_o)^2]}}, \quad (3.13)$$

де P_c – складність проєкту, P_o – результат проєкту та n – кількість відповідей.

Для оцінювання впливу галузевої належності проєкту на результати його реалізації використовується показник галузевої успішності, який визначається як частка успішно завершених проєктів у межах відповідної галузі:

$$I_{si} = \frac{P_{fi}}{I_i} \times 100, \quad (3.14)$$

де I_{si} – коефіцієнт успішності в конкретній галузі та I_i – кількість представників конкретної галузі у відповідях на анкету.

Наявність галузевих категорій із незначною кількістю спостережень або відсутністю достатніх статистичних даних створює обмеження для коректної інтерпретації результатів. У таких випадках отримані значення можуть бути чутливими до впливу окремих спостережень та не повною

мірою відображати реальні закономірності. Тому під час формування узагальнених висновків щодо впливу галузевої належності проєкту доцільно враховувати репрезентативність вибірки та достатність статистичних даних.

3.3. Метод автоматизованого вибору оптимальної методології управління в системі адміністрування інфраструктурними проєктами

Одним із ключових завдань сучасних систем адміністрування інфраструктурними проєктами є забезпечення обґрунтованого вибору методології управління ще до початку реалізації проєкту. Як було встановлено в попередніх розділах дослідження, хибний вибір методології може призводити до перевищення бюджету, затримок реалізації, зниження ефективності використання ресурсів та збільшення кількості ризиків. Особливо критичною ця проблема є для інфраструктурних ІТ-проєктів, які характеризуються високим рівнем складності, великою кількістю інтеграцій та значним впливом на безперервність бізнес-процесів.

Існуючі інформаційні системи управління проєктами забезпечують автоматизацію процесів планування, моніторингу та контролю виконання робіт, однак у більшості випадків не підтримують механізмів інтелектуального вибору методології управління залежно від характеристик проєкту. У практичній діяльності організацій вибір методології часто здійснюється на основі попереднього досвіду менеджерів або корпоративних стандартів, що не завжди забезпечує ефективність реалізації проєкту.

У зв'язку з цим у межах даного дослідження запропоновано метод автоматизованого вибору методології управління в системі адміністрування інфраструктурними проєктами. Метод базується на комплексному аналізі характеристик проєкту, використанні історичних даних щодо успішності реалізації попередніх проєктів та розрахунку інтегральної оцінки доцільності використання певної методології.

Основною метою запропонованого методу є формування рекомендації щодо найбільш доцільної методології управління для конкретного

інфраструктурного проєкту на основі набору параметрів, отриманих від користувача через інтерфейс інформаційної системи.

Для забезпечення роботи запропонованого методу формується компактний набір вхідних параметрів, отримання яких здійснюється шляхом анкетування користувача. Визначені параметри забезпечують формування достатньої інформаційної основи для подальшого розрахунку показників моделі та вибору методології управління. Перелік параметрів сформовано на основі аналізу наукових джерел [3], [5], [45], [73], сучасних практик управління IT-проєктами та результатів власного дослідження, проведеного в межах даної дисертаційної роботи.

До основних параметрів належать: тривалість проєкту; розмір проєкту; функціональний характер проєкту; галузева належність проєкту.

Використання обмеженої кількості параметрів дозволяє спростити процес взаємодії користувача із системою та мінімізувати час, необхідний для формування рекомендації. Водночас обрані параметри мають суттєвий вплив на ефективність використання певної методології управління.

Тривалість проєкту характеризує часові рамки реалізації та впливає на доцільність використання гнучких або класичних моделей управління. Короткотривалі проєкти часто потребують високої швидкості виконання та адаптивності, тоді як довготривалі інфраструктурні проєкти вимагають детального планування та підвищеного рівня контролю.

Розмір команди проєкту визначається кількістю учасників команди та рівнем організаційної складності. Великі проєкти зазвичай потребують більш формалізованих процесів управління, документування та координації між підрозділами.

Функціональний характер проєкту дозволяє враховувати специфіку реалізації. Наприклад, проєкти підтримки сервісів (KTLO) мають інші вимоги до управління порівняно з проєктами інтеграції, розробки програмного забезпечення або модернізації інфраструктури.

Галузева належність проекту також впливає на вибір методології. У деяких сферах, таких як фінанси, охорона здоров'я або державний сектор, існують підвищені вимоги до документації, контролю змін та відповідності нормативним стандартам.

Таблиця 3.6

Вхідні параметри методу автоматизованого вибору методології та їх нормалізовані значення

Питання	Відповідь	Варіанти відповідей	Числові значення
Тривалість проекту (P_d)	Одинарний вибір	Менше року; Рік; 2+ років	1; 2; 3
Розмір команди проекту (P_s)	Одинарний вибір	Малий (до 10 осіб); Середній (11-50); Великий (50+)	1; 2; 3
Функціональний характер проекту (P_n)	Одинарний вибір	KTLO/Підтримка; Інтеграція; Розробка; Інфраструктура; Інше	1; 2; 3; 4; 5
Галузева належність проекту (P_{ind})	Одинарний вибір	Технології; Охорона здоров'я; Роздрібна торгівля; Фінанси; Транспорт; Харчова промисловість та напої; Логістика; Електронна комерція; Освітні технології; Уряд; Нафта і газ; Виробництво; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13

Після отримання відповідей користувача та їх перетворення у нормалізовані значення виконується послідовний розрахунок показників, що формують математичну основу запропонованого методу автоматизованого вибору методології управління:

$$P = \max \sum_{i=1}^5 M_i \cdot P_d \cdot P_s \cdot P_n \cdot P_{ind}, \quad (3.15)$$

де P – інтегральна оцінка доцільності використання методології управління для конкретного проекту; M_i – коефіцієнт успішності i -ої методології; P_d – ймовірність успішності залежно від тривалості проекту; P_s – ймовірність успішності залежно від розміру проекту; P_n – ймовірність успішності залежно від функціонального характеру проекту; P_{ind} – ймовірність успішності залежно від галузевої належності проекту.

Коефіцієнт успішності методології можна розрахувати за допомогою наступної формули:

$$M_i = \frac{P_{success}}{P_{all} \cdot (1 - CR)}, \quad (3.16)$$

де $P_{success}$ – кількість успішних проєктів з i -методологією, P_{all} – усі проєкти з i -методологією, а CR – коефіцієнт зміни методології, який характеризує частку проєктів, у межах яких початкова методологія була змінена під час виконання проєкту, який розраховується за такою формулою:

$$CR = \frac{P_{change}}{P_{success}}, \quad (3.17)$$

де P_{change} – кількість проєктів зі i зміненою методологією.

База історичних даних може містити нерівномірно представлені категорії проєктів або обмежену кількість спостережень для окремих комбінацій параметрів. За таких умов пряме використання статистичних частот може призводити до появи нульових значень імовірностей та спотворення результатів оцінювання. Для усунення зазначеного недоліку у запропонованому методі використовується згладжування Лапласа, яке забезпечує коректність розрахунків навіть для малопредставлених категорій проєктів та підвищує стійкість моделі до неповноти історичних даних.

Ймовірність для окремого параметра визначається так:

$$P(X_j) = \frac{N_j + \alpha}{N + \alpha k}, \quad (3.18)$$

де: N_j – кількість успішних проєктів із відповідним значенням параметра; N – загальна кількість успішних проєктів; α – коефіцієнт згладжування Лапласа; k – кількість можливих значень параметра.

Для тривалості проєкту значення $k=3$, оскільки параметр має три категорії: менше року, один рік, два роки і більше. Для розміру проєкту також використовується $k=3$, що відповідає категоріям малий, середній та великий проєкт. Для функціонального характеру проєкту використовується $k=5$, оскільки визначено п'ять категорій: KTLO/підтримка, інтеграція, розробка, інфраструктура та інше. Для галузевої належності проєкту

використовується $k=13$, що відповідає кількості галузових категорій, визначених у межах дослідження.

Використання згладжування Лапласа є особливо важливим для інфраструктурних ІТ-проектів, оскільки окремі категорії проектів можуть зустрічатися відносно рідко, а відсутність статистичних даних не повинна призводити до виключення певної методології з аналізу.

Для визначення ймовірностей успішної реалізації проектів залежно від окремих характеристик використовуються спеціалізовані розрахункові залежності, адаптовані до кожної групи параметрів. Формула для визначення ймовірності тривалості проекту буде наступною:

$$P_{d_j} = \frac{P_{success_j} + \alpha}{\sum_{i=1}^5 P_{success_i} + j \cdot \alpha}, \quad (3.19)$$

де P_{d_j} – значення j для тривалості проекту відповідно до значень у даних (іншими словами, ймовірність тривалості проекту 1 рік, менше року, 2+ років), $P_{success_j}$ – кількість успішних проектів із заданим значенням j , а α – згладжування Лапласа, у цьому випадку воно дорівнює 1. У випадку параметра тривалості кількість можливих категорій становить $k = 3$.

$$P_{s_j} = \frac{P_{success_j} + \alpha}{\sum_{i=1}^5 P_{success_i} + j \cdot \alpha}, \quad (3.20)$$

де P_{s_j} – значення j для розміру команди проекту відповідно до значень у даних (малий, середній, великий). У цьому випадку j дорівнює 3.

$$P_{n_j} = \frac{P_{success_j} + \alpha}{\sum_{i=1}^5 P_{success_i} + j \cdot \alpha}, \quad (3.21)$$

де P_{n_j} – j -те значення функціонального характеру проекту відповідно до визначених категорій: *KTLO*/підтримка, інтеграція, розробка, інфраструктура, інше. У цьому випадку $j = 5$.

$$P_{ind_j} = \frac{P_{success_j} + \alpha}{\sum_{i=1}^5 P_{success_i} + j \cdot \alpha}, \quad (3.22)$$

де P_{ind_j} – значення j для галузевої належності проекту відповідно до визначених у дослідженні галузових категорій. У цьому випадку $j = 13$.

Основою запропонованого методу є визначення інтегральної оцінки доцільності застосування певної методології управління для конкретного інфраструктурного проєкту на основі статистичних характеристик історичних даних. Для цього використовується інтегральна модель оцінювання, яка враховує статистичні характеристики попередніх проєктів.

Імовірність успішного використання методології визначається відповідно до формул (3.15) – (3.22). Базова модель враховує статистичні показники успішності попередніх проєктів, а також значення окремих характеристик проєкту.

Для кожної методології виконується розрахунок інтегрального показника на основі:

- коефіцієнта успішності методології;
- кількості успішно реалізованих проєктів;
- кількості проєктів зі зміною методології;
- статистичних значень параметрів проєкту;
- нормалізованих характеристик проєкту.

Використання такого розрахунку дозволяє враховувати одночасний вплив декількох характеристик проєкту на ефективність використання методології.

Запропонований метод реалізується у вигляді послідовності взаємопов'язаних етапів, представлених на рис. 3.1.

На першому етапі виконується збір характеристик проєкту. Користувач через інтерфейс системи вводить основні параметри проєкту, включаючи тривалість, розмір, характер та галузь реалізації. Отримані дані формують первинний набір параметрів для подальшого аналізу. На цьому ж етапі виконується перетворення текстових відповідей користувача у числові значення відповідно до попередньо визначених категорій. Це забезпечує уніфікацію даних та створює основу для подальшого використання математичних моделей.

На другому етапі виконується формування критеріїв оцінювання. Для кожної методології система формує набір характеристик, що включає коефіцієнт успішності методології M_i , коефіцієнт зміни методології CR , а також ймовірності успішної реалізації проєкту залежно від тривалості P_d , розміру команди P_s , функціонального характеру P_n та галузевої належності P_{ind} , які використовуються для визначення рівня відповідності методології конкретному проєкту.

Третій етап передбачає розрахунок статистичних показників та ймовірнісних характеристик P_d, P_s, P_n, P_{ind} необхідних для визначення інтегральної оцінки методологій управління. Значення визначаються на основі статистичних даних, результатів аналізу попередніх проєктів та експертних оцінок. Використання цих показників дозволяє враховувати різний рівень впливу параметрів на ефективність використання методологій. На цьому етапі система використовує формули (3.15)–(3.22) для обчислення статистичних показників та ймовірностей, пов'язаних із характеристиками проєкту. Зокрема, виконується розрахунок коефіцієнта успішності методології, коефіцієнта корекції та ймовірностей для окремих параметрів проєкту із застосуванням згладжування Лапласа. Отримані результати використовуються для формування інтегрального показника ефективності методології. Використання даного підходу дозволяє враховувати вплив декількох параметрів проєкту одночасно та мінімізувати ризик отримання некоректних результатів у випадках недостатньої кількості історичних даних для окремих категорій проєктів.

Четвертий етап включає ранжування альтернатив. Після завершення розрахунків система виконує сортування методологій за рівнем інтегральної оцінки та визначає найбільш доцільний варіант за максимальним значенням інтегральної оцінки P , розрахованої відповідно до формули (3.15). На завершальному етапі користувачу надається результат роботи підсистеми, який включає рекомендовану методологію, ранжований перелік альтернатив та допоміжну аналітичну інформацію.

Представлена на рис. 3.1 схема демонструє взаємозв'язок між етапами збору даних, математичної обробки параметрів та формування рекомендацій. Кожен етап методу безпосередньо пов'язаний із відповідними математичними моделями та формулами, наведеними у підрозділі 3.2.

Етап нормалізації параметрів забезпечує підготовку даних для використання у формулах (3.19)–(3.22), етап формування критеріїв оцінювання використовується для побудови матриці відповідності (3.23), тоді як остаточне визначення рекомендованої методології виконується на основі інтегральної оцінки, розрахованої відповідно до формули (3.15). Аналіз чутливості, представлений у завершальній частині алгоритму, реалізується за допомогою формул (3.25)–(3.28).

Одним із ключових елементів запропонованого методу є матриця відповідності, яка використовується для порівняння характеристик проєкту з особливостями різних методологій управління. Формування матриці відповідності дозволяє забезпечити структуроване оцінювання альтернатив та виконати ранжування методологій відповідно до параметрів конкретного інфраструктурного проєкту.

Матриця відповідності формується після завершення етапів збору та нормалізації параметрів проєкту. На цьому етапі система використовує отримані характеристики проєкту та статистичні показники історичних даних для оцінювання рівня відповідності кожної методології встановленим критеріям.

У межах запропонованого методу матриця відповідності виконує роль проміжного аналітичного інструмента, який поєднує нормалізовані параметри проєкту, статистичні характеристики історичних даних та критерії оцінювання методологій. Це дозволяє перейти від окремих часткових показників до узагальненої інтегральної оцінки відповідності методології характеристикам конкретного проєкту.

У загальному вигляді матриця відповідності може бути представлена як:

$$R = \{r_{ij}\}, \quad (3.23)$$

де r_{ij} – оцінка відповідності методології i критерію j .

Рядки матриці відповідають окремим методологіям управління, а стовпці – критеріям оцінювання або характеристикам проєкту. Значення елементів матриці визначають ступінь відповідності конкретної методології певному параметру проєкту.

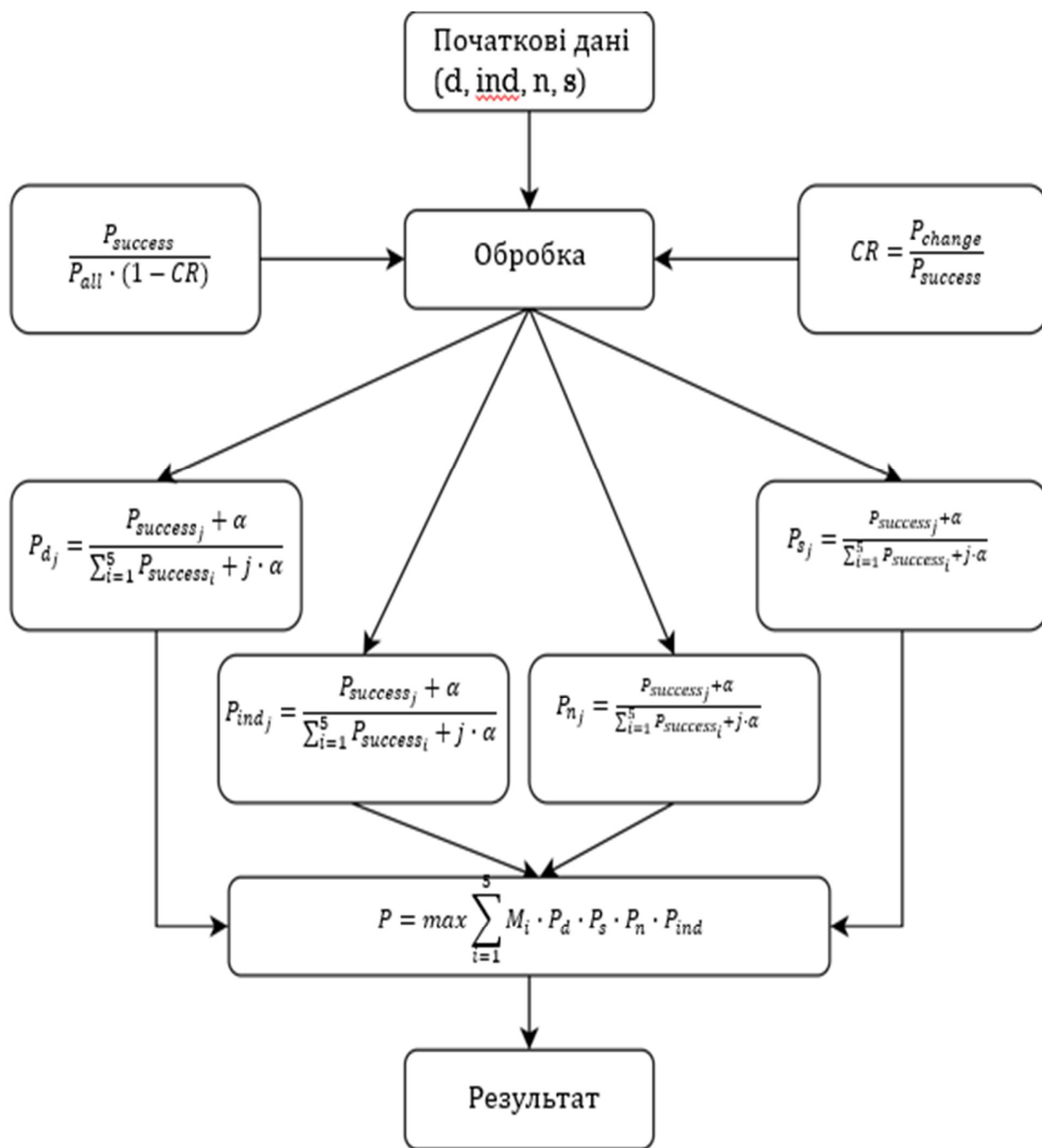


Рисунок 3.1 – Блок-схема методу автоматизованого вибору методології інфраструктурного проєкту

Для розрахунку інтегральної оцінки використовується вагова модель:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot r_{ij}, \quad (3.24)$$

де S_i – інтегральна оцінка методології; ω_j – коефіцієнт критерію; r_{ij} – оцінка відповідності методології критерію; n – кількість критеріїв оцінювання.

Використання вагових коефіцієнтів дозволяє враховувати різний рівень впливу окремих характеристик проєкту на ефективність використання методології.

Після формування матриці відповідності система виконує розрахунок інтегральних показників для всіх альтернативних методологій. Отримані значення використовуються для подальшого ранжування та визначення методології з найбільшим рівнем відповідності характеристикам проєкту.

Результати інтегрального оцінювання використовуються не лише для ранжування альтернативних методологій, а й для подальшого аналізу стабільності отриманих результатів. У випадках, коли інтегральні оцінки декількох методологій мають близькі значення, виникає необхідність додаткової перевірки достовірності рекомендацій.

Саме з цією метою у структурі запропонованого методу передбачено етап аналізу чутливості, який дозволяє оцінити вплив зміни параметрів проєкту або вагових коефіцієнтів критеріїв на кінцевий результат вибору методології.

Аналіз чутливості виконується після розрахунку інтегральних оцінок методологій та використовується як додатковий механізм перевірки стійкості рекомендаційного ядра. Його основною метою є визначення того, наскільки зміна окремих характеристик проєкту або вагових коефіцієнтів впливає на результати ранжування методологій.

У загальному вигляді функцію аналізу чутливості можна представити як:

$$SA = f(X', W, R, S), \quad (3.25)$$

де SA – результат аналізу чутливості; X' – нормалізований вектор параметрів проєкту; W – вектор коефіцієнту критеріїв; R – матриця відповідності; S – вектор інтегральних оцінок методологій.

Для оцінювання впливу окремого критерію використовується зміна інтегральної оцінки методології при варіюванні вагового коефіцієнта:

$$\Delta S_i = S_i' - S_i, \quad (3.26)$$

де ΔS_i – зміна інтегральної оцінки методології; S_i – початкове значення інтегральної оцінки; S_i' – інтегральна оцінка після зміни параметра або критерію.

Оновлене значення інтегральної оцінки визначається за формулою:

$$S_i' = \sum_{j=1}^n (w_j + \Delta w_j) \times r_{ij}, \quad (3.27)$$

де Δw_j – зміна коефіцієнта критерію; r_{ij} – значення відповідності методології критерію.

Для оцінювання рівня стабільності результату може використовуватись коефіцієнт чутливості:

$$K_{sens} = \frac{|\Delta S_i|}{S_i}, \quad (3.28)$$

де K_{sens} – коефіцієнт чутливості результату; $|\Delta S_i|$ – абсолютне відхилення інтегральної оцінки; S_i – базове значення інтегральної оцінки.

Низькі значення коефіцієнта чутливості свідчать про стабільність рекомендації системи навіть при зміні окремих параметрів або вагових коефіцієнтів. Високі значення, навпаки, вказують на значну залежність результату від конкретних характеристик проєкту.

Аналіз чутливості не є обов'язковим етапом роботи рекомендаційного ядра та виконується за потреби додаткової перевірки стійкості отриманих результатів. Його застосування доцільне у випадках, коли інтегральні оцінки декількох методологій мають близькі значення або коли необхідно визначити ступінь впливу окремих параметрів проєкту на кінцеву рекомендацію. У межах запропонованого методу аналіз чутливості використовується для:

- перевірки стабільності результатів ранжування;

- виявлення критичних критеріїв оцінювання;
- оцінювання надійності рекомендацій;
- формування альтернативних сценаріїв вибору методології.

Таким чином, аналіз чутливості є додатковим інструментом перевірки стійкості результатів роботи рекомендаційного ядра. Його використання дозволяє визначити, наскільки кінцева рекомендація залежить від зміни окремих параметрів проєкту або вагових коефіцієнтів критеріїв, а також підвищити обґрунтованість та достовірність процесу прийняття рішень щодо вибору методології управління інфраструктурним проєктом в умовах невизначеності та обмеженості історичних даних.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі дисертаційної роботи розроблено метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління, сформовано інформаційно-аналітичне та математичне забезпечення обробки історичних даних, а також запропоновано рекомендаційний механізм підтримки прийняття рішень у системі адміністрування інфраструктурними проєктами.

Основними науковими результатами розділу є такі:

1. Розроблено інформаційно-аналітичне забезпечення методу автоматизованого вибору методології управління, яке базується на використанні структурованого анкетування для збору історичних даних про реалізовані проєкти. Визначено систему параметрів, що характеризують інфраструктурний проєкт, зокрема тривалість реалізації, розмір команди, функціональний характер, складність, галузеву належність, рівень залучення зацікавлених сторін, особливості кадрового забезпечення, характеристики ризиків та результати реалізації проєкту. Сформовано вимоги до структури даних, їх цілісності, конфіденційності та придатності для подальшої статистичної обробки.

2. Розроблено математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту, які враховують включає систему формалізованих показників для оцінювання успішності проєктів, доступності ресурсів, рівня залучення зацікавлених сторін, ефективності управління ризиками, частоти зміни методологій та галузевих особливостей реалізації проєктів. Запропоновано використання коефіцієнтів успішності та неуспішності проєктів, кореляційного аналізу на основі коефіцієнта Пірсона та системи статистичних показників, що дозволяють кількісно оцінювати взаємозв'язок між характеристиками проєкту та результатами його реалізації.

3. Запропоновано метод автоматизованого вибору методології управління в системі адміністрування інфраструктурними проєктами, який ґрунтується на використанні історичних даних щодо успішності реалізації попередніх проєктів та комплексному врахуванні характеристик нового проєкту. Метод дозволяє визначати інтегральну оцінку доцільності застосування альтернативних методологій управління та сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо вибору найбільш ефективного підходу для конкретного проєктного середовища.

4. Удосконалено механізм оцінювання відповідності методології характеристикам інфраструктурного проєкту шляхом використання ймовірнісної моделі з елементами статистичного навчання. Для підвищення стійкості результатів в умовах неповноти історичних даних застосовано згладжування Лапласа, що дозволяє коректно враховувати малопредставлені категорії проєктів та мінімізувати вплив статистичних перекосів вибірки на кінцеву рекомендацію.

5. Розроблено структурно-функціональну модель рекомендаційного ядра, яка включає процедури нормалізації вхідних параметрів, формування матриці відповідності, розрахунку інтегральних оцінок альтернативних методологій, ранжування результатів та аналізу чутливості. Запропонований підхід забезпечує можливість оцінювання стійкості отриманих рекомендацій, визначення критичних факторів впливу та підвищення достовірності процесу

підтримки прийняття рішень щодо вибору методології управління інфраструктурними проєктами.

Результати досліджень третього розділу опубліковані в роботах [52], [61], [129], [134].

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1. Структуризація системних вимог та обґрунтування вибору програмно-технологічної платформи

4.1.1. Декомпозиція вимог та цільових обмежень

Доцільно сформувати комплексну систему вимог та цільових обмежень для проведення експериментальних досліджень щодо апробації інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проектами за такими критеріями, як: доступність, масштабованість, кросплатформність, мінімізація витрат та відповідність міжнародним регуляторним нормам (зокрема GDPR). Запропоноване структурування вимог на рівні бізнес-вимог, функціональних та нефункціональних вимог на три ключові рівні дозволяє чітко простежити зв'язок між стратегічними цілями управління інфраструктурою та програмною архітектурою розробленої ІТ.

Концепція функціонування розробленої ІТ базується на принципах оперативності обробки даних та орієнтованості на кінцевого користувача. Функціональний цикл системи включає етап ініціалізації (авторизація та запуск), етап збору вихідних даних – анкетування щодо параметрів проєкту) та етап формування вихідних результатів – генерація рекомендацій стосовно оптимального вибору методології управління проектами. Завдяки врахуванню індивідуального профілю інфраструктурного проєкту, система забезпечує менеджерів експертною підтримкою, адаптованою під специфічні критерії та обмеження аналізованого процес.

Базова архітектура інформаційної системи містить реляційну базу даних, призначену для зберігання результатів експертного анкетування, попередньо сформованих досвідченими керівниками проєктів. Застосування математичного апарату, обґрунтованого у розділі 2, дозволяє системі підвищити точність генерації рекомендацій щодо вибору ефективних методологій управління.

Сучасні архітектурні вимоги зумовлюють необхідність забезпечення кросплатформності інформаційної системи (функціонування у вигляді веб-додатка та мобільного застосунка під керуванням провідних операційних систем). З огляду на тенденцію до інтенсифікації використання мобільних пристроїв у контурі проєктного менеджменту, реалізовано принцип уніфікації користувацьких інтерфейсів (UI/UX). Це гарантує безперервність функціонального циклу та збереження повноти людино-машинної взаємодії під час міграції користувача між різними типами апаратних платформ.

Визначений обсяг функціональних параметрів є достатнім для переходу до стадії логічного проєктування системи. Водночас системний аналіз архітектурних специфікацій свідчить про те, що покриття бізнес-вимог виключно функціональними компонентами є неповним. Це обумовлює необхідність виділення та формалізації окремого класу нефункціональних вимог (надійності, швидкодії, безпеки тощо). Несвоєчасне врахування нефункціональних критеріїв на ранніх етапах життєвого циклу ІТ-проєктів створює ризики архітектурних колізій та може критично знизити ефективність функціонування системи на етапі розгортання.

З огляду на гнучкий підхід до розробки складного програмного забезпечення та наявність контурів зворотного зв'язку в архітектурі системи, сформований набір вимог позиціонується як специфікація для розробки інформаційної системи підтримки прийняття рішень.

З урахуванням викладених вимог, проведено їх декомпозицію за трьома категоріями:

1. бізнес-вимоги (табл. 4.1),
2. функціональні (табл. 4.2),
3. нефункціональні вимоги (табл. 4.3).

Таблиця 4.1

Бізнес-вимоги до ІТ

Назва	Опис	Обґрунтування
Доступність для великої аудиторії	ІТ має бути доступною для широкого загалу без додаткових витрат для обмежень на країни	Забезпечення можливості використання інформаційної технології широким колом керівників проєктів незалежно від галузі діяльності та географічного розташування
Управління витратами	Витрати на розробку та операційні витрати повинні бути максимально низькими	Мінімізація витрат на розроблення, впровадження та експлуатацію інформаційної технології за відсутності комерційної моделі монетизації
Репрезентативний вигляд та поведінка	ІТ має відповідати високим стандартам якості, надійності та пропонувати якісний користувацький досвід	Забезпечення високого рівня довіри до інформаційної технології з боку керівників проєктів шляхом дотримання вимог щодо якості, надійності та зручності використання
Легке масштабування	ІТ має бути розроблена з урахуванням росту кількості користувачів даних	Забезпечення можливості масштабування інформаційної технології відповідно до зростання кількості користувачів та обсягів даних без необхідності суттєвого перегляду архітектурних рішень
Відповідність вимогам	ІТ має відповідати вимогам GDPR та аналогам	Забезпечення відповідності міжнародним нормативним вимогам щодо захисту персональних даних та можливості використання інформаційної технології в міжнародному середовищі
Крос-платформеність	У ІТ має бути однаковий дизайн для Android та iOS та можливість продовження активності на іншій платформі	Забезпечення уніфікованого користувацького досвіду незалежно від типу пристрою та версії операційної системи
Зворотний зв'язок	ІТ має мати зворотний зв'язок для вдосконалення користувацького досвіду	Забезпечення можливості збору пропозицій та зауважень користувачів для подальшого вдосконалення функціональних можливостей системи.
Веб-інтерфейс	В майбутньому ІТ має мати можливість праці через Веб-інтерфейс без вагомих витрат	Забезпечення можливості використання інформаційної технології через веб-інтерфейс з метою підвищення доступності та зручності взаємодії користувачів із системою

Таблиця 4.2

Функціональні вимоги до ІТ

Назва	Опис	Обґрунтування
Реєстрація користувачів та логін	Можливість створити акаунт та зайти в інформаційну систему	Забезпечення реєстрації користувачів та автентифікації доступу до функціональних можливостей інформаційної системи
Заповнення опитувальника	Можливість заповнити опитувальник	Забезпечення введення параметрів проекту шляхом заповнення структурованого електронного опитувальника
База даних	ІТ має доступ до БД для зберігання історичних даних	Наявність централізованого сховища історичних даних є необхідною умовою функціонування рекомендаційного механізму та накопичення статистичної бази знань
Збереження у реальному часі	ІТ має мати можливість збереження прогресу в заповненні опитувальника в реальному або близькому до реального часі	Реалізація даної функції безпосередньо впливає із сформованих бізнес-вимог щодо доступності та безперервності функціонування інформаційної технології
Локальна база даних	Локальна БД необхідна для збереження інформації у випадку якщо користувач стане офлайн	Забезпечення безперервності процесу введення даних незалежно від наявності мережевого з'єднання
Прийняття рішення	Модуль ІТ, який інтерпретує вхідні дані користувача із збереженими даними	Забезпечення реалізації механізму підтримки прийняття рішень на основі поєднання поточних параметрів проекту та накопичених історичних даних
Рекомендації	Інформаційна система, після заповнення опитувальника повинна надати рекомендації	Забезпечення автоматизованого формування рекомендацій щодо вибору методології управління проектом на основі результатів аналізу введених параметрів
Видалення даних користувача	Інформаційна система має мати засоби контролю для ідентифікації даних користувача та можливості їх гранулярного видалення	Забезпечення відповідності вимогам GDPR та інших нормативно-правових актів у сфері захисту персональних даних шляхом надання користувачам можливості контролю та видалення власної інформації
Функціонал зворотного зв'язку	Можливість залишати зворотній зв'язок	Реалізація механізму збору пропозицій та зауважень користувачів забезпечує можливість подальшого вдосконалення інформаційної технології

Таблиця 4.3

Нефункціональні вимоги до ІТ

Назва	Опис	Обґрунтування
Легке масштабування системи	ІТ має працювати з кількістю користувачів яка постійно збільшується	Забезпечення стабільного функціонування інформаційної технології при збільшенні навантаження та кількості користувачів
Швидкодія застосунку	ІТ має реагувати у відповідь на дії користувача в режимі реального або близько до реального часу	Забезпечення оперативної взаємодії користувача із системою та мінімізація часу відгуку при виконанні основних функціональних операцій
Безпека даних	Дані користувачів повинні бути захищені від несанкціонованого доступу	Для захисту приватності та відповідності регулятивним нормам
Операційна надійність	ІТ має бути постійно доступна і мати мінімальний час на простій	Забезпечення безперервної доступності сервісів та підвищення рівня задоволеності користувачів
Керованість	ІТ має бути легкою в управлінні та оновленні	Мінімізація складності адміністрування та супроводу програмно-технічної інфраструктури
Сумісність з пристроями	ІТ має бути сумісною з великою кількістю пристроїв та версій операційних систем	Забезпечення доступності інформаційної технології для максимально широкого кола користувачів незалежно від типу пристрою та версії операційної системи
Крос-платформна функціональність	ІТ має бути доступною на ОС <i>Android</i> та <i>iOS</i>	Забезпечення можливості використання інформаційної технології на різних мобільних платформах із збереженням однакової функціональності
Цілісність користувацького інтерфейсу	ІТ має мати однаковий користувацький інтерфейс на різних ОС	Забезпечення єдиного підходу до організації користувацького інтерфейсу незалежно від програмно-апаратного середовища експлуатації
Єдина база коду	Для підтримки низької вартості та однакового інтерфейсу на різних ОС	Мінімізація витрат на супровід і розвиток програмного забезпечення шляхом використання єдиної кодової бази для всіх підтримуваних платформ
Ефективність витрат	Вартість розробки та операційні витрати повинні бути мінімальними	Забезпечення економічної доцільності впровадження та експлуатації інформаційної технології шляхом оптимізації витрат на розроблення, підтримку та масштабування системи

Наведена структуризація у табл. 4.1– 4.3 слугує основою для подальшого архітектурного проектування інформаційної системи та гарантує врахування всіх визначальних чинників її ефективного функціонування. Бізнес-вимоги задають рамкові цілі та обмеження, які транслуються у функціональні й нефункціональні вимоги, знижуючи ризики відхилень у ході реалізації.

Варто зазначити, що на етапі передпроектного аналізу специфічні часові обмеження, такі як директивні терміни завершення розробки чи фіксовані календарні графіки, свідомо винесені за межі архітектурного моделювання. Врахування таких параметрів потребує залучення додаткового математичного апарату для оцінювання трудомісткості розрахунку людиногодин та калькуляції фінансово-економічних витрат, що становить предмет окремого дослідження. Фокусування уваги в межах цієї роботи спрямовано безпосередньо на декомпозицію та формалізацію системних вимог, що дозволяє уникнути зміщення наукового акценту на операційну діяльність менеджменту.

Сформований комплекс вимог орієнтований на забезпечення базового функціоналу, необхідного для досягнення цільових результатів впровадження ІТ. Значна частина функціональних специфікацій безпосередньо детермінована верхньорівневими бізнес-потребами (зокрема, архітектурною необхідністю інтеграції модуля зворотного зв'язку користувачів для забезпечення адаптивності системи).

Слід зважати на те, що певні позиції бізнес та нефункціональних вимог мають зони взаємного перетину. Відповідно до методологій системної інженерії, у роботі реалізовано повне декомпозирування бізнес-цілей на взаємопов'язані підмножини функціональних та нефункціональних вимог. Такий підхід забезпечує наскрізну простежуваність (traceability) протягом усього життєвого циклу створення ІТ, що спрощує процедури валідації та верифікації відповідності розробленої ІТ поставленим вимогам ефективності.

4.1.2. Обґрунтування вибору програмно-технологічного стеку

Після формалізації бізнес, функціональних та нефункціональних вимог до розроблюваної ІТ критично важливим етапом є обґрунтування її архітектурного та програмно-технологічного стеку. З огляду на сформовані критерії кросплатформності та гнучкості, обраний інструментарій має забезпечувати формування єдиної кодової бази, підтримувати уніфікацію користувацького графічного інтерфейсу (UI/UX) в різних операційних системах (Android, iOS) та середовищах (Web), а також гарантувати мінімізацію витрат на розробку й супровід програмного забезпечення. Крім того, вагомим чинником є рівень зрілості технології, масштабність розробницької спільноти та наявність готових модулів для повторного використання, що безпосередньо впливає на надійність і швидкість розгортання системи.

Серед існуючих інструментальних засобів кросплатформної розробки зазначеним критеріям найбільшою мірою відповідають фреймворки React Native та Flutter [18]. Альтернативні рішення (такі як Xamarin або Ionic) у межах цього дослідження не розглядалися через нижчі показники продуктивності рендерингу та обмежені можливості кастомізації інтерфейсу для складних інфраструктурних систем.

З метою прийняття обґрунтованого архітектурного рішення проведено порівняльний аналіз сильних і слабких сторін Flutter та React Native на основі їхніх функціонально-технічних характеристик (табл. 4.4.)

Таблиця 4.4

Порівняння фреймворків для мобільного застосунку реалізації ІТ

Назва	Переваги	Недоліки
Flutter	Підтримка розроблення єдиної кодової бази для мобільних та веб-платформ	Сформовані виконувані файли застосунків характеризуються більшим обсягом у порівнянні з аналогічними нативними реалізаціями
	Висока продуктивність відображення інтерфейсів та підтримка складних графічних компонентів	Використання спеціалізованої мови програмування Dart обмежує можливості повторного використання наявних компетенцій розробників у суміжних програмних проєктах
	Значний рівень підтримки з боку розробницької спільноти та компанії Google	Менший рівень зрілості екосистеми порівняно з <i>React Native</i>
	Забезпечується нативна інтеграція з екосистемою Firebase та сервісами Google Cloud	
React Native	Забезпечується використання єдиної кодової бази для мобільних платформ із обмеженою підтримкою веб-середовища	Продуктивність графічного інтерфейсу може бути нижчою порівняно з Flutter при реалізації складних візуальних компонентів та анімацій
	Використання поширених мов програмування JavaScript та TypeScript спрощує залучення розробників і підтримку проєкту	Формування користувацького інтерфейсу значною мірою залежить від використання нативних компонентів цільової платформи
	Інтеграція з сервісами Firebase реалізується за допомогою офіційних програмних інтерфейсів (SDK)	Для реалізації розширеного функціоналу потребує активного використання сторонніх бібліотек та додаткових програмних компонентів
	Наявна велика міжнародна спільнота розробників та значний обсяг технічної документації	Взаємодія з нативними компонентами операційної системи здійснюється через спеціалізований механізм програмного мосту, що може впливати на продуктивність окремих операцій

За результатами детального аналізу архітектурних особливостей, специфіки компіляції та можливостей інтеграції з хмарними сервісами, як базовий програмний фреймворк для реалізації клієнтської частини ІТ було обрано Flutter. Дане рішення обумовлене його здатністю забезпечувати високу швидкість роботи графічного інтерфейсу за рахунок власного рушія рендерингу (Skia/Impeller), гарантувати повну ідентичність візуальних компонентів на платформах Android/iOS/Web, а також наявністю безшовної нативної інтеграції з сучасними хмарними екосистемами.

Проведений порівняльний аналіз свідчить про високу конвергенцію базових функціональних можливостей, переваг та недоліків обох досліджуваних фреймворків. Проте суттєвою архітектурною перевагою Flutter є спроможність забезпечення автентичної єдиної кодової бази не лише для мобільних платформ, а й для вебзастосунків (Web-клієнтів), тоді як у React Native підтримка вебсередовища потребує залучення додаткових інструментальних засобів і сторонніх бібліотек, що ускладнює архітектуру системи. Паралельно з вибором клієнтського інструментарію проаналізовано сервіси серверної інфраструктури, серед яких виділяється платформа Firebase (Google). Зазначене рішення є комплексною BaaS-платформою (Backend-as-a-Service), яка надає уніфікований спектр послуг для підтримки повного життєвого циклу програмного забезпечення, включаючи хмарну серверну інфраструктуру, інструменти аналітики та модулі взаємодії з користувачами. Вагомим чинником на користь використання Firebase, що повністю задовольняє визначеним бізнес-вимогам та нефункціональним специфікаціям щодо мінімізації витрат, є наявність безкоштовного базового тарифного плану (Spark Plan) для розгортання та тестування прототипів інформаційних систем. З огляду на те, що Flutter гарантує вищий рівень узгодженості кросплатформного графічного інтерфейсу безпосередньо «із коробки» (завдяки власному рушію рендерингу) та має зрілу нативну інтеграцію з сервісами Google, використання зв'язки «Flutter – Firebase» визначено як пріоритетне для реалізації першої ітерації проєкту. Проте, з метою

верифікації обраного інфраструктурного рішення та дотримання принципу об'єктивності, проведено системне порівняння Firebase з альтернативними хмарними платформами за критеріями функціональної повноти, вартості масштабування та наявності додаткових системних переваг.

4.1.3. Обґрунтування вибору хмарної інфраструктури

Одночасно із вибором клієнтського фреймворку розв'язано задачу визначення оптимальної архітектури серверної (хмарної) інфраструктури. Для цього проведено багатокритеріальний порівняльний аналіз провідних Cloud-платформ: Firebase (Google), App Service (Azure) та Amplify (AWS). Кожна з цих платформ забезпечує безпеку та підтримку корпоративного рівня, що дозволяє проводити зважене порівняння на основі зазначених конкретних вимог. Оцінювання альтернатив здійснювалося за такими цільовими атрибутами:

1. динамічність автомасштабування обчислювальних ресурсів;
2. рівень нативної підтримки та сумісності з фреймворком Flutter;
3. наявність та швидкодія баз даних реального часу (Real-time Database);
4. зрілість та інтегрованість внутрішньої екосистеми сервісів (автентифікація, аналітика, хмарні функції);
5. прозорість та прогнозованість ціноутворення;
6. простота конфігурування та адміністрування інфраструктури.

Для об'єктивного порівняльного аналізу та типізації хмарних платформ для кожного цільового атрибута визначено присвоєно коефіцієнт вагомості, а оцінювання характеристик постачальників послуг здійснено за шкалою від 0 (мінімальне значення) до 5 (максимальне значення) балів. Такий підхід дозволив формалізувати процедуру вибору хмарного провайдера. Результати багатокритеріального зваженого оцінювання зведено в табл. 4.6.

Отримані результати підтверджують доцільність використання платформи Google Firebase як базового інфраструктурного рішення для

серверної частини розроблюваної СППР. Проте критично важливим аспектом архітектурного проектування, який потребує окремого розгляду, є організація конвеєра безперервної інтеграції та розгортання (CI/CD-конвеєра) та хостингу репозиторію кодової бази.

Таблиця 4.6

Порівняння хмарних платформ для інформаційної системи

N	Хмарна платформа	Google (Firebase)	Microsoft Azure (App service)	Amazon Web Services (Amplify)
1.	Авто масштабування	5	5	5
2.	Підтримка та сумісність з фреймворком Flutter	5	0	5
3.	База даних в реальному часі	5	5	5
4.	Додаткові компоненти	5	2	2
5.	Зрозумілість ціноутворення	4	3	2
6.	Спрощене налаштування	5	4	3
	Разом:	29	19	17

Незважаючи на те, що всі аналізовані хмарні провайдери пропонують інструменти для управління вихідним кодом та віртуалізації збірок, платформи Google Cloud та Amazon Web Services (AWS) орієнтовані переважно на комерційні моделі використання цих сервісів. Натомість екосистема Microsoft пропонує спеціалізований інструментарій Azure DevOps, який забезпечує розширені можливості автоматизації на безкоштовній основі в межах базових лімітів (Free Tier). Функціональні ліміти безкоштовного рівня Azure DevOps включають надання однієї віртуальної машини для виконання автоматизованих збірок (Build Agent), 2

ГБ дискового простору для артефактів та репозиторію, а також 1800 хвилин обчислювального часу на місяць для процесів компіляції та тестування.

4.2. Архітектурно-програмна реалізація компонентів інформаційної технології

На основі запропонованої концептуальної моделі інформаційної технології вибору методології управління інфраструктурними проєктами розроблено структурну модель інформаційної технології (рис. 4.1).

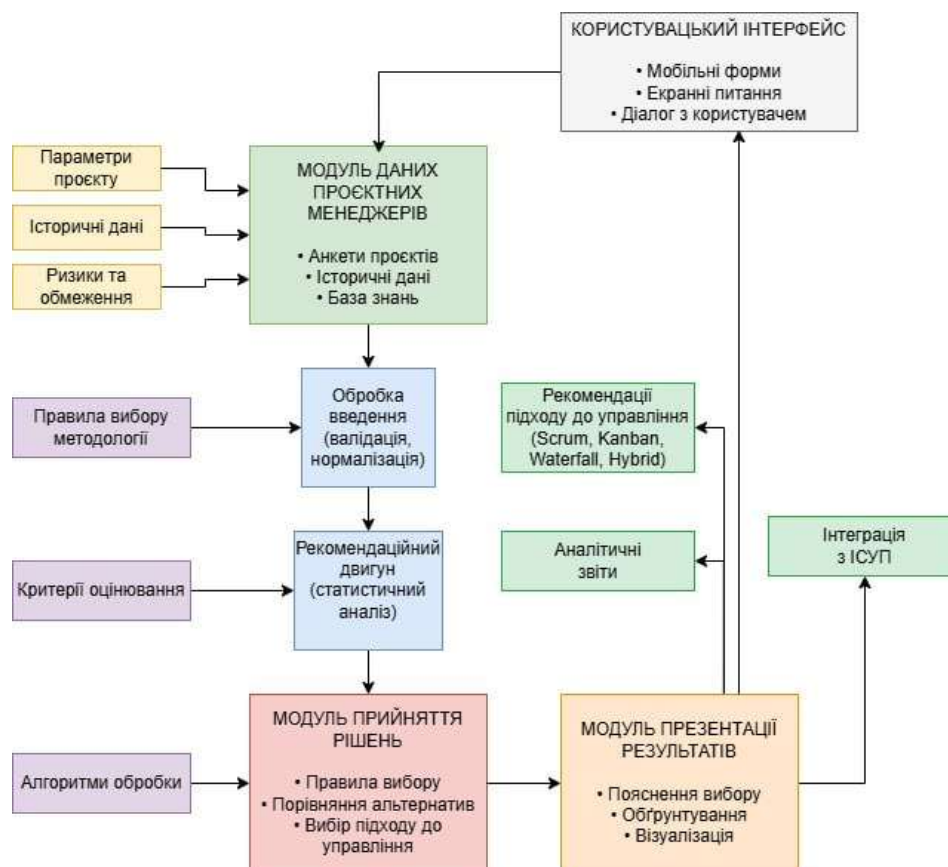


Рисунок 4.1 – Структурна модель інформаційної технології

Функціональна логіка взаємодії компонентів та топологія потоків даних у розробленій ІТ підпорядкованій дворівневій архітектурній схемі (рис. 4.1). Процес трансформації інформації та міжмодульної взаємодії реалізується в межах таких послідовних контурів:

1. Рівень клієнтської ініціалізації (Клієнтський контур): На базі мобільного або вебклієнта здійснюється первинний збір даних через модуль інтерфейсного анкетування, реалізується логіка автономного офлайн функціонування системи та забезпечується формування вихідного нормалізованого вектора ознак проєкту X' .

2. Рівень агрегації та збереження даних (інфраструктурний контур): Згенерований нормалізований вектор ознак проєкту X' транслюються до нереляційного сховища даних – хмарної БД Firestore/Realtime Database (RTDB). На цьому рівні забезпечується синхронізація системних довідників, акумуляція історичних та зберігання динамічних параметрів математичної моделі.

3. Рівень обчислення даних (аналітичний контур): Тригери бази даних активують ізольовані хмарні мікросервіси Cloud Functions, які виконують роль рекомендаційного ядра системи. У межах цього модуля, на основі математичних залежностей (3.15), (3.18)–(3.22), здійснюється розрахунок інтегральних оцінок P для кожної потенційної методології управління з урахуванням вагових коефіцієнтів та специфічних обмежень проєкту.

4. Рівень візуалізації результатів (інтерфейсний контур): Розраховані предиктивні вектори рішень передаються до модуля візуалізації користувацького інтерфейсу, який забезпечує кінцевого менеджера обґрунтованою рекомендацією щодо вибору методології та логічним експертним поясненням прийнятого рішення.

З огляду на встановлений у вимогах ітераційний регламент оновлення програмного забезпечення (із прогнозованою частотою релізів один раз на тиждень), визначений обсяг ресурсів (1800 хвилин) повністю покриває потреби розробки без ризику перевищення квот.

Таким чином, обґрунтовано доцільність розробки гібридної архітектури ІТ, де функції BaaS покладено на Google Firebase, а процеси CI/CD та управління життєвим циклом кодової бази – на інфраструктуру

Azure DevOps, що дозволяє мінімізувати загальні витрати без втрати продуктивності та надійності системи. Інфраструктура Google Cloud підтримує ефективні операції бекенду, тоді як Firebase розширює систему важливими функціями, такими як БД у режимі реального часу, автентифікація користувачів, обробка даних бекендом за допомогою хмарних функцій та інструменти аналітики для відстеження залученості та продуктивності користувачів (рис 4.2).

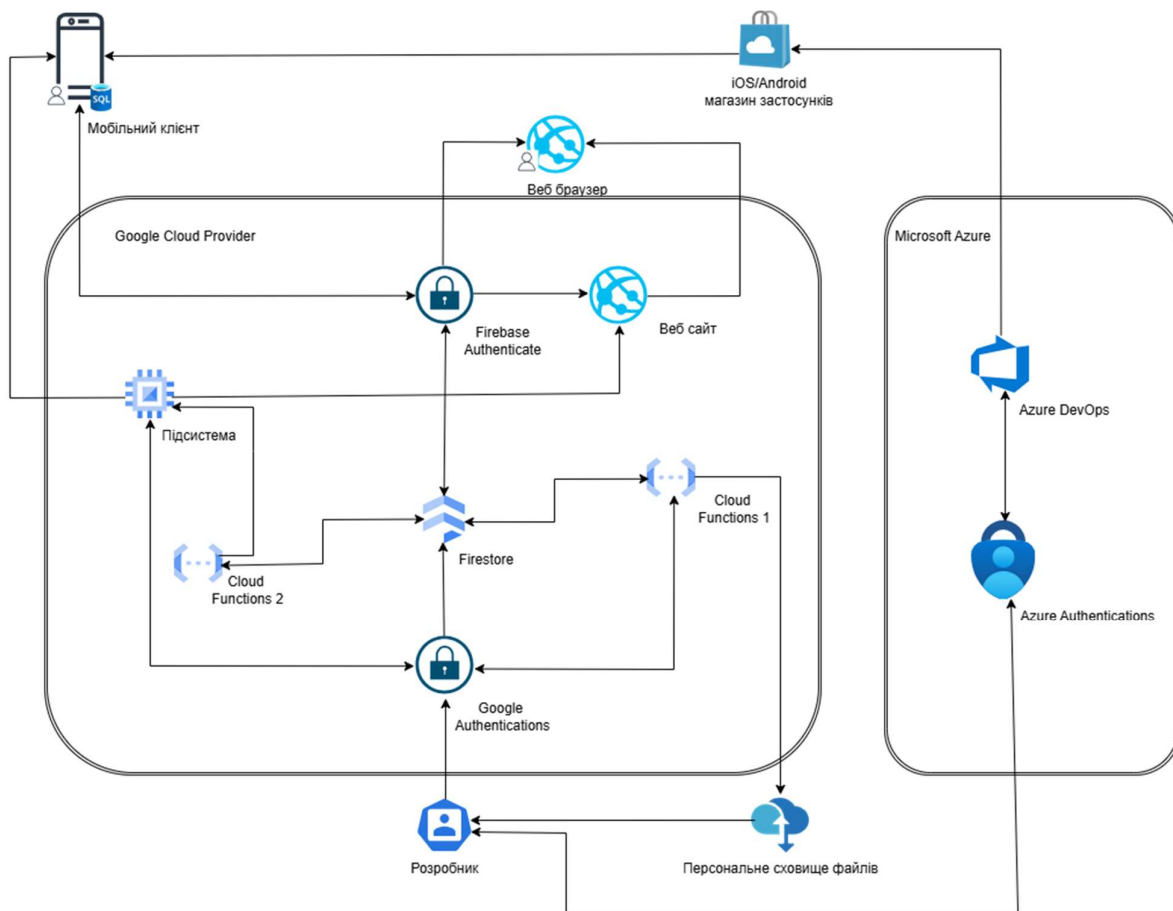


Рисунок 4.2 – Архітектурна компонентів системи

З метою деталізації структурних компонентів, наведених на схемі високорівневої архітектури (рис. 4.2), виконано декомпозицію та системний аналіз її елементів. Попри концептуальну лінійність архітектурної побудови системи, процес її практичної реалізації зумовлює низку додаткових інфраструктурних та експлуатаційних обмежень. Зокрема, інтеграція

хмарних мікросервісів Cloud Functions як обчислювального ядра передбачає комерційну модель тарифікації (Pay-as-you-go) після перевищення базових квот безкоштовного використання. Даний чинник виступає певним архітектурним обмеженням, оскільки решта компонентів розробленого інфраструктурного стеку функціонують у межах безкоштовних тарифних планів (Free Tier). Проте, оскільки сформований набір нефункціональних вимог не містить критичного обмеження щодо абсолютної відсутності витрат на супровід, використання Cloud Functions визначено як економічно доцільне та технічно обґрунтоване рішення, що є визначальним для забезпечення повноти базового аналітичного функціоналу системи:

- Клієнтський застосунок, реалізований на базі Flutter із використанням локальної SQL-бази даних, забезпечує автономне функціонування системи, підтримку офлайн-заповнення анкет, збереження стану користувацьких сесій та автоматичну синхронізацію даних після відновлення мережевого з'єднання.
- Компонент Firebase Authentication забезпечує автентифікацію користувачів, реалізацію механізмів керування доступом до персональних даних та підтримку багатфакторної автентифікації.
- Підсистема зберігання та аналітичної обробки даних забезпечує централізоване накопичення історичних даних про проекти та результатів роботи рекомендаційного ядра.
- Хмарна база даних Firestore/RTDB використовується для централізованого зберігання історичних даних про проекти, нормативно-довідкової інформації, результатів розрахунків рекомендаційного ядра та параметрів математичної моделі
- Компонент Cloud Functions 1 реалізує процеси ETL-обробки даних зворотного зв'язку користувачів, забезпечує їх агрегацію, попередню обробку та передачу до централізованого сховища для подальшого аналітичного опрацювання.

- Компонент Cloud Functions 2 реалізує рекомендаційне ядро інформаційної технології та забезпечує обчислення інтегральних показників відповідно до математичних моделей, наведених у розділі 3.
- Платформа Azure DevOps забезпечує реалізацію процесів безперервної інтеграції та безперервного розгортання програмного забезпечення, автоматизацію складання мобільних застосунків і контроль версій вихідного коду.
- Компонент Firebase Hosting забезпечує розгортання вебверсії інформаційної технології та захищений доступ до інтерфейсу користувача з використанням криптографічних протоколів TLS.

Приклад інтерфейсу та коду даної інформаційної системи представлено в Додатку Г

Таблиця 4.7

Відповідність елементів архітектури до компонентів системи

Компонент архітектури	Опис	Функція	Вимоги/обмеження
Мобільний клієнт (Flutter) + локальна SQL-БД	Клієнтський застосунок із локальним сховищем даних для підтримки автономного режиму роботи	Введення параметрів проєкту, локальне кешування даних, підтримка автономного режиму роботи та синхронізація інформації з хмарним сховищем	Забезпечення належного рівня користувацького досвіду, продуктивності інтерфейсу та сумісності з різними типами пристроїв
Firebase Authentication	Підсистема автентифікації користувачів	Автентифікація користувачів, керування правами доступу та підтримка механізмів багатофакторної автентифікації	Забезпечення захисту персональних даних користувачів, контролю доступу та ведення журналів подій безпеки
Firestore/RTDB	Хмарне сховище даних	Зберігання результатів анкетування, історичних даних про проєкти, централізованих довідників та результатів роботи рекомендаційного ядра	Забезпечення масштабованого зберігання даних та підтримка узгодженості інформаційних ресурсів
Cloud Functions 1	Підсистема обробки та агрегації даних зворотного зв'язку користувачів	Агрегація, попередня обробка та передавання даних зворотного зв'язку для подальшого аналітичного опрацювання	Відповідність вимогам щодо вартості експлуатації та рівня доступності сервісу
Cloud Functions 2	Підсистема аналітичного оцінювання та формування рекомендацій	Розрахунок параметрів M_i , CR , P_d , P_s , P_n , P_{ind}	Забезпечення необхідного рівня надійності та прийняттого часу реакції системи
Hosting	Підсистема розгортання вебверсії інформаційної технології	Забезпечення захищеного доступу користувачів до вебінтерфейсу із використанням протоколів TLS	Забезпечення безперервного та захищеного доступу користувачів до вебверсії інформаційної технології
Azure DevOps	Платформа автоматизації життєвого циклу програмного забезпечення	Автоматизоване складання, тестування та розгортання програмного забезпечення	Контроль версій програмного забезпечення та автоматизація процесів складання і розгортання

4.2.1. Архітектура баз даних та механізми автономної синхронізації

З метою підвищення відмовостійкості системи, архітектуру бази даних (БД) оптимізовано шляхом розділення оперативних і аналітичних даних, хмарної централізації довідників та локального дублювання ключових сутностей. Логіка роботи адаптивного механізму синхронізації базується на принципах транзакційного передавання даних після відновлення зв'язку, ідемпотентності обробки операцій (вирішення конфліктів за правилом «останній запис з вищою версією/міткою часу») та наскрізної простежуваності версій анкет і рекомендацій. Організація розподілених баз даних надана на рис. 4.3.

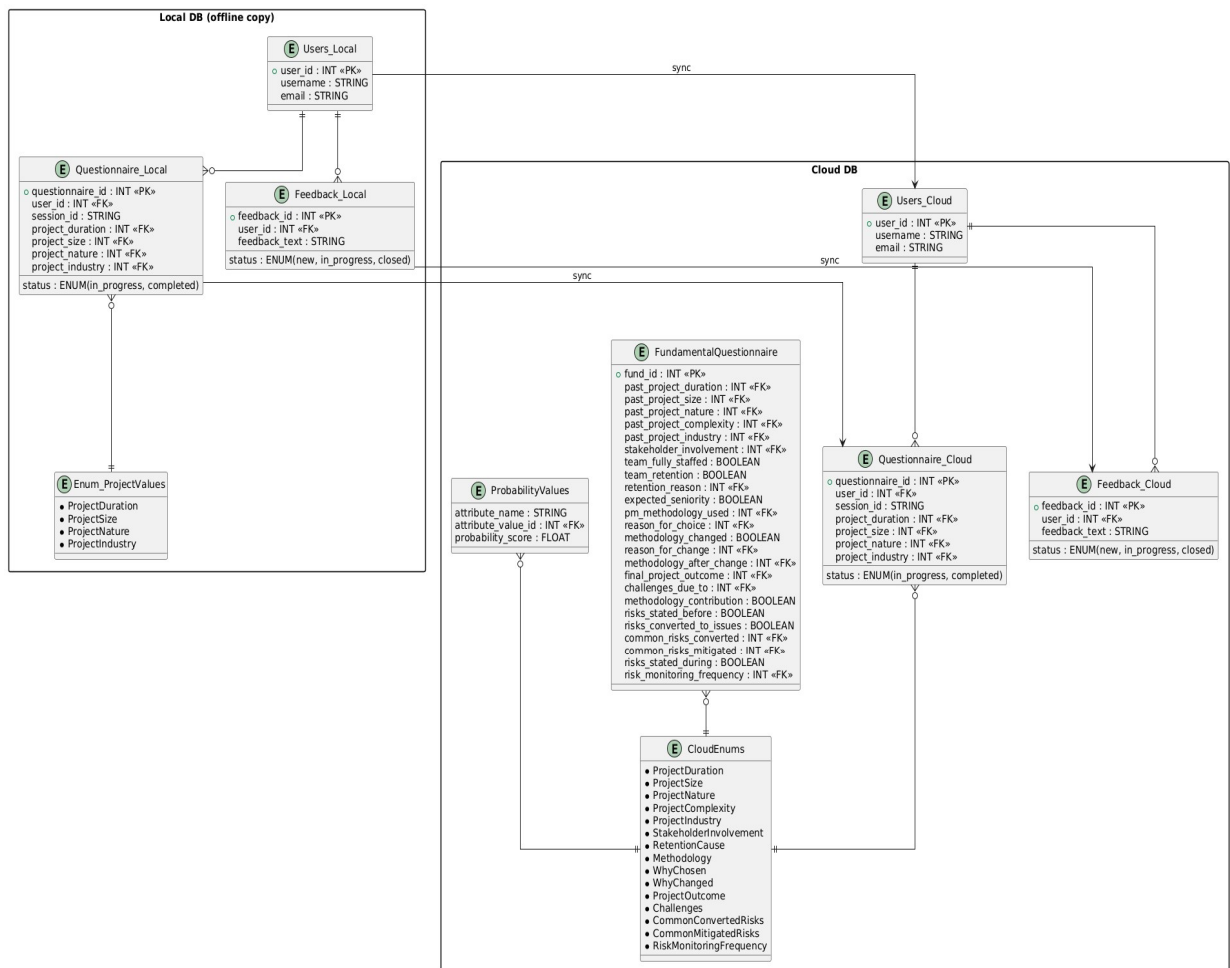


Рисунок 4.3 – Організація розподілених баз даних

Таблиця 4.8

Матриця довідників бази даних

	PK	FK	Enum Reference	Notes / Relationships
Local Database				
Users_Local	user_id	-	-	Partial/offline copy of cloud users
Feedback_Local	feedback_id	user_id → Users_Local.user_id	status: enum(new, in_progress, closed)	Only user's own feedback
Questionnaire_Local	questionnaire_id	user_id → Users_Local.user_id	project_duration, project_size, project_nature, project_industry → Enum_ProjectValues	Offline/in-progress questionnaire, session_id used for resuming
Enum_ProjectValues	duration_id, size_id, nature_id, industry_id	-	ProjectDuration (3), ProjectSize (3), ProjectNature (5), ProjectIndustry (13)	Predefined strings for questionnaire
Cloud Database				
Users_Cloud	user_id	-	-	Centralized users for multi-device access
Feedback_Cloud	feedback_id	user_id → Users_Cloud.user_id	status: enum(new, in_progress, closed)	All users' feedback
Questionnaire_Cloud	questionnaire_id	user_id → Users_Cloud.user_id	project_duration, project_size, project_nature, project_industry → CloudEnums	Cloud copy of questionnaires
FundamentalQuestionnaire	fund_id	-	CloudEnums	Stores historical project data; all fields included
ProbabilityValues	-	attribute_value_id → CloudEnums	CloudEnums	Stores pre-calculated probabilities for key attributes
CloudEnums	id	-	ProjectDuration, ProjectSize, ProjectNature, ProjectComplexity, ProjectIndustry, StakeholderInvolvement, RetentionCause, Methodology, WhyChosen, WhyChanged, ProjectOutcome, Challenges, CommonConvertedRisks, CommonMitigatedRisks, RiskMonitoringFrequency	Centralized enum values for cloud tables

Для забезпечення кросплатформної інваріантності під час заповнення експертних анкет на різних клієнтських пристроях розроблено та інтегровано механізм автономної двонаправленої синхронізації між локальними БД та центральною хмарною БД. Синхронізація даних користувачів, модулів зворотного зв'язку та анкет узгоджується за принципом відкладеної консистентності (*eventual consistency*). Процес реплікації запускається автоматично за допомогою тригерів, щойно інформаційний інтерфейс виявляє активне мережеве з'єднання.

Запропонований архітектурний підхід забезпечує:

- безперервність користувацьких сеансів під час міграції між різними апаратними платформами;
- мінімізацію ризиків втрати даних (гарантування збереження стану сесії) у разі переходу клієнтського застосунку в автономний (офлайн) режим функціонування;
- цілісність та узгодженість вхідних аналітичних масивів, що передаються на вхід математичної моделі оцінювання.

Описаний механізм автономної синхронізації дозволяє вирішити ключову дилему проектування розподілених систем прийняття рішень: підтримку високого рівня ергономічності інтерфейсу без порушення вимог щодо узгодженості та несуперечності даних (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Структура механізму автономної синхронізації даних

From	To	Type / Notes
Users Local	Users Cloud	Sync / upload
Feedback_Local	Feedback_Cloud	Sync / upload
Questionnaire Local	Questionnaire Cloud	Sync / upload
Questionnaire Local.project *	Enum ProjectValues	Enum reference
Questionnaire Cloud.project *	CloudEnums	Enum reference
FundamentalQuestionnaire.*	CloudEnums	Enum reference
ProbabilityValues.attribute_value_id	CloudEnums	Enum reference

4.2.2. Алгоритмічне забезпечення рекомендаційного ядра

Алгоритмічне забезпечення рекомендаційного ядра, яке реалізує в структурній моделі інформаційної технології (рис. 4.2) метод вибору методології управління інфраструктурними проєктами та забезпечує результати обчислення даних за формулами (3.15), (3.18)–(3.22), доцільно представити у вигляді псевдокоду.

Input:

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ // параметри проєкту
 $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ // множина методологій
 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_l\}$ // критерії оцінювання

Крок 1. Перевірка вхідних даних

```
if not IsValid(P, M, C) then
    return Error("Некоректні або неповні вхідні дані")
end if
```

Крок 2. Нормалізація параметрів проєкту

```
for each  $p_i$  in P do
     $p_{i\_norm} \leftarrow \text{Normalize}(p_i)$ 
end for
```

Крок 3. Визначення критеріїв

```
 $W \leftarrow \text{CalculateWeights}(C)$       //
if not ConsistencyCheck(W) then
     $W \leftarrow \text{AdjustWeights}(C)$ 
end if
```

Крок 4. Формування матриці відповідності

```
for each  $m_i$  in M do
    for each  $c_j$  in C do
         $R[i][j] \leftarrow \text{Evaluate}(m_i, c_j, P\_norm)$ 
    end for
end for
```

Крок 5. Агрегація оцінок

```

for each  $m_i$  in  $M$  do
     $S_i \leftarrow 0$ 
    for  $j \leftarrow 1$  to  $l$  do
         $S_i \leftarrow S_i + W[j] * R[i][j]$ 
    end for
     $S[i] \leftarrow S_i$ 
end for

```

Крок 6. Ранжування альтернатив

$\text{Rank}(M) \leftarrow \text{SortDescending}(M, S)$

// Крок 7. Аналіз чутливості (опціонально)

$\text{SensitivityAnalysis}(P_norm, W, R, S)$

// Крок 8. Вибір оптимальної методології

$m^* \leftarrow \arg \max(S)$

return $m^*, \text{Rank}(M), S$

End

Output:

m^* // рекомендована методологія

$\text{Rank}(M)$ // ранжований список методологій

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ // інтегральні оцінки

4.2.3. Реалізація механізму інтеграції з зовнішніми інформаційними системами

Однією з вимог до розробленої інформаційної технології є можливість її інтеграції з існуючими інформаційними системами управління проектами та корпоративними інформаційними системами. Враховуючи різноманітність сучасних програмних платформ, реалізація інтеграції повинна забезпечувати мінімальну залежність від конкретних програмних продуктів та підтримувати можливість подальшого розширення без зміни базової архітектури системи.

У межах даного дослідження запропонована інформаційна технологія розглядається як окремий аналітичний модуль підтримки прийняття рішень,

який може функціонувати незалежно від використовуваної ІСУП та взаємодіяти з нею через стандартизовані програмні інтерфейси.

Основним механізмом інтеграції обрано використання REST API, що забезпечує платформонезалежний обмін даними між інформаційною технологією та зовнішніми інформаційними системами. Такий підхід дозволяє інтегрувати систему з більшістю сучасних ІСУП, включаючи Jira, Microsoft Project, Azure DevOps, ServiceNow, Monday.com, Asana та інші програмні платформи.

Інтеграція передбачає обмін інформацією щодо характеристик проєкту, результатів аналізу та сформованих рекомендацій. Для цього реалізовано логічний рівень API-взаємодії, який забезпечує приймання та передачу структурованих даних у форматі JSON.

Основними категоріями інформації, що можуть передаватися між системами, є:

- параметри проєкту (галузь, розмір, тривалість, характер проєкту);
- інформація про команду проєкту;
- історичні дані щодо реалізованих проєктів;
- результати роботи рекомендаційного ядра;
- рекомендована методологія управління;
- пояснення та рейтингові оцінки альтернативних методологій.

Для забезпечення універсальності інтеграції запропоновано використовувати стандартний формат запиту до рекомендаційного ядра, приклад якого наведено нижче:

```
{
  "industry": "IT Infrastructure",
  "projectSize": "Medium",
  "duration": "1 year",
  "projectType": "Infrastructure Modernization"
}
```

У відповідь система формує структурований результат:

```
{
  "recommendedMethodology": "Scrum",
```

```

"score": 0.74,
"alternatives": [
  {"methodology": "Hybrid", "score": 0.69},
  {"methodology": "Kanban", "score": 0.62}
]
}

```

Таким чином, зовнішня інформаційна система отримує не лише рекомендовану методологію управління, але й інформацію щодо альтернативних варіантів та їх інтегральних оцінок.

З метою забезпечення масштабованості архітектури інтеграційний механізм реалізовано за принципом слабкого зв'язування (Loose Coupling). У цьому випадку інформаційна технологія не залежить від внутрішньої структури конкретної ІСУП, а взаємодія здійснюється через стандартизовані програмні інтерфейси. Це дозволяє підключати нові системи без необхідності модифікації рекомендаційного ядра або математичних моделей.



Рисунок 4.4 – Схема інтеграції інформаційної технології з зовнішніми інформаційними системами

Взаємодія між компонентами здійснюється таким чином: зовнішня ІСУП передає параметри проєкту до інтеграційного рівня REST API, який

формує запит до рекомендаційного ядра. Рекомендаційне ядро виконує аналіз історичних даних, що зберігаються в базі даних Firestore, після чого формує рекомендацію щодо вибору методології управління та повертає результат до зовнішньої системи.

Взаємодія може бути реалізована як у режимі прямого виклику *API* під час створення нового проєкту, так і у вигляді періодичної синхронізації даних через інтеграційний сервіс або проміжний шлюз обміну даними.

Запропонований підхід дозволяє використовувати розроблену інформаційну технологію як окремий модуль підтримки прийняття рішень у складі систем адміністрування інфраструктурними проєктами без необхідності зміни архітектури існуючих інформаційних систем.

4.3. Результати експериментальних досліджень ефективності ІТ

Метою експериментальних досліджень є обґрунтування та підтвердження ефективності розробленої інформаційної технології підтримки прийняття рішень при розв'язанні задач адміністрування інфраструктурними проєктами, а також перевірка спроможності запропонованого інструментарію забезпечувати раціональний вибір оптимального підходу до управління проєктів для підвищення рівня успішності реалізації проєктів різного типу.

У табл. 4.11 наведено кількісні та якісні показники, що характеризують математичні моделі статистичного аналізу, які застосовано для оцінювання ефективності впровадження розробленої інформаційної технології підтримки прийняття рішень. Розрахунки виконано за математичним апаратом, представленим у розділі 3 із використанням нормалізованих параметрів X , історичних часток і коефіцієнтів M_i на базі історичних даних, які представлені в табл. В.1 в Додатку В:

- коефіцієнти невдачі/успіху (3.1)–(3.2);
- індикатори залученості та доступності ресурсів (3.3)–(3.4);
- розподіл первинних методологій і індикатор невідповідності (3.5)–(3.7);
- кореляційний аналіз (3.6) та (3.10)–(3.13);
- галузеві показники I_{si} (3.14) з поправками на малі вибірки.

Таблиця 4.11

Результати статистичного аналізу

Назва формули	Кількісні та якісні показники
Коефіцієнт невдачі проєктів	42.35%
Рівень успішності проєкту	57.65%
Залучення зацікавлених сторін	Високий рівень взаємодії 48.8%; Середній рівень взаємодії – 25.8% та Низький рівень взаємодії – 25.4%
Доступність ресурсів	74,1%
Початкова методологія управління	Scrum – 60%; Kanban – 4.71%; Waterfall – 4.71%; Hybrid – 18.82%; Без методології – 4.71%; Інше – 7.06%
Неправильна методологія управління	29.4%
Неусунений ризик	Збільшення обсягу робіт – 69.23%; Перевищення бюджету – 24.36%; Утримання команди – 12.82%; Нечіткі вимоги – 10.26%; Інше – -16.67%
Усунутий ризик	Розширення обсягу робіт – 67.5%; Перевищення бюджету – 23.75%; Утримання команди – 12.5%; Нечіткі вимоги – 10% та Інше – -13.75%
Кореляція між невдачею проєкту та неправильним підходом до управління	0,058 Слабка кореляція
Кореляція між частотою моніторингу ризиків та невдачею проєкту	0,098 Слабка кореляція
Кореляція між складом команди та невдачею проєкту	0,069 Слабка кореляція
Кореляція між складністю проєкту та його невдачею	-0,0019 Немає кореляції*

* Наявність від'ємних значень часток у категорії «Інше» є артефактом агрегації даних. Зазначені показники підлягають приведенню до 0% (за відсутності фактичних реалізацій) або до реальних додатних значень після верифікації та уточнення результатів розрахунків.

У табл. 4.12 наведено результати кореляційного аналізу між показниками успішності реалізації проєктів та їхньою галузевою належністю.

Таблиця 4.12

Результати кореляційного аналізу між показниками успішності
реалізації проєктів та їхньою галузевою належністю

Номер	Тип проєкту	Кількісне значення, %
1.	Інформаційні технології	69.23%;
2.	Охорона здоров'я	35.71
3.	Роздрібна торгівля	80
4.	Фінансова діяльність, банківська сфера	47.83
5.	Транспорт	100
6.	Логістика	75
7.	Електронна комерція	66.67
8.	Нафта і газ	33,3
9.	Будівельне виробництво	100

Модуль прийняття рішень та вирішення колізій призначений для формування рекомендацій щодо оцінювання ймовірності успішності проєкту на основі аналізу відповідей на перелік ключових запитань, що надходять через інтерфейс ІТ. Сформований перелік запитань наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

Перелік питань для розрахунків з нормалізованими значеннями

Питання	Відповідь	Варіанти відповідей	Числове значення
Тривалість проєкту	Одинарний вибір	Менше року; Рік; 2+ років	1; 2; 3
Розмір команди проєкту	Одинарний вибір	Малий (до 10 осіб); Середній (11-50); Великий (50+)	1; 2; 3
Функціональний характер проєкту	Одинарний вибір	KTLO/Підтримка; Інтеграція; Розробка; Інфраструктура; Інше	1; 2; 3; 4; 5
Проектна галузь	Одинарний вибір	Технології; Охорона здоров'я; Роздрібна торгівля; Фінанси; Транспорт; Харчова промисловість та напої; Логістика; Електронна комерція; Освітні технології; Уряд; Нафта і газ; Виробництво; Інше	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13

Після отримання даних анкетування, що входить до короткого списку, ІТ почне виконувати розрахунки за формулами (3.15) – (3.17) та (3.19) – (3.22). Результати розрахунків M_i (коефіцієнт успішності i -ої методології управління проєктами, що визначається як відношення кількості успішно завершених проєктів до загальної кількості проєктів, виконаних із використанням відповідної методології) та CR (коефіцієнт зміни методології, який характеризує частку проєктів, у межах яких початкова методологія була змінена під час виконання проєкту) представлено в табл. 4.14.

Для ілюстрації практичного застосування розробленого методу вибору методології управління проєктами та верифікації запропонованого математичного апарату виконано тестовий розрахунок. В якості вхідних даних обрано такі параметри проєкту:

- тривалість – «Менше року»;
- розмір команди – «Малий»;
- функціональний характер проєкту – «KTLO/Підтримка»;
- галузева належність – «Нафта і газ».

Обчислення реалізовано на базі математичних залежностей (3.19)–(3.22), обґрунтованих у третьому розділі і надано в таблицях 4.15 та 4.16.

Таблиця 4.14

Розрахунок коефіцієнтів успішності методологій M_i та коефіцієнтів зміни методології та CR

Методологія	Всього проєктів	Успішні проєкти	M_i	Змінені проєкти	CR
Scrum	51	29	0,47	10	0,35
Kanban	4	3	0,5	2	0,67
Waterfall	4	3	0,5	1	0,33
Hybrid	14	8	0,5	1	0,13
Інше	8	4	0,5	0	0

Для визначення параметра P_s , що характеризує вплив розміру команди на вибір методології управління, виконано аналіз розподілу успішних проєктів за відповідними категоріями.

Таблиця 4.15

Розподіл успішно завершених проєктів за розміром команди та методологією управління

Розмір команди ІТ-проєкту	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
Маленький (до 10 осіб)	6	1	2	4	1
Середній (11-50 осіб)	16	2	0	3	1
Великий (50+ осіб)	7	0	1	2	2

Для оцінювання впливу тривалості проєкту на вибір методології управління виконано аналіз розподілу успішних проєктів за часовими категоріями. Результати наведено в табл. 4.16–4.17.

Таблиця 4.16.

Умовні ймовірності успішної реалізації проєкту залежно від розміру команд

Розмір команди	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
Маленька (до 10 осіб)	0,41	0,12	0,18	0,31	0,12
Середня (11-50 осіб)	0,71	0,13	0,04	0,17	0,08
Велика (50+ осіб)	0,62	0,08	0,15	0,23	0,2

На основі статистичного розподілу успішних проєктів за розміром команди визначено параметр P_s , який характеризує вплив масштабу команди на ймовірність успішного застосування відповідної методології управління.

Для подальшого використання результатів у рекомендаційному ядрі інформаційної технології виконано узгодження отриманих статистичних показників із математичним апаратом, наведеним у розділі 3. Зокрема, розраховані умовні ймовірності використовуються як значення параметрів P_s , P_d , P_n та P_{ind} , що характеризують вплив відповідно розміру проєкту, тривалості виконання, функціонального характеру та галузевої належності проєкту на успішність застосування окремих методологій управління. Для випадків із недостатньою кількістю статистичних спостережень застосовано згладжування Лапласа, що дозволяє уникнути нульових значень і підвищує стійкість моделі до рідкісних комбінацій параметрів.

Для визначення параметра P_d , який враховує тривалість проєкту, проведено аналіз статистичного розподілу успішних проєктів за часовими категоріями.

Таблиця 4.17

Розподіл успішно завершених проєктів за тривалістю проєкту та методологією управління

Тривалість проєкту	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
Менше ніж рік	6	1	2	3	0
Рік	10	0	0	0	0
Більше 2 років	13	2	1	6	4

На основі статистичного розподілу успішно завершених проєктів за тривалістю виконання розраховано умовні ймовірності успішного застосування окремих методологій управління. Отримані значення використовуються для визначення параметра P_d , який характеризує вплив

тривалості проєкту на вибір методології управління. Результати розрахунків наведено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18

Умовні ймовірності успішної реалізації проєкту залежно від тривалості проєкту

Тривалість проєкту	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
Менше ніж рік	0.466667	0.133333	0.2	0.266666667	0.066666667
Рік	0.846154	0.076923	0.076923077	0.076923077	0.076923077
Більше 2 років	0.482759	0.103448	0.068965517	0.28	0.172413793

Аналіз отриманих результатів свідчить про домінування методології Scrum для всіх досліджуваних категорій тривалості проєктів. Найвищі значення умовної ймовірності спостерігаються для проєктів тривалістю один рік, що свідчить про найбільшу частоту успішної реалізації таких проєктів із використанням зазначеної методології.

Для оцінювання впливу функціонального характеру проєкту на ефективність застосування методологій управління виконано аналіз розподілу успішних реалізацій за категоріями проєктів.

Для визначення параметра P_n , який характеризує вплив функціонального характеру проєкту на ефективність застосування методологій управління, виконано аналіз розподілу успішних реалізацій за категоріями проєктів. Отримані результати наведено в табл. 4.19–4.20.

Таблиця 4.19

Розподіл успішно завершених проєктів за функціональним характером проєкту та методологією управління

Функціональний характер проєкту	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
KTLO/Підтримка	4	2	0	0	0
Інтеграція	8	0	0	5	1
Розробка	16	0	0	2	3
Інфраструктура	0	1	1	2	0
Інше	1	0	2	0	0

Аналіз наведених результатів дозволяє встановити залежність між функціональним характером проєкту та ефективністю застосування окремих методологій управління. Отримані статистичні дані використовуються для визначення параметра P_n , який враховує вплив типу проєкту на ймовірність успішної реалізації відповідної методології. Для забезпечення порівнянності результатів виконано нормалізацію показників та розрахунок умовних ймовірностей, наведених у табл. 4.20.

Таблиця 4.20

Умовні ймовірності успішної реалізації проєкту залежно від функціонального характеру проєкту

Функціональний характер проєкту	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
KTLO/Підтримка	0.454545	0.272727	0.090909091	0.090909091	0.090909091
Інтеграція	0.473684	0.052632	0.052631579	0.333333333	0.105263158
Розробка	0.653846	0.038462	0.038461538	0.130434783	0.153846154
Інфраструктура	0.111111	0.222222	0.222222222	0.333333333	0.111111111
Інше	0.25	0.125	0.375	0.125	0.125

Отримані результати демонструють залежність між характером проєкту та ефективністю застосування окремих методологій. Для проєктів розробки програмного забезпечення найбільшу перевагу демонструє Scrum, тоді як для інтеграційних проєктів спостерігається підвищення частки успішних реалізацій із використанням Hybrid-підходу.

Наступним етапом дослідження стало визначення впливу галузевої належності проєкту на вибір найбільш доцільної методології управління.

Для визначення параметра P_{ind} , який характеризує вплив галузевої належності проєкту на ефективність застосування методологій управління, виконано аналіз розподілу успішних реалізацій за категоріями проєктів. Отримані результати наведено в табл. 4.21–4.22.

Таблиця 4.21

Розподіл успішно завершених проєктів за галузевою належністю проєкту та методологією управління

Галузева належність	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
Технології	8	0	0	1	0
Охорона здоров'я	2	0	0	3	0
Роздрібна торгівля	0	1	0	2	1
Фінанси	8	0	2	1	0
Транспорт	1	0	0	0	0
Харчова промисловість та напої	0	0	0	0	0
Логістика	2	0	1	0	0
Електронна комерція	2	0	0	0	0
Освітні технології	0	0	0	0	0
Уряд	0	0	0	0	0
Нафта і газ	0	0	0	0	1
Виробництво	1	1	0	0	0
Інше	5	1	0	2	2

Результати аналізу підтверджують, що галузева специфіка проєкту є одним із вагомих факторів, які впливають на доцільність застосування тієї чи іншої методології управління. Саме тому даний параметр включено до інтегральної моделі формування рекомендацій.

Таблиця 4.22

Умовні ймовірності успішної реалізації проєкту залежно від галузевої належності проєкту

Галузева належність	Scrum	Kanban	Waterfall	Hybrid	Методологія відсутня
Технології	0.409091	0.045455	0.045454545	0.090909091	0.045454545
Охорона здоров'я	0.166667	0.055556	0.055555556	0.222222222	0.055555556
Роздрібна торгівля	0.058824	0.117647	0.058823529	0.1875	0.117647059
Фінанси	0.375	0.041667	0.125	0.083333333	0.041666667
Транспорт	0.142857	0.071429	0.071428571	0.071428571	0.071428571
Харчова промисловість та напої	0.076923	0.076923	0.076923077	0.076923077	0.076923077
Логістика	0.1875	0.0625	0.125	0.0625	0.0625
Електронна комерція	0.2	0.066667	0.066666667	0.066666667	0.066666667
Освітні технології	0.076923	0.076923	0.076923077	0.076923077	0.076923077
Уряд	0.076923	0.076923	0.076923077	0.076923077	0.153846154
Нафта і газ	0.071429	0.071429	0.071428571	0.076923077	0.142857143
Виробництво	0.133333	0.133333	0.066666667	0.066666667	0.066666667
Інше	0.26087	0.086957	0.043478261	0.142857143	0.130434783

Проведемо результати розрахунку значень інтегральних оцінок відповідності методології за такими, вказаними вище, параметрами проєкту (табл. 4.23):

- тривалість – «Менше року»;
- розмір команди – «Малий»;
- функціональний характер проєкту – «KTLO/Підтримка»;
- галузева належність – «Нафта і газ».

Таблиця 4.23

Результати розрахунків значень інтегральних оцінок

P_{s_j}	Значення
Scrum	0,002324281
Kanban	0,0000763942
Waterfall	0,0001145913
Hybrid	0,000270563
Other	0,0000254647

Згідно з отриманими параметрами, найвищий пріоритет для реалізації досліджуваного проєкту має методологія *Scrum*.

Інтерпретація результатів моделювання: розраховані значення інтегральних оцінок визначають ранговий порядок альтернативних методологій за ступенем їхньої відповідності специфіці проєктного середовища. Абсолютні величини показників є відносними порівняльними метриками і не підлягають інтерпретації як класична частотна ймовірність успішного завершення проєкту.

У випадку, якщо відносна різниця між першим (Топ-1) та другим (Топ-2) значеннями у ранжованому ряду становить менше ніж 10% сформоване рішення класифікується як низькодиференційоване. За таких умов для прийняття остаточного рішення обґрунтовано необхідність додаткового збору вхідних даних або залучення зовнішньої експертної оцінки.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі дисертаційної роботи виконано програмно-технічну реалізацію розробленої інформаційної технології, проведено комплекс експериментальних досліджень її функціональних компонентів, а також здійснено оцінювання статистичної та техніко-економічної ефективності її впровадження в контур адміністрування інфраструктурних проєктів.

Основними практичними результатами розділу є такі:

1. Спроектовано та реалізовано структурно-функціональну архітектуру кросплатформної інформаційної системи підтримки прийняття рішень. На основі багатокритеріального аналізу обґрунтовано вибір технологічного стеку, що включає фреймворк Flutter (для забезпечення інваріантності інтерфейсу користувача на платформах Android/iOS/Web) та BaaS-платформу Google Firebase (для централізованого збереження даних, хостингу репозиторіїв та виконання безсерверних обчислень Cloud Functions). Формалізовано логіку міжмодульної взаємодії та потоків даних, що дозволило розгорнути аналітичне рекомендаційне ядро системи, яке забезпечує автоматизоване збирання, нормалізацію та векторизацію параметрів, а також ранжування альтернативних методологій управління проєктами.

2. Проведено експериментальну перевірку розробленої інформаційної технології на основі історичних даних реальних ІТ-проєктів. Апробація математичних моделей та методів обробки даних підтвердила їхню коректність, високу точність обчислень та здатність системи гнучко реагувати на зміни параметрів проєкту. Визначено та проаналізовано рівень впливу конкретних характеристик проєктного середовища на кінцеву рекомендацію щодо вибору методології управління.

3. Запропоновано та впроваджено механізм автономної синхронізації розподілених баз даних (Firestore/Realtime Database). Завдяки застосуванню моделі відкладеної узгодженості даних та автоматичному

розв'язанню конфліктів за мітками часу, забезпечено збереження історії анкет та безперервність роботи користувача в умовах нестабільного інтернет-з'єднання без зниження швидкодії системи.

4. Здійснено оцінювання техніко-економічної ефективності інтеграції створеної ІТ. На основі інструментів математичної статистики доведено, що використання автоматизованої технології суттєво підвищує рівень обґрунтованості прийняття управлінських рішень на передпроектній стадії. Результати статистичного аналізу історичних даних підтвердив, що проекти, у яких вибір методології управління (Agile, Kanban, Waterfall, Hybrid) збігався з рекомендаціями системи, продемонстрували вищі показники успішності. Це дозволило мінімізувати втрати від вимушеної зміни методології управління під час реалізації проекту та суттєво підвищити якість управління.

5. Доведено практичну придатність та інваріантність розробленої інформаційної технології для безшовної інтеграції в існуючі системи адміністрування сучасних інфраструктурних проектів, що підтверджує доцільність сумісного використання запропонованих математичних моделей, методів обробки та аналізу даних і хмарних мікросервісних рішень.

Результати досліджень четвертого розділу опубліковані в роботах [128], [131], [132], [136].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при адмініструванні інфраструктурних проєктів шляхом розроблення моделей, методів та алгоритмів оброблення даних, а також спеціалізованої інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів, що забезпечує автоматизований вибір методології управління на основі аналізу історичних даних та характеристик проєктного середовища.

У результаті виконання дисертаційного дослідження отримано такі основні наукові та практичні результати:

1. Проведено комплексний аналіз сучасного стану розвитку інформаційних технологій підтримки прийняття рішень у сфері адміністрування інфраструктурних проєктів. Виконано дослідження причин невдач ІТ та інфраструктурних проєктів, проаналізовано сучасні методології управління проєктами та існуючі інформаційні системи управління проєктами. Встановлено, що сучасні ІСУП забезпечують автоматизацію процесів планування, контролю та моніторингу проєктів, однак не містять спеціалізованих механізмів автоматизованого вибору методології управління та адаптації бізнес-процесів до особливостей конкретного проєкту.

2. Розроблено концептуальну модель інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів, яка базується на комплексному аналізі характеристик проєкту, використанні історичних даних реалізованих прецедентів та механізмах підтримки прийняття рішень. На відміну від існуючих підходів запропонована модель забезпечує автоматизовану адаптацію управлінських бізнес-процесів до специфіки проєктного середовища та дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з вибором невідповідної методології управління.

3. Розроблено метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів для автоматизованого вибору методології управління, який ґрунтується на структурованому використанні історичних даних реалізованих проєктів. Запропонований метод дозволяє здійснювати обґрунтований вибір між методологіями Scrum, Kanban, Waterfall та Hybrid залежно від характеристик майбутнього проєкту та мінімізує вплив суб'єктивного чинника під час прийняття управлінських рішень.

4. Удосконалено математичні моделі обробки даних параметрів інфраструктурного проєкту шляхом інтеграції їх в єдиний контур адміністрування та врахування взаємозв'язків між характеристиками проєкту. Це дозволило забезпечити комплексне оцінювання параметрів проєктного середовища та підвищити об'єктивність результатів підтримки прийняття рішень щодо адаптації бізнес-процесів управління.

5. Удосконалено підхід до синхронізації даних в інтегрованому інформаційному середовищі адміністрування інфраструктурних проєктів, який базується на використанні механізмів автономної синхронізації та підтримує функціонування системи в умовах нестабільного мережевого з'єднання. Запропонований підхід забезпечує підвищення відмовостійкості інформаційної технології та створює умови для її інтеграції з різнорідними платформами управління проєктами.

6. Набули подальшого розвитку теоретико-методологічні засади створення інформаційних технологій адміністрування інфраструктурних проєктів за рахунок поєднання ретроспективного аналізу історичних даних, механізмів багатокритеріального оцінювання та адаптивної синхронізації розподілених даних. Це створило основу для побудови інтегрованого інформаційного середовища адміністрування, у межах якого рекомендаційне ядро забезпечує автоматизовану підтримку прийняття рішень щодо адаптації бізнес-процесів управління до особливостей конкретного проєкту.

7. Виконано програмно-технічну реалізацію розробленої інформаційної технології інтеграції бізнес-процесів у системі

адміністрування інфраструктурних проєктів. Реалізовано рекомендаційне ядро вибору методології управління, механізми збору та обробки даних, засоби автономної синхронізації, модулі візуалізації результатів та інтеграційний API-шар для взаємодії з зовнішніми інформаційними системами управління проєктами.

8. Проведено експериментальну перевірку працездатності розроблених моделей, методів та інформаційної технології на основі історичних даних реальних інфраструктурних проєктів. Результати експериментів підтвердили коректність функціонування рекомендаційного механізму, стійкість отриманих результатів до зміни параметрів проєкту та можливість використання запропонованого підходу в умовах практичної діяльності.

9. Виконано оцінювання техніко-економічної ефективності впровадження розробленої інформаційної технології. Отримані результати підтвердили доцільність використання автоматизованого вибору методології управління для підвищення рівня обґрунтованості управлінських рішень на передпроектній стадії, зменшення ризиків невідповідності обраної методології особливостям проєкту та підвищення ефективності інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів.

Одержані результати мають наукову новизну та практичну цінність, оскільки забезпечують розв'язання актуальної задачі інтеграції бізнес-процесів у системі адміністрування інфраструктурних проєктів шляхом використання моделей, методів та інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо вибору методології управління. Запропоновані рішення можуть використовуватися як самостійно, так і в складі існуючих інформаційних систем управління проєктами для підвищення ефективності адміністрування інфраструктурних проєктів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. “Finding the root cause of ERP implementation failures”, TechTarget, 2018
<https://www.techtarget.com/searcherp/feature/Finding-the-root-cause-of-ERP-implementation-failures>
2. “Key Agile Metrics & Statistics”, AIPM Tools, 2026
<https://aipmtools.org/agile-metrics-statistics>
3. “Project Failure Case Studies” <https://www.henricodolfing.com/p/project-failure-case-studies.html>
4. “Project Management Statistics: Trends and Common Mistakes in 2024”, TeamStage, 2024 <https://teamstage.io/project-management-statistics/>
5. “Software Project Rescue 2025: How to Recover from Failed Development”, Supalabs Blog, 2025
<https://www.supalabs.co/en/blog/software-project-rescue-failed-development-recovery-guide-2025/>
6. “Software Project Rescue 2024: How to Recover from Failed Development”, Supalabs Blog, 2024
<https://www.supalabs.co/en/blog/software-project-rescue-failed-development-recovery-guide-2024/>
7. “The 7 Most Used Project Management Styles and Types”
<https://elitex.systems/blog/it-project-management-methodologies/>
8. “Why Project-Based Work Fails - and How to Get It Right”, Harvard Business Review Analytic Services, 2022
<https://hbr.org/podcast/2024/06/why-project-based-work-fails-and-how-to-get-it-right>
9. A Comparative Study of Machine Learning Algorithm for Predicting Project Management Methodology, Procedia Computer Science, Vol. 225, 2023, pp. 665-675 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.052>

- 10.A. Aliyev. The AI and Quantum Era: Transforming Project Management Practices. *Journal of Future Artificial Intelligence and Technologies* 1.4 (2025): 348-370
- 11.A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Y. Andrashko, A. Neftissov, V. Vatskel, D. Yedilkhan, M. Herych, BUILDING A MODEL FOR CHOOSING A STRATEGY FOR REDUCING AIR POLLUTION BASED ON DATA PREDICTIVE ANALYSIS. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4-117), pp.23-30, 2022 DOI 10.15587/1729-4061.2022.259323
- 12.A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Y. Andrashko, S. Omirbayev, A. Mukhatayev, A. Faizullin, S. Toxanov, “Development of the Set Models and a Method to form Information Spaces of Scientific Activity Subjects for the Steady Development of Higher Education Establishments”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, 2021, pp. 6-14. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233655
- 13.A. Biloshchytskyi, S. Omirbayev, A. Mukhatayev, A. Faizullin, S. Toxanov, K. Kassenov, Research on the formation level of methodological competence of it disciplines teachers. *ATIT 2020 - Proceedings: 2020 2nd IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory*, art. no. 9349337, pp. 242-245, 2022 DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349337
- 14.A. Biloshchytskyi, S. Omirbayev, A. Mukhatayev, O. Kuchanskyi, S. Biloshchytska, Y. Andrashko, S. Toxanov, A. Faizullin, A structural model for building a system for the development of methodological competence and methods for evaluating its effectiveness. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(3(125)), pp. 6-22, 2023 DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289045
- 15.A. Biloshchytskyi, S. Omirbayev, A. Mukhatayev, S. Biloshchytska, S. Toxanov, A. Faizullin, IT Project Administration Tools on Creation of Information and Training Platforms. *2023 IEEE International Conference on*

- Smart Information Systems and Technologies, Proceedings, 484-489, 2023
DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223592
- 16.A. Biloshchytskyi, S. Tsiutsiura, A. Kuchansky, O. Serbin, M. Tsiutsiura, S. Biloshchytska, A. Faizullin DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF THE PROJECT-VECTOR SPACE OF EDUCATIONAL ENVIRONMENTS. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (4-119), pp. 50-61, 2022 DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266262
 - 17.A. Gui, Y. Fernando, A. S. Wiwoho, B. L. Handoko, H. Haron, “Analysis of IT Project Success Factors: A Review of Standish Group CHAOS Reports” FGIC 2nd Conference on Governance and Integrity 2019, Volume 2019, 2019 DOI:[10.18502/kss.v3i22.5077](https://doi.org/10.18502/kss.v3i22.5077)
 - 18.A. I. La Paz, R. I. Lopez, Recommendation method for customized IT project management, Procedia Computer Science, Vol. 219, 2023, pp. 1938-1945 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.493>
 - 19.A. Khan, M.K. Hasana, T.M. Ghazal, S. Islam, H.M. Alzoubi, U.A. Mokhtar, R. Alam, M. Ahmad, 2022. Collaborative Learning Assessment via Information and Communication Technology, in: Proceedings - 2022 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies, RIVF 2022. RIVF 2022, pp. 311-316
 - 20.A. Mahmood, A. Al Marzooqi, M. El Khatib, H. AlAmeemi, How Artificial Intelligence can Leverage Project Management Information System (PMIS) and Data Driven Decision Making in Project Management, IJBAS 3(1) -2023
 - 21.A. Shashi AI-Driven Data Analysis: Uncovering Hidden Insights, 2024 <https://www.linkedin.com/pulse/ai-driven-data-analysis-uncovering-hidden-insights-ashutosh-shashi-0uvve/>
 - 22.A. Srielkina, A. Tetskyi, V. Krasilshchykova, Risk and uncertainty assessment in software project management: integrating decision trees and Monte Carlo modeling, RADIOELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEMS 09-2023, <http://dx.doi.org/10.32620/reks.2023.3.17>

- 23.A. Yakymiv, O. Verenych, Bayesian Approach to Productivity Evaluation in Project Management, 2025 IEEE 13th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2025, DOI: [10.1109/IDAACS68557.2025.11322040](https://doi.org/10.1109/IDAACS68557.2025.11322040)
- 24.A. Zhezherau, What are the 4 Pillars of Agile? <https://www.wrike.com/Agile-guide/faq/what-are-pillars-of-Agile/> , 2026
- 25.A. Zou, S. X. Duan, H. Deng, Multicriteria Decision Making for Evaluating and Selecting Information Systems Projects: A Sustainability Perspective, Sustainability, Vol. 11, No. 2, 2019, Article 347, <https://doi.org/10.3390/su11020347>
- 26.A. Zucker, Hybrid Project Management: Part 1, What is Hybrid?, International Institute for Learning Blog, 2024 <https://blog.iil.com/hybrid-project-management-part-1-what-is-hybrid/>
- 27.A.M. Schweidtmann, E. Esche, A. Fischer, M. Kloft, J-U Repke, S. Sager, A. Mitsos, Machine Learning in Chemical Engineering: A Perspective, Chemie Ingenieur Technik 93(2), 2021, <http://dx.doi.org/10.1002/cite.202100083>
28. Advantages and Disadvantages of Scrum Methodology, <https://www.projectpractical.com/advantages-and-disadvantages-of-Scrum-methodology/>
29. Ashfaque Khokhar, free cloud database with an Android app, 2023. URL: <https://medium.com/@63ashfaque/free-cloud-database-with-an-android-app-6ee4bb4b0aaf>
- 30.B. Flyvbjerg, A. Budzier, J. S. Lee, M. Keil, D. Lunn, D. W. Bester, The Empirical Reality of IT Project Cost Overruns: Discovering A Power-Law Distribution, Journal of Management Information Systems, Vol. 39, No. 3, 2022, pp. 607-639 <https://doi.org/10.1080/07421222.2022.2096544>

- 31.B. Leech, R. Hanslo, The Evolution of Agile and Hybrid Project Management Methodologies: A Systematic Literature Review, 2025 <https://arxiv.org/abs/2511.02859>
- 32.C. Hwang, K. Yoon, Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer, 2019, pp. 58-145, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- 33.C. Saran, “Lack of upfront specifications kill agile projects”, ComputerWeekly, 2024 <https://www.computerweekly.com/news/366587792/Lack-of-upfront-specifications-kill-agile-projects>
- 34.Cogito Tech LLC, The Application of Data-Driven Algorithms in Machine Learning, 2021, <https://www.iotforall.com/application-of-data-driven-algorithms-in-machine-learning-ml>
- 35.D. Chernyshev, G. Ryzhakova, H. Petrenko, I. Chupryna, N. Reznik, Digital Administration of the Project Based on the Concept of Smart Construction, Lecture Notes in Networks and Systems, vol.495 LNNS, pp. 1316–1331, 2023, International Conference on Business and Technology, ICBT 2021, DOI: [10.1007/978-3-031-08954-1_114](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08954-1_114)
- 36.D. Ciric Lalic, B. Lalic, M. Delic, D. Gracanin, D. Stefanovic, How project management approach impact project success? From traditional to agile, International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 15, No. 3, 2022, pp. 494-521 <https://doi.org/10.1108/IJMPB-04-2021-0108>
- 37.D. Khanna, E. Christensen, S. Gosu, X. Wang, M. Paasivaara, Hybrid Work meets Agile Software Development: A Systematic Mapping Study, 2024 <https://arxiv.org/abs/2404.09983>
- 38.D. Khanna, E. L. Christensen, S. Gosu, X. Wang, M. Paasivaara, Hybrid Work meets Agile Software Development: A Systematic Mapping Study, 2024 <https://arxiv.org/abs/2404.09983>
- 39.D. Mancl, S. D. Fraser, The Future of Work: Agile in a Hybrid World, 2022 <https://arxiv.org/abs/2210.12591>

- 40.Digital.ai, 17th State of Agile Report, 2023 <https://digital.ai/resource-center/analyst-reports/state-of-agile-report>
- 41.Dr. Robert Freund, PMI (2024) Global Survey: Hybrides Projektmanagement wird immer wichtiger, 2024 <https://www.robertfreund.de/blog/2024/02/29/pmi-2024-global-survey-hybrides-projektmanagement-wird-immer-wichtiger/>
- 42.Duncan, D. Bulanon, J. I. Bulanon, J. Nelson, Development of a Cross-Platform Mobile Application for Fruit Yield Estimation, AgriEngineering 6(2):1807-1826, 2024, URL: DOI: 10.3390/agriengineering6020105
- 43.E. Markopoulos, J-C. Panayiotopoulos, “Selecting an information technology project management methodology based on project constraints, goals and dimensions”, Department of Informatics University of Piraeus, 2005
- 44.E. Triantaphyllou, Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Springer, 2020, pp. 15-98 <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
- 45.E. Woollacott, “It’s time to question agile’s cult following”: Doubts cast on method’s future, with 65% of projects more likely to fail, ITPro, 2024 <https://www.itpro.com/software/development/its-time-to-question-agiles-cult-following-experts-cast-doubt-on-methods-future-with-65-of-projects-more-likely-to-fail>
- 46.F. C. N. Piengang, Y. Beauregard, J.-P. Kenné, An APS software selection methodology integrating experts and decision-maker’s opinions on selection criteria: A case study, Cogent Engineering, Vol. 6, No. 1, 2019, <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1594509>
- 47.G. Ryzhakova, O. Malykhina, V. Pokolenko, O. Rubtsova, O. Homenko, I. Nesterenko, Construction Project Management with Digital Twin Information System, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2022, Vol. 12, Issue 10, pp. 19-28. https://doi.org/10.46338/ijetae1022_03

- 48.G. Ryzhakova, T. Honcharenko, K. Predun, N. Petrukha, O. Malykhina, and O. Khomenko. Using of Fuzzy Logic for Risk Assessment of Construction Enterprise Management System. 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 208-213, doi:10.1109/SIST58284.2023.10223560
- 49.G. Y. Koi-Akrofi, IT Project Governance in Project Delivery: Key Processes, Activities, Roles and Responsibilities, 2019 <https://arxiv.org/abs/1912.13295>
- 50.Harvard Business Review Analytic Services, The Evolution of Decision Making: How Leading Organizations Are Adopting a Data-Driven Culture. URL: https://hbr.org/resources/pdfs/tools/17568_HBR_SAS%20Report_webview.pdf
- 51.Hybrid Project Management: A Blended Approach to Agile and Waterfall Methodologies, <https://www.teamgantt.com/Waterfall-Agile-guide/Hybrid-approach>
- 52.I. Berezutskyi, Method for analyzing project characteristics. Management of Development of Complex Systems, 61, 145–150, 2025, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2025.61.145-150 (Фахове видання категорії «Б»)
- 53.I. Berezutskyi, S. Tsiutsiura, I. Rusan, I. Sachenko, S. Danylyshyn, Disadvantages of using Scrum Model in IT projects. International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 89-93. DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223589 (Scopus)
- 54.I. Berezutskyi, T. Honcharenko, G. Ryzhakova, O. Tykhonova, V. Pokolenko, I. Sachenko, Methodological Approach for Choosing Type of IT Projects Management. 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Kazakhstan, Astana 2024, pp. 14-19 (Scopus). <https://doi.org/10.1109/SIST61555.2024.10629587>

- 55.I. Berezutskyi, T. Honcharenko, M.Tsai, M. Zdrilko, I. Sachenko, IT project characteristics analysis results validation. 6th International Workshop IT Project Management Thursday, May 22, 2025, pp. 114-126, <https://ceur-ws.org/Vol-4023/paper11.pdf> (Scopus)
- 56.I. Berezutskyi, T. Honcharenko, The Sub-system for project methodology choosing in the information system, INFORMATION TECHNOLOGIES: THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS (ITTAP-2025). (Scopus) The 5th International Workshop. October 22-24, 2025 (Scopus). <https://ceur-ws.org/Vol-4146/short07.pdf>
- 57.I. Kononenko, Application of the Project Management Methodology Formation's Method, Organizacija, Vol. 52, No. 4, 2019, pp. 286-308, <https://doi.org/10.2478/orga-2019-0018>
58. I.Berezutskyi, S. Tsiutsiura, N. Popovych, Advantages of microservices architecture. Міжнародна науково-практична конференція «Будмайстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 30.11.2022. С.351 <https://drive.google.com/file/d/1M7G7eFmtYo-rlxPTsTltRxq9rhPhemwB/view>
- 59.I.Berezutskyi, T. Honcharenko, Potential implications of artificial intelligence for project management information systems. V International Workshop IT. Project Management, ITPM 2024, Bratislava, Slovakia, 2024 (Scopus) DOI: 10.13140/RG.2.2.30479.97449 (Scopus)
- 60.IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, IEEE 830-1998 <https://standards.ieee.org/ieee/830/1222/>
- 61.Ihor Berezutskyi. Hybrid method for selecting project methodology in IT infrastructure environment. Бізнес Форум 3.12.2024
- 62.Ihor Berezutskyi, Information system for infrastructure project management type selection. Міжнародна науково-практична конференція «Будмайстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 29.11-02.12.2023. С.451

<https://drive.google.com/file/d/18Hg2JA7eP4qkqhJbW4szjTBIwela-9bW/view>

- 63.ISO 21500:2021, Project, programme and portfolio management - Context and concepts, <https://www.iso.org/standard/75704.html>
- 64.ISO/IEC 25010:2023, Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Product quality model, <https://www.iso.org/standard/78176.html>
- 65.J. Pandya, Flutter Firebase vs React Native Firebase, 2023 URL: <https://www.expertappdevs.com/blog/firebase-flutter-vs-firebase-react-native>
- 66.J. Yang, D.-L. Xu, J.-B. Yang, Solving multiple-criteria R&D project selection problems with a data-driven evidential reasoning rule, International Journal of Project Management, Vol. 37, No. 1, 2019, pp. 87-97, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.10.006>
- 67.K. Schwaber, J. Sutherland, The Scrum Guide, Scrum.org, 2020 <https://scrumguides.org>
- 68.Knowledge-Based Agent in Artificial intelligence, <https://www.javatpoint.com/knowledge-based-agent-in-ai>
- 69.List of Scrum Advantages and Disadvantages, <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/disadvantages-of-Scrum> 2023
- 70.M. C.J. Caniëls, R. J.J.M. Bakens, The effects of Project Management Information Systems on decision making in a multi project environment, International Journal of Project Management, Volume 30, Issue 2, 2012, pp 162-175, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.05.005>.
- 71.M. Cinelli, M. Kadziński, G. Miebs, M. Gonzalez, R. Słowiński, Recommending Multiple Criteria Decision Analysis Methods with a New Taxonomy-based Decision Support System, 2021, <https://arxiv.org/abs/2106.07378>

- 72.M. El Khatib, A. Al Falasi, Effects of Artificial Intelligence on Decision Making in Project Management, American Journal of Industrial and Business Management 11, 2021, pp 251-260
- 73.M. K. Pratt, “Why IT projects still fail”, CIO Magazine, 2025 <https://www.cio.com/article/4077457/why-it-projects-still-fail-2.html>
- 74.M. Krupa, J. Hajek, Hybrid Project Management Models: A Systematic Literature Review, International Journal of Project Organisation and Management, 2024 <https://doi.org/10.1504/IJPOM.2024.10056237>
- 75.M. Nekrasova, Using methods of probability theory and mathematical statistics in project management, Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series Dynamics and Strength of Machines, 2023, DOI: [10.20998/2078-9130.2023.2.293040](https://doi.org/10.20998/2078-9130.2023.2.293040)
- 76.M. Serrador, J. K. Pinto, Does Agile work? — A quantitative analysis of agile project success, International Journal of Project Management, Vol. 33, No. 5, 2015, pp. 1040-1051 <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.006>
- 77.M. Taghi Zadeh, R. Kashef, The Impact of IT Projects Complexity on Cost Overruns and Schedule Delays, arXiv, 2022 <https://arxiv.org/abs/2203.00430>
- 78.McKinsey & Company, Delivering Large-Scale IT Projects On Time, On Budget, and On Value, McKinsey Digital, 2022 <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/delivering-large-scale-it-projects-on-time-on-budget-and-on-value>
- 79.McKinsey & Company, Why Do Most Transformations Fail?, McKinsey Digital, 2023 <https://www.mckinsey.com/capabilities/transformation/our-insights/why-do-most-transformations-fail-a-conversation-with-harry-robinson>
- 80.N. Mandi, LLMs are Engines. It’s Time for Vehicles, <https://www.kungfu.ai/blog-post/llms-are-engines-its-time-for-vehicles> 2024
- 81.N.R. Tague “The Quality toolbox, third edition”, ASQ Quality Press, 2024 <https://asq.org/quality-resources/decision-matrix>

- 82.O. Ilin, Sergey D, S. Bushuyev, V. Gots, T. Liashchenko, Management of IT projects of business analytics in the BANI environment, Management of Development of Complex Systems, 2024, DOI: 10.32347/2412-9933.2024.59.45-52
- 83.O. Kryvoruchko, R. Pohrebniak, Management of the mobile application development project for reserving cash in a bank institution, Management of Development of Complex Systems, 2024
- 84.O. Okudan, M. Cevikbas, Z. Işık, Selection framework of disruption analysis methods for megaprojects: an integrated fuzzy multi-criteria decision-making approach, Engineering, Construction and Architectural Management, 2023 <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2023-0105>
- 85.O. Uludag, P. Philipp, A. Putta, M. Paasivaara, C. Lassenius, F. Matthes, Revealing the State of the Art of Large-Scale Agile Development Research: A Systematic Mapping Study, Journal of Systems and Software, Vol. 165, 2020 <https://arxiv.org/abs/2007.05578>
- 86.O. Verenych, M. Semenov, Agile and Waterfall Approaches Hybridization in the Hyper-Casual Games Projects, 2023 IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2023, DOI: [10.1109/IDAACS58523.2023.10348683](https://doi.org/10.1109/IDAACS58523.2023.10348683)
- 87.O. Verenych, S. Bushuyev, Interaction researching mental spaces of movable context, stakeholders, and project manager, Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal, Vol. 10, No. 1, 2018, pp. 1684-1695 <https://doi.org/10.1515/otmcj-2016-0021>
- 88.O. Verenych, S. Dvorskyi, Analysis of “Green Entrepreneurship” Trends and the Formation of a “Green Approach” in Energy Efficiency Project Management on Their Basis, Управління розвитком складних систем, No. 61, 2025, pp. 17-25 <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.61.17-25>

- 89.O. Verenych, S. Dvorskyi, Business Process Models for Managing “Green” Energy Efficiency Projects, Управління розвитком складних систем, No. 62, 2025, pp. 47-54 <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.47-54>
- 90.O. Verenych, V. Kochuma, Development Company Management System Transformation Models Based on the Use of IT and AI Tools, Управління розвитком складних систем, No. 65, 2026, pp. 30-37 <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.30-37>
- 91.O. Verenych, V. Statsenko, O. Voitenko, N. Fedoryatskaya, N. Lysenko, Creativity as a basic tool for creating innovative IT products 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), 2023, DOI: [10.1109/CSIT61576.2023.10324188](https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324188)
- 92.O. Zachko, D. Kobylkin, I. Zachko, Models of infrastructure project management by means of hybrid technologies, Bulletin of NTU “KhPI”, 2022 <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2022.6.7>
- 93.P. K. Das, H. S. Paul, M. H. Tultul, Development of a Mobile Application: From University Website to Mobile App Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies, 5(2):203-219, 2023, URL: DOI:10.36548/jucct.2023.2.007
- 94.P. Naydenov, “Kanban Project Management: How to Use and Implement It?”, <https://businessmap.io/blog/how-to-use-Kanban-for-project-management>, 2024
- 95.P. Stanimirovic, T. Borozan, M. Radojicic, A.D. Tomic, Project Management Software Tools – One Step Closer to UN Sustainable Development Goals, 2023 3rd International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), 2023, [http://dx.doi.org/10.1109/ICECCME57830.2023.10252628](https://dx.doi.org/10.1109/ICECCME57830.2023.10252628)
- 96.PMI and Agile Alliance, Agile Practice Guide, Project Management Institute, 2021 <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/practice-guides/agile>

97. Project Management Institute, Pulse of the Profession 2024: The Future of Project Success, PMI, 2024 <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse>
98. R. Akselrod, A. Shpakov, G. Ryzhakova, T. Honcharenko, I. Chupryna, H. Shpakova. «Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling», International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2022, 1, pp. 40-50. DOI: 10.46338/IJETAE0122_05
99. R. C. Sperry, A. J. Jetter, A Systems Approach to Project Stakeholder Management: Fuzzy Cognitive Map Modeling, Project Management Journal, Vol. 50, No. 6, 2019, pp. 699-715, <https://doi.org/10.1177/8756972819847870>
100. R. Joslin, R. Müller, Relationships between a project management methodology and project success in different project governance contexts, International Journal of Project Management, Vol. 34, No. 4, 2016, pp. 613-626 <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.005>
101. R. L. Moura, T. C. J. Carneiro, T. L. Dias, VUCA environment on project success: The effect of project management methods, Brazilian Business Review 20(3), 2023, URL: DOI: 10.15728/bbr.2023.20.3.1.en
102. R. Messer “Quantitative Assessment” <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/quantitative-assessment>, 2014
103. R. Nicoara, Project Management Methods, 2023, DOI: [10.1007/978-1-4842-9663-9_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9663-9_12)
104. R. Saloni, S.G. Madhamitha, S. Anusha, A.S. Charvi, Review of Risk Management Methodologies in Software Project Management, 03.2023 <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13712.62725>
105. R. Young, Why Projects Fails | Incorrect Methodology <https://lignsuniversity.com/why-projects-fail-incorrect-methodology/>, LIGS University, 2024

106. S. Akbar, R. Ullah, R. Khan, I. Asghar, M. Zubair, Z. Zheng, A Multi-Criteria Decision-Making Framework for Software Project Management Tool Selection, Conference: 2023 9th International Conference on Computer Technology Applications (ICCTA 2023), 08.2023, <http://dx.doi.org/10.1145/3605423.3605454>
107. S. Bushuyev, D. Bushuiev, V. Bushuieva, N. Bushuyeva, S. Murzabekova The Erosion of Competencies in Managing Innovation Projects due to the Impact of Ubiquitous Artificial Intelligence Systems, *Procedia Computer Science* 231(2):403-408, 2024
108. S. Bushuyev, D. Bushuyev, V. Rogozina, O. Mikhieieva, Convergence of knowledge in project management, *Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2015, 2*, 7341355, c. 496–500
109. S. Bushuyev, K. Pilyugina, I. Achkasov, A. Zaprivoda, [Clip Thinking in the Digital Age: Complimentary or Contradictory](#), 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), 2023. DOI: [10.1016/j.procs.2023.12.210](https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.210)
110. S. Bushuyev, N. Bushuyeva, D. Bushuiev, V. Bushuieva, Integrated Intelligence Model for Assessment Digital Transformation Project, 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 2023 <http://dx.doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223578>
111. S. Bushuyev, O. Verenych, D. Verenych, 2025 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS), 2025, DOI: [10.1109/E-TEMS64751.2025.11239255](https://doi.org/10.1109/E-TEMS64751.2025.11239255)
112. S. Greco, M. Ehrgott, J. Figueira, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, 2016, pp. 17-401 <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4>

113. S. M. Marinho, J. Noll, I. Richardson, S. Beecham, Plan-Driven approaches are alive and kicking in agile Global Software Development, *Journal of Systems and Software*, Vol. 155, 2019, pp. 188-203 <https://arxiv.org/abs/1906.08895>
114. S. Ruangvanich, M. Phoosuwan, Development of A Mobile Application in Yoga Therapy for Elderly with Hypertension, *Asian Journal of Advanced Research and Reports* 18(7):30-43, 2024, URL: DOI: 10.9734/ajarr/2024/v18i7682
115. S. Tsiutsiura, I. Berezutskyi, Problem of using scrum model. X Міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком технологій 2023», КНУБА, Україна, Київ, 2023. С. 9 https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/04/2023_h_mizhnarodna_konf_urt_zbirnyk_tez.pdf
116. S. Turney Pearson Correlation Coefficient (r). Guide & Examples, 2024 <https://www.scribbr.com/statistics/pearson-correlation-coefficient/>
117. Scope creep, https://en.wikipedia.org/wiki/Scope_creep
118. T. Honcharenko, R. Akselrod, A. Shpakov , O. Khomenko, Information system based on multi-value classification of fully connected neural network for construction management, *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 2023, № 12(2), P.593-601 <https://ijai.iaescore.com/index.php/IJAI/article/view/21864>
119. T. Honcharenko. V. Mihaylenko, Y. Borodavka, E. Dolya, V. Savenko, Information tools for project management of the building territory at the stage of urban planning, *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, 2851, pp. 22–33, <http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper3.pdf>
120. VersionOne, 16th State of Agile Report, Digital.ai, 2022 <https://digital.ai/resource-center/analyst-reports/state-of-agile-report>
121. What Are Advantages & Disadvantages of Microservices Architecture? (Electronic resource)

- <https://www.orientsoftware.com/blog/microservices-advantages-and-disadvantages/>
122. What Are The Benefits of Microservices Architecture?,
<https://www.appdynamics.com/topics/benefits-of-microservices>
 123. What Is Waterfall Project Management?,
<https://www.wrike.com/project-management-guide/faq/what-is-Waterfall-project-management/>
 124. Y. Patel 2021. Benefits Of Microservices: What They Are, Business Value, Examples (Electronic resource)
<https://www.thesunflowerlab.com/blog/microservice-architecture-benefits-business-value/>
 125. Z. Allam, Z. A. Dhunny, On big data, artificial intelligence and smart cities, Cities, Volume 89, 2019, pp 80-91,
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032>
 126. А.В. Івко, Аналіз моделей спільного використання методологій в управлінні проектами проектно-орієнтованих організацій. Управління розвитком складних систем. Київ, 2023. № 55. С. 38 – 45;
[dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.55.38-45](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.55.38-45).
 127. І. Березуцький, Вибір методу управління ІТ проектом. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 2024, с. 397-398. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf
 128. І. Березуцький, Т. Гончаренко, Додаток для вибору методу управління проектом X International Scientific and Practical Conference: Physical and Technological Problems of Transmission, Processing, and Storage of Information in Infocommunication Systems (PREDT-2025)
<https://drive.google.com/drive/folders/1WtGHyXGLooQgBSCqNW32qOV0mj0-bQr8?usp=sharing>

129. І. Березуцький, Т. Гончаренко, Концепція вибору методів управління в системі адміністрування інфраструктурними проектами. Сучасні тренди цифровізації в освіті та будівництві, 2024. <https://www.knuba.edu.ua/suchasni-trendy-czyfrovizacziyi-v-systemah-menedzhmentu-osvitnih-ta-budivelnih-organizacziy/>
130. І. Березуцький, Т. Гончаренко, Потенціал ІІІ для систем управління проектами. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 2024, с. 399-400. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf
131. І. Березуцький, Т. Гончаренко. Підсистема вибору методології проекту в інформаційних технологіях. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, очікування конференції, 451-452. <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2025.pdf>
132. І. Березуцький. Валідація результатів аналізу характеристик ІТ-проекту. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, очікування конференції, с. 449-450 <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2025.pdf>
133. І. П'ятничук, Інформаційні системи в управлінні проектами: онлайн-платформи і сервіси, Економіка та суспільство, 42 2022, <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-21>
134. І. С. Березуцький, Можливість використання методів прийняття рішень для інформаційних систем управління проектами. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. No 57. С. 12–19, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.57.12-19](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.12-19) (Фахове видання категорії «Б»)

135. І. Сокурєнко, Класифікація методів ухвалення управлінських рішень, Науковий вісник Одеського національного економічного університету. 2019. 6 (269), <http://n-visnik.oneu.edu.ua/collections/2019/269/pdf/161-177.pdf>
136. Ігор Березуцький, Архітектура вибору методів управління в інформаційній системі адміністрування інфраструктурними проектами. Круглий стіл "Економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як передумови трансформації будівельної галузі". КНУБА, жовтень, 2024
137. М. Некрасова, Використання методів теорії ймовірностей та математичної статистики в управлінні проектами, Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія Динаміка та міцність машин, 2023, DOI: [10.20998/2078-9130.2023.2.293040](https://doi.org/10.20998/2078-9130.2023.2.293040)
138. О. Невмержицький, Аналіз сучасних моделей, орієнтованих на знання, та методів ухвалення рішень, Управління розвитком складних систем 2013, <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65>
139. Т. Гончаренко, Архітектура програмної системи на основі концепції рефлексивної адаптації. Управління розвитком складних систем, (54), 69–76. 2023 <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.54.69-76>

ДОДАТОК А. АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ



« ЦЕНТРБУДПРОЕКТ. »
Товариство з обмеженою відповідальністю

**ДОВІДКА**

**про практичне впровадження наукових результатів дисертаційної роботи
Березуцького Ігоря Сергійовича
«Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів в системі
адміністрування інфраструктурними проектами»
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
в діяльність ТОВ «Центрбудпроект.»**

У процесі співпраці з ТОВ «Центрбудпроект.» результати дисертаційної роботи Березуцького Ігоря Сергійовича були впроваджені шляхом використання мобільного застосунку, який реалізує удосконалений метод комплексного аналізу параметрів інфраструктурних проєктів. Застосунок дозволяє користувачам вводити чотири основні параметри проєкту, після чого система автоматично здійснює аналіз із використанням інтегрованої системи показників і критеріїв, враховуючи вплив зовнішнього та внутрішнього середовища.

Завдяки зручному інтерфейсу користувача та автоматизованим методам обробки даних, застосунок забезпечує надійність і зрозумілість введення інформації, а також дозволяє швидко отримати рекомендацію щодо вибору оптимального підходу до управління проєктом. Це сприяє підвищенню точності оцінювання, уніфікації процесів управління та зниженню ризиків невдач. Автоматизовані алгоритми аналізу допомагають уникати типових помилок, а також забезпечують можливість оперативного коригування управлінських рішень відповідно до специфіки кожного проєкту.

Підтверджуємо впровадження наукових результатів та їхню практичну цінність у діяльність ТОВ «Центрбудпроект.»

Генеральний директор
ТОВ «Центрбудпроект.»



Владислав ГОЦ

Адреса: 04074, м. Київ, вул. Аутова 13, тел./факс: + 380 (44) 585 34 74
код ЄДРПОУ 36993709, п/р UA55300335000000026007389379 у АТ «Райффайзен Банк»,
МФО 300335, ІПН 369937026540, свідоцтво №100346205



Товариство з обмеженою відповідальністю «ЕПАМ ДІДЖИТАЛ»
вул. Грахових Сім'я 54, Київ, 01033, Україна | Т: +38 044 390 54 57
e-mail: info.ua@epam.com | web: www.epam.com

ЄДРПОУ 44420385, р/с UA393003350000000260072198275 в АТ «Райффайзен Банк»

Вих. № 1969

від «18» травня 2026 року

ДОВІДКА

**про практичне впровадження наукових результатів дисертаційної роботи
Березуцького Ігоря Сергійовича
«Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів в системі адміністрування
інфраструктурними проектами»
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
в діяльності компанії «ЕПАМ ДІДЖИТАЛ»**

У рамках співпраці з компанією «ЕПАМ ДІДЖИТАЛ» результати дисертаційної роботи Березуцького Ігоря Сергійовича були представлені у вигляді інформаційної системи, що автоматизує вибір підходу до управління інфраструктурними проектами. Розроблена система дозволяє користувачам шляхом введення чотирьох основних параметрів проекту отримувати обґрунтовану рекомендацію щодо вибору оптимального підходу до управління (Scrum, Kanban, Waterfall або Hybrid) на основі комплексного аналізу параметрів та історичних даних.

Зручний інтерфейс та автоматизовані алгоритми аналізу забезпечують просту використання, підвищують точність і обґрунтованість прийняття рішень, а також сприяють стандартизації процесів управління проектами. Інформаційна система може бути використана для підвищення ефективності адміністрування інфраструктурних проєктів, скорочення часу на планування та зникнення ризиків невдач.

Зазначаємо, що розроблені наукові результати та інформаційна система можуть бути застосовані у діяльності компанії «ЕПАМ ДІДЖИТАЛ» для вирішення задач, пов'язаних з вибором підходу до управління проектами, відповідно до специфіки реалізованих проєктів.

Генеральний директор
ТОВ «ЕПАМ ДІДЖИТАЛ»



Надія БАБЕЙКО



ТОВ «Альтіс-Констракшн»

СРГІЙОВ 3734654 • Тел. +380 (44) 492-77-65
Юридична адреса: вул. Канізіалі, 58 • м. Київ • 04145 • Україна
МРОД 322346, № реєстрації: 26001300160195 у ГРАТ «Бажі Форум»
http://www.altys.ua • E-mail: office@altys.ua

№ _____
«___» _____ 201__ р.

ДОВІДКА

про практичне впровадження наукових результатів дисертаційної роботи
Березуцького Ігоря Сергійовича
«Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів в системі адміністрування
інфраструктурними проектами»
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
в діяльності компанії «Альтіс-Констракшн»

Наукові результати дисертаційної роботи Березуцького Ігоря Сергійовича були апробовані та впроваджені в діяльність компанії «Альтіс-Констракшн» шляхом використання інформаційної системи, що реалізована у вигляді мобільного застосунку. Застосунок дозволяє проєкtnим менеджерам вводити основні параметри майбутнього інфраструктурного проєкту (чотири ключові характеристики), після чого система автоматично здійснює комплексний аналіз на основі розробленої методики та надає рекомендацію щодо вибору оптимального підходу до управління: Scrum, Kanban, Waterfall або Hybrid.

Зручний інтерфейс користувача забезпечує простоту введення та редагування даних, а автоматизовані алгоритми аналізу дозволяють швидко отримати обґрунтований результат. Впровадження цієї системи дало змогу стандартизувати процес вибору методології управління, скоротити час на планування, зменшити суб'єктивність у прийнятті рішень та підвищити ймовірність успішної реалізації проєктів. Практичне використання застосунку сприяло підвищенню ефективності управління, дозволило уникати типових помилок при виборі підходу та забезпечило уніфікацію процесів адміністрування інфраструктурних проєктів.

Засвідчуємо впровадження наукових результатів та їхню практичну цінність у діяльності компанії «Альтіс-Констракшн».

Перший заступник директора  Максим ЗАБИГАЙЛО

м.п.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ
(КНУБА)



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF UKRAINE

KYIV NATIONAL UNIVERSITY
OF CONSTRUCTION
AND ARCHITECTURE
(KNUCA)

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів наукових досліджень дисертаційної роботи
аспіранта Березуцького Ігора Сергійовича
**«Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів в системі
адміністрування інфраструктурними проєктами»**
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 (F3) «Комп'ютерні науки» у навчальний процес
факультету автоматизації і інформаційних технологій
Київського національного університету будівництва і архітектури

Складено комісією у складі:

- Голова комісії: ТЕРЕНТЬЄВ О.О. – декан факультету автоматизації і інформаційних технологій, голова науково-методичної комісії ФАІТ, доктор технічних наук, професор, гарант 126 спеціальності рівня PhD;
- Члени комісії: АЧКАСОВ І.А. – гарант спеціальності «Комп'ютерні науки» рівня PhD, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій;
ГОНЧАРЕНКО Т.А. – гарант спеціальності «Комп'ютерні науки» рівня МАГІСТР, доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри інформаційних технологій

Комісія провела роботу по визначенню фактичного впровадження результатів дисертаційного дослідження аспіранта Березуцького І. С. на тему: **«Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів в системі адміністрування інфраструктурними проєктами»** у навчальний процес факультету автоматизації і інформаційних технологій КНУБА.

Комісія розглянула такі матеріали:

1. Дисертаційну роботу Березуцького І. С. «Інформаційна технологія інтеграції бізнес-процесів в системі адміністрування інфраструктурними проєктами».
2. Робочі програми та навчально-методичні матеріали освітніх компонент (ОК) «Проектування інформаційних систем», «Архітектура

інформаційних систем, мікросервісна архітектура та контейнеризація» «Інтелектуальні методи оптимізації складних систем» та «Управління ІТ програмами, портфелями проєктів та офіс управління проєктами».

За результатами роботи комісії встановлено:

У межах ОК «Проектування інформаційних систем» використано результати дослідження щодо моделювання та інтеграції бізнес-процесів, методів побудови інформаційних моделей управління інфраструктурними проєктами, а також підходів до забезпечення взаємодії між компонентами інформаційних систем.

У дисципліні «Архітектура інформаційних систем, мікросервісна архітектура та контейнеризація» застосовано матеріали щодо розроблення сервісно-орієнтованої та мікросервісної архітектури систем адміністрування інфраструктурних проєктів, інтеграції програмних компонентів, використання контейнеризації та засобів оркестрації сервісів.

Під час викладання дисципліни «Інтелектуальні методи оптимізації складних систем» використано результати дослідження, пов'язані із застосуванням інтелектуальних методів аналізу та оптимізації бізнес-процесів, моделей підтримки прийняття рішень, а також методів підвищення ефективності адміністрування інфраструктурних проєктів.

У дисципліні «Управління ІТ програмами, портфелями проєктів та офіс управління проєктами» впроваджено результати дослідження щодо цифровізації процесів управління проєктами, інтеграції інформаційних потоків, автоматизації процесів моніторингу та координації виконання інфраструктурних проєктів.

Комісія підтверджує, використання результатів дисертаційного дослідження аспіранта Березуцького І. С. у навчальному процесі факультету сприяє підвищенню якості підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 122 (F3) «Комп'ютерні науки», формуванню практичних компетентностей у сфері проєктування та адміністрування інформаційних систем, управління ІТ-проєктами та застосування сучасних інформаційних технологій.

Голова комісії:

д.т.н., професор,
декан ФАІТ



Олександр ТЕРЕНТЬЄВ

Члени комісії:

д.т.н., професор,
професор
кафедри інформаційних технологій

Ігор АЧКАСОВ

д.т.н., професор,
завідувачка кафедри
інформаційних технологій

Тетяна ГОНЧАРЕНКО

ДОДАТОК Б. СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз

1. **І. С. Березуцький**, Можливість використання методів прийняття рішень для інформаційних систем управління проєктами. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. No 57. С. 12–19, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.12-19](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.12-19) Фахове видання категорії «Б».

2. **I. Berezutskyi**, Method for analyzing project characteristics. Management of Development of Complex Systems, 61, 145–150, 2025, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.61.145-150](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.61.145-150) Фахове видання категорії «Б».

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus

3. **I. Berezutskyi**, T. Honcharenko. Potential implications of artificial intelligence for project management information systems. V International Workshop IT. Project Management, ITPM 2024, Bratislava, Slovakia, 2024 Scopus, Web of Science DOI: 10.13140/RG.2.2.30479.97449 Scopus, Web of Science.

Особистий внесок автора полягає у дослідженні структури сучасних інформаційних систем управління проєктами, формалізації їх функціональних модулів, аналізі можливостей використання технологій штучного інтелекту в кожному модулі окремо та визначенні перспективних напрямів розвитку інтелектуальних ІСУП.

4. **I. Berezutskyi**, T. Honcharenko, M. Tsai, M. Zdrilko, I. Sachenko. IT project characteristics analysis results validation. 6th International Workshop IT Project Management Thursday, May 22, 2025, pp. 114-126, <https://ceur-ws.org/Vol-4023/paper11.pdf> Scopus, Web of Science.

Особистий внесок автора полягає у розробленні методики збору характеристик ІТ-проєктів, формуванні структури анкети дослідження, організації збору емпіричних даних, проведенні статистичного аналізу отриманих результатів та перевірці коректності запропонованого методу аналізу характеристик проєктів.

5. **I. Berezutskyi, T. Honcharenko** The Sub-system for project methodology choosing in the information system, INFORMATION TECHNOLOGIES: THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS (ITTAP-2025 The 5th International Workshop. October 22-24, 2025 Scopus, Web of Science. <https://ceur-ws.org/Vol-4146/short07.pdf>

Особистий внесок здобувача полягає у розробленні архітектури підсистеми вибору методології управління проєктами, формалізації механізму отримання та обробки характеристик проєкту, реалізації логіки формування рекомендацій щодо вибору методології управління.

Наукові праці, що представлені як тези доповіді у міжнародних науково-технічних конференціях

6. **I. Berezutskyi, T. Honcharenko, G. Ryzhakova, O. Tykhonova, V. Pokolenko, I. Sachenko.** Methodological Approach for Choosing Type of IT Projects Management. 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Kazakhstan, Astana 2024, pp. 14-19. <https://doi.org/10.1109/SIST61555.2024.10629587> Scopus, Web of Science.

Особистий внесок автора полягає у формуванні концепції автоматизованого вибору методології управління проєктами, розробленні системи критеріїв оцінювання, формалізації підходу до порівняння альтернативних методологій та математичному описі процесу прийняття рішень.

7. **I. Berezutskyi, S. Tsiutsiura, I. Rusan, I. Sachenko, S. Danylyshyn,** Disadvantages of using Scrum Model in IT projects. International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 89-93. DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223589 Scopus, Web of Science

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу практичного використання методології Scrum, систематизації її недоліків та обмежень, формалізації критеріїв оцінювання ефективності застосування Scrum у різних типах IT-проєктів та підготовці рекомендацій щодо умов її використання.

8. **I. Berezutskyi, T. Honcharenko, M. Tsai, M. Zdrilko, I. Sachenko. N. Batyr,** Database-driven Information System for Support IT Project Methodology

Selection, 2026 IEEE 6th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2026 *Scopus*, *Web of Science*.

Особистий внесок автора: у розробленні архітектури інформаційної системи, формуванні структури бази знань.

Тези доповідей наукових та науково-практичних конференцій

9. **I. Berezutskyi**, S. Tsiutsiura, N. Popovych. Advantages of microservices architecture. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 30.11.2022. С.351 <https://drive.google.com/file/d/1M7G7eFmtYorlxPTsTltRxq9rhPhemwB/view>

Особистий внесок автора полягає у дослідженні принципів мікросервісної архітектури, аналізі її переваг для побудови масштабованих інформаційних систем та формалізації архітектурних підходів до реалізації розподілених програмних рішень.

10. S. Tsiutsiura, **I. Berezutskyi**, Problem of using scrum model. X Міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком технологій 2023», КНУБА, Україна, Київ, 2023. С. 9 https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/04/2023_h_mizhnarodna_konf_urt_zbirnyk_tez.pdf

Особистий внесок автора полягає у дослідженні практичних обмежень використання методології Scrum, аналізі факторів, що впливають на ефективність її застосування, та формалізації переліку основних проблем, які можуть виникати під час управління IT-проектами.

11. **Ihor Berezutskyi**. Information system for infrastructure project management type selection. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 29.11-02.12.2023. С.451 <https://drive.google.com/file/d/18Hg2JA7eP4qkqhJbW4szjTBIwela-9bW/view>

Особистий внесок автора полягає у формуванні концепції інформаційної системи вибору методології управління інфраструктурними проектами, визначенні її функціональної структури та формалізації основних принципів підтримки прийняття управлінських рішень.

12. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Концепція вибору методів управління в системі адміністрування інфраструктурними проектами. Сучасні тренди цифровізації в освіті та будівництві, 2024. <https://www.knuba.edu.ua/suchasni-trendy-czyfrovizacziyi-v-systemah-menedzhmentu-osvitnih-ta-budivelnyh-organizacziy/>

Особистий внесок автора полягає у розробленні концептуальних засад вибору методології управління інфраструктурними проектами, формалізації критеріїв оцінювання характеристик проекту та визначенні структури інформаційної підтримки процесу прийняття рішень.

13. **І. Березуцький.** Вибір методу управління ІТ проектом. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 2024, с. 397-398. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf

14. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Потенціал ІІІ для систем управління проектами. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, 2024, с. 399-400. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf

Особистий внесок автора полягає у аналізі використання ІІІ для модулів ІСУП.

15. **Ігор Березуцький.** Архітектура вибору методів управління в інформаційній системі адміністрування інфраструктурними проектами. Круглий стіл "Економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як передумови трансформації будівельної галузі". КНУБА, жовтень, 2024

16. **Ihor Berezutskyi.** Hybrid method for selecting project methodology in IT infrastructure environment. Бізнес Форум 3.12.2024

17. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Додаток для вибору методу управління проектом X International Scientific and Practical Conference: Physical and Technological Problems of Transmission, Processing, and Storage of Information in Infocommunication Systems (PREDT-2025) <https://drive.google.com/drive/folders/1WtGHYXGLooQgBSCqNW32qOV0mj0-bQr8?usp=sharing>

Особистий внесок автора полягає у розробленні архітектури мобільного застосунку, проєктуванні механізму збору характеристик

проекту, реалізації логіки взаємодії користувача з рекомендаційним ядром та формалізації процесу формування рекомендацій щодо вибору методології управління.

18. **І. Березуцький, Т. Гончаренко.** Підсистема вибору методології проекту в інформаційних технологіях. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, очікування конференції, 451-452.
<https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2025.pdf>

Особистий внесок автора полягає у розробленні функціональної структури підсистеми вибору методології проекту, формалізації процесів обробки параметрів проекту, побудові рекомендаційного механізму та визначенні принципів інтеграції підсистеми до інформаційних систем управління проектами.

19. **І. Березуцький.** Валідація результатів аналізу характеристик ІТ-проекту. Міжнародна науково-практична конференція «Буд-майстер-клас» КНУБА, координація секції №7 Інформаційні технології, очікування конференції, с. 449-450 <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2025.pdf>

ДОДАТОК В. Результати онлайн-анкетування

Таблиця В.1

Адаптований фрагмент історичних даних проєктів, використаних для
побудови та валідації методу вибору методології управління

№	Тривалість проєкту	Розмір команди	Характер проєкту	Складність	Галузь	Методологія управління	Результат проєкту
1	Менше 1 року	До 10 осіб	Інфраструктурний	Помірна	Роздрібна торгівля	Hybrid	Виконано вчасно та в межах бюджету
2	1 рік	До 10 осіб	Розробка	Проста	Охорона здоров'я	Scrum	Виконано із перевищенням бюджету або термінів
3	1 рік	11–50 осіб	Розробка	Помірна	Роздрібна торгівля	Scrum	Виконано із перевищенням бюджету або термінів
4	1 рік	Понад 50 осіб	Інтеграція, розробка	Висока	Фінанси	Hybrid	Виконано із перевищенням бюджету або термінів
5	Понад 2 роки	11–50 осіб	Підтримка (KTLO)	Проста	Виробництво	Kanban	Виконано вчасно та в межах бюджету
6	Понад 2 роки	Понад 50 осіб	Розробка	Висока	Страхування	Hybrid	Виконано із перевищенням бюджету або термінів
7	Понад 2 роки	До 10 осіб	Інтеграція	Помірна	Туризм	Kanban	Виконано із перевищенням бюджету або термінів
8	Менше 1 року	11–50 осіб	Розробка	Висока	Інформаційні технології	Scrum	Проєкт не завершено успішно
9	Менше 1 року	До 10 осіб	Інтеграція	Висока	Неприбуткова організація	Hybrid	Виконано вчасно та в межах бюджету
10	Менше 1 року	11–50 осіб	Інтеграція	Висока	Охорона здоров'я	Scrum	Виконано із перевищенням бюджету або термінів

До бази історичних даних було включено результати анкетування фахівців, які брали участь в управлінні ІТ та інфраструктурними проєктами. Загальний обсяг сформованої вибірки становить 85 проєктів, для яких було зібрано 26 характеристик, що описують параметри проєктного середовища,

особливості команди, використану методологію управління, ризики та результати реалізації проєкту.

У таблиці В.1 наведено фрагмент набору даних, який використовувався під час побудови, налаштування та валідації розробленого методу вибору методології управління інфраструктурними проєктами. Повний набір даних застосовувався для формування статистичних залежностей між характеристиками проєктного середовища та результатами реалізації проєктів, розрахунку вагових коефіцієнтів критеріїв, побудови матриць відповідності та проведення експериментальних досліджень, результати яких наведені в розділі 4 дисертаційної роботи.

ДОДАТОК Г. Артефакти інформаційної системи

Нижче наведені рис. Г.1-Г.3 з візуалізацією інтерфейсу інформаційної системи

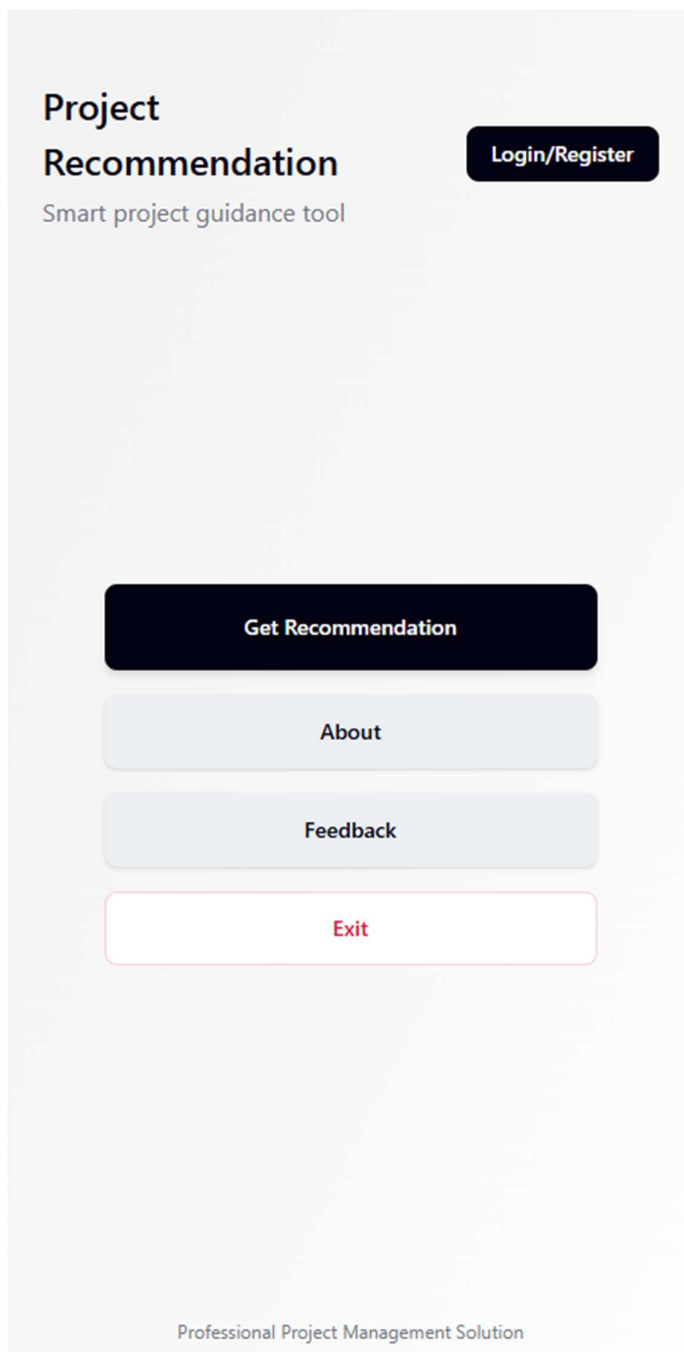


Рисунок Г.1 – Головне меню інформаційної системи

Project Questionnaire

Help us understand your project requirements

Project Details

Project Duration

Select project duration ▾

Project Size

Select project size ▾

Project Nature

Select project nature ▾

Project Industry

Select project industry ▾

[Back](#)[Get Recommendation](#)

Рисунок Г.2 – функціональний екран збору даних задля надання рекомендацій.

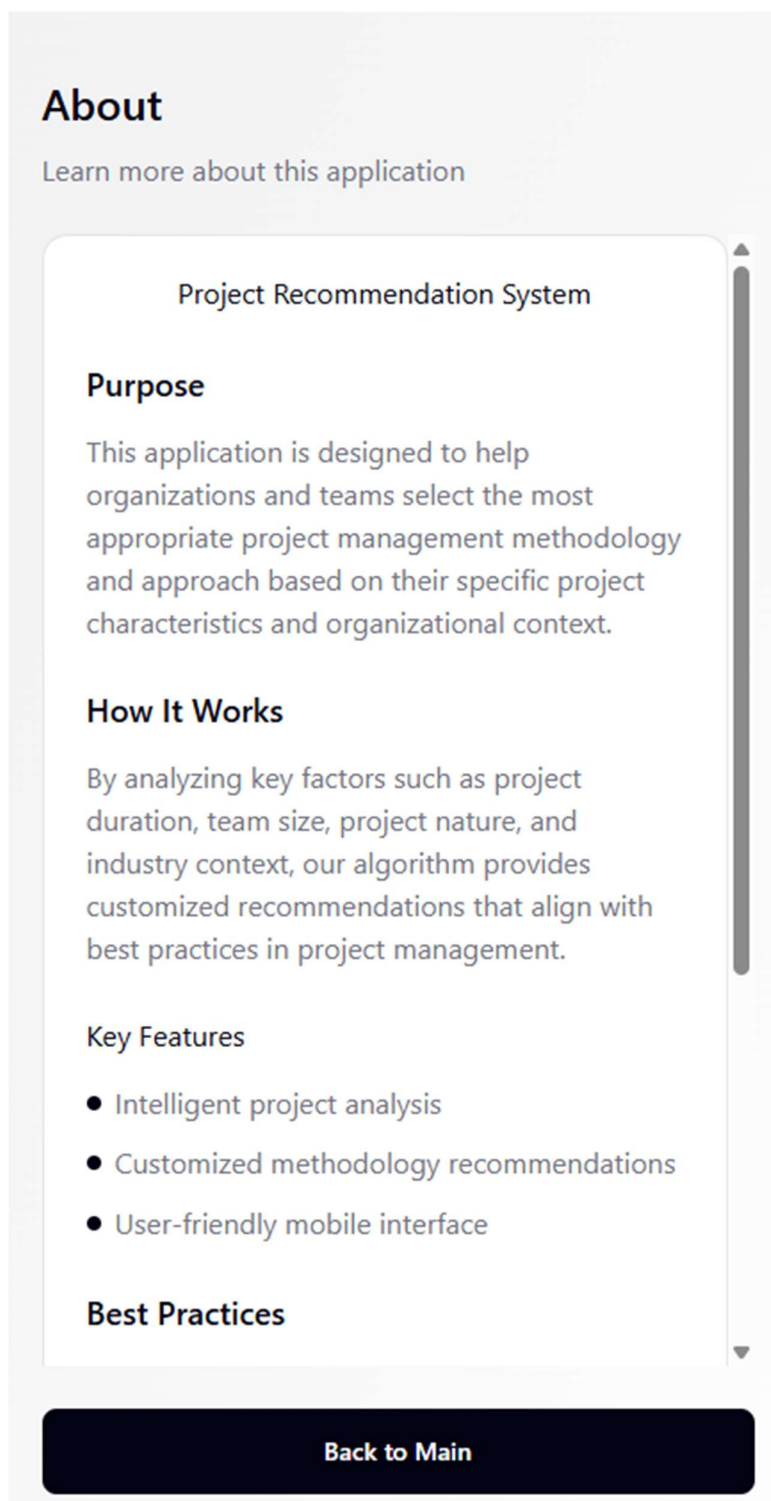


Рисунок Г.3 – Меню із загальною інформацією щодо інформаційної системи

Приклад коду головного меню інформаційної системи на мові програмування Dart наведено нижче:

```
import 'package:flutter/material.dart';
import '../widgets/app_button.dart';
import '../widgets/app_colors.dart';

class MainScreen extends StatelessWidget {
  final Map<String, String>? user;
  final VoidCallback onLogin;
  final VoidCallback onQuestionnaire;
  final VoidCallback onAbout;
  final VoidCallback onFeedback;
  final VoidCallback onExit;

  const MainScreen({
    Key? key,
    this.user,
    required this.onLogin,
    required this.onQuestionnaire,
    required this.onAbout,
    required this.onFeedback,
    required this.onExit,
  }) : super(key: key);

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Container(
      decoration: const BoxDecoration(
        gradient: LinearGradient(
          colors: [Color(0xFFF9F9FB), Color(0xFFF1F2F6)],
          begin: Alignment.topLeft,
          end: Alignment.bottomRight,
        ),
      ),
      child: Scaffold(
        backgroundColor: Colors.transparent,
        body: Column(
          children: [
            Expanded(
              child: SafeArea(
                child: Column(
                  children: [
                    Padding(
```



```

padding: const EdgeInsets.symmetric(horizontal: 24,
vertical: 24),
child: Column(
  crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
  children: [
    Row(
      mainAxisAlignment:
MainAxisAlignment.spaceBetween,
      children: [
        Expanded(
          child: Text(
            "Project Recommendation",
            style:
Theme.of(context).textTheme.headlineSmall?.copyWith(
              fontWeight: FontWeight.bold,
              color: AppColors.primary,
            ),
          ),
        ),
        ),
        ),
        AppButton(
          text: "Login/Register",
          onPressed: onLogin,
          variant: ButtonVariant.defaultVariant,
          size: ButtonSize.sm,
        ),
      ],
    ),
    const SizedBox(height: 4),
    Text(
      "Smart project guidance tool",
      style:
Theme.of(context).textTheme.bodyMedium?.copyWith(
        color: AppColors.textSecondary,
      ),
    ),
    ),
    ),
    ),
    Expanded(
      child: Center(
        child: Column(
          mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.min,
          children: [
            const SizedBox(height: 16),
            FractionallySizedBox(

```

```

widthFactor: 0.8,
child: AppButton(
  text: "Get Recommendation",
  onPressed: onQuestionnaire,
  variant: ButtonVariant.defaultVariant,
  size: ButtonSize.lg,
),
),
  const SizedBox(height: 16),
FractionallySizedBox(
  widthFactor: 0.8,
  child: AppButton(
    text: "About",
    onPressed: onAbout,
    variant: ButtonVariant.secondary,
    size: ButtonSize.lg,
    customBackgroundColor: Color(0xFFC9CBCF),
    customBorderColor: Color(0xFFC9CBCF),
    customTextColor: AppColors.textPrimary,
    // Custom background color
    // Use a Container if AppButton does not support
background override
  ),
  ),
  const SizedBox(height: 16),
FractionallySizedBox(
  widthFactor: 0.8,
  child: AppButton(
    text: "Feedback",
    onPressed: onFeedback,
    variant: ButtonVariant.secondary,
    size: ButtonSize.lg,
    customBackgroundColor: Color(0xFFC9CBCF),
    customBorderColor: Color(0xFFC9CBCF),
    customTextColor: AppColors.textPrimary,
  ),
  ),
  const SizedBox(height: 16),
FractionallySizedBox(
  widthFactor: 0.8,
  child: AppButton(
    text: "Exit",
    onPressed: onExit,
    variant: ButtonVariant.outline,
    size: ButtonSize.lg,

```

```

        icon: null,
        customBorderColor: AppColors.danger,
        customTextColor: AppColors.danger,
      ),
    ),
    const SizedBox(height: 24),
  ],
),
),
),
],
),
),
),
Padding(
  padding: const EdgeInsets.only(bottom: 16),
  child: Text(
    "Professional Project Management Solution",
    textAlign: TextAlign.center,
    style:
Theme.of(context).textTheme.bodySmall?.copyWith(
  color: AppColors.textSecondary,
),
),
),
],
),
),
);
}
}

```