

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Мокієнко Юлія Миколаївна

УДК 004:[378:005.8](043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ


**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОСВІТНІХ
ПРОЄКТІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ
ТРАНСФОРМАЦІЇ**

122 Комп'ютерні науки

12 Інформаційні технології

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело

_____  Ю.М. Мокієнко

Наукові керівники
Семко Інга Борисівна,
кандидат технічних наук, доцент
Ткаченко Валентин Федорович,
кандидат технічних наук, доцент

Черкаси – 2026

АНОТАЦІЯ

Мокієнко Ю.М. Інформаційна технологія управління ризиками освітніх проєктів закладів вищої освіти в умовах цифрової трансформації – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (12 Інформаційні технології). – Черкаський державний технологічний університет, Міністерство освіти і науки України, Черкаси, 2026.

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальне науково-прикладна задача розробки нових та удосконалення існуючих моделей та методів управління ризиками освітніх проєктів закладів вищої освіти в умовах цифрової трансформації з метою підвищення ефективності управління даними ризиками, що сприятиме успішності реалізації освітніх проєктів.

Для формування завдання дослідження проведено аналіз особливостей освітніх проєктів закладів вищої освіти (ЗВО) в умовах цифрової трансформації, сучасних моделей та методів управління ризиками, інформаційних технологій, які широко застосовуються в проєктній діяльності; ідентифіковані та проаналізовані групи ризиків, притаманних для освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

У роботі наголошено, що підходи ощадливого виробництва є ефективним інструментом безперервного вдосконалення процесів та підвищення цінності для кінцевого споживача не лише для промисловості, яка вимагає постійного моніторингу й контролю процесів та ризиків, а також актуальним для закладів вищої освіти, яким також властиві процесні ризики. Проведено огляд визначень щодо розуміння суті освітнього проєкту та показано, що цифрова трансформація в ЗВО є складним проєктом, реалізація якого пов'язана з низкою ризиків.

Проведений аналіз інформаційних технологій управління освітніми проєктами ЗВО, які використовуються в процесі цифрової трансформації, продемонстрував різноманітність програмних продуктів для управління закладом освіти, вибір яких визначається актуальністю завдання та особливостями ЗВО.

У роботі зазначено, що ризики, які супроводжують освітні проєкти ЗВО в умовах цифрової трансформації, можуть призвести до втрати якості та часу реалізації проєкту, конфіденційності, цілісності та доступності інформації в ЗВО, що сьогодні є вкрай важливим і актуальним.

Розроблена концептуальна модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації передбачає формування методології, яка містить інструментарій та процеси управління ризиками не лише для класичних ризиків, а й для Lean-підходів та цифрових ризиків. Дана модель дозволяє проводити багатокритеріальний аналіз ризиків освітніх проєктів (поєднуючи в собі стратегічні, проєктні та операційні ризики), що дозволяє покращити показники ефективності управління освітніми проєктами та закладом освіти в цілому.

Розроблена математична модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка дозволяє врахувати не лише класичні впливи, а й зокрема операційні та цифрові ризики таких проєктів та обрати той варіант оптимізаційного процесу, який буде найменш ризикованим і відповідати вимогам стейкхолдерів проєкту.

На основі розробленої математичної моделі запропоновано вдосконалений метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. Метод надає можливість провести комплексний аналіз, який за допомогою вагових коефіцієнтів дає можливість врахувати впливи Lean-втрат та цифрової трансформації.

Удосконалена когнітивна модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка надає можливість спростити розрахунки, збільшити швидкість обробки даних та зменшити час опрацювання експертних оцінок та покращує наочність представлення даних. На основі розрахункових даних, визначаються найкритичніші ризики (фактори).

Отримав подальший розвиток метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації на основі когнітивного підходу з використанням нечітких когнітивних карт, який дає можливість визначати найвагоміші загрози освітніх проєктів, зокрема кадровий склад та

контингент студентів.

Розроблена архітектура інформаційної технології управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка дозволяє ефективно реалізувати запропоновану методологію управління ризиками освітніх проєктів ЗВО, застосування якої знижує імовірність настання загрозливих ситуацій, забезпечуючи успішне виконання проєкту.

Автором представлено розроблена web-орієнтована інформаційна система управління ризиками освітніх проєктів для операційної системи Windows, що реалізує запропоновані в даній роботі підходи та рішення з управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Практичне значення одержаних результатів підтверджується впровадженням їх у процеси управління ризиками освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації в різних закладах вищої освіти України, зокрема в Національному транспортному університеті, Центральноукраїнському технічному університеті та Черкаському державному технологічному університеті.

Використання запропонованих автором моделей та методів управління ризиками освітніх проєктів дозволяє підвищити ймовірність успішності реалізації цих проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації.

Ключові слова: проєкти, управління проєктами, освітні проєкти, освітня послуга, заклад вищої освіти, ризики, управління ризиками, ощадливе виробництво, Lean-підхід, когнітивні моделі, граф, матриця суміжності, цифрова трансформація, інформаційна система, інформаційна технологія.

ABSTRACT

Mokienko Yu.M. Information technology for risk management of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 122 Computer Science (12 Information Technology). – Cherkasy State Technological University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Cherkasy, 2026.

The dissertation study solves the current scientific and applied problem of developing new and improving existing models and methods for risks managing of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation in order to increase the efficiency of managing these risks, which will contribute to the successful implementation of educational projects.

To formulate the research task, an analysis of the features of educational projects of higher education institutions (HEIs) in the context of digital transformation, modern models and methods of risk management, information technologies, that are widely used in project activities, was conducted; groups of risks inherent in HEI educational projects in the context of digital transformation were identified and analyzed.

The paper emphasizes that lean manufacturing approaches are an effective tool for continuous process improvement and increasing value for the end user not only for industry, which requires constant monitoring and control of processes and risks, but also relevant for higher education institutions, which are also characterized by process risks. A review of definitions for understanding the essence of an educational project was conducted and it was shown that digital transformation in higher education is a complex project, the implementation of which is associated with a number of risks.

Conducted analysis of information technologies for managing educational projects in higher education institutions, which are used in the process of digital transformation, demonstrated the variety of software products for managing an educational institution, the choice of which is determined by the relevance of the task and the characteristics of the higher education institution.

The paper states that the risks that accompany educational projects in higher education institutions in the context of digital transformation can lead to a loss of quality and time for project implementation, confidentiality, integrity, and accessibility of information in higher education institutions, which is extremely important and relevant today.

The developed conceptual model of Lean management of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation involves the formation of a methodology that contains risk management tools and processes not only for classical risks, but also for Lean approaches and digital risks. This model allows for a multi-criteria analysis of risks of educational projects (combining strategic, project and operational risks), which allows improving the efficiency of management of educational projects and the educational institution as a whole.

A mathematical model of Lean risk management of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation has been developed, which allows taking into account not only classical influences, but also operational and digital risks of such projects and choosing the option of the optimization process that will be the least risky and meet the requirements of project stakeholders.

Based on the developed mathematical model, an improved Lean method for risk management of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation is proposed. The method provides the opportunity to conduct a comprehensive analysis, which, using weighting factors, allows taking into account the effects of Lean losses and digital transformation.

The cognitive model for assessing the risks of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation has been improved, which makes it possible to simplify calculations, increase the speed of data processing and reduce the time for processing expert assessments, and improves the clarity of data presentation. Based on the calculated data, the most critical risks (factors) are determined.

The method of cognitive risk management of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation based on a cognitive approach using fuzzy cognitive maps has been further developed, which makes it possible to determine the most significant threats to educational projects, in particular, the staffing and student contingent.

An information technology architecture for managing educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation has been developed, which allows for the effective implementation of the proposed methodology for managing

risks of educational projects of higher education institutions, the application of which reduces the likelihood of threatening situations, ensuring the successful implementation of the project.

The author presents a developed web-based information system for managing risks of educational projects for the Windows operating system, which implements the approaches and solutions proposed in this work for managing risks of educational projects of higher education institutions in the context of digital transformation.

The practical significance of the obtained results is confirmed by their implementation in the risk management processes of educational projects in the context of digital transformation in various higher education institutions of Ukraine, in particular at National Transport University, Central Ukrainian Technical University, and Cherkasy State Technological University.

The use of the models and methods of risk management of educational projects proposed by the author allows to increase the probability of successful implementation of these projects in higher education institutions in the context of digital transformation.

Keywords: projects, project management, educational projects, educational service, higher education institution, risks, risk management, lean production, Lean approach, cognitive models, graph, adjacency matrix, digital transformation, information system, information technology.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Аналіз ризиків освітніх проєктів в умовах діджиталізації. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. Вип. 48. С. 39–46. (0,75 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.39-46>. URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/259374>. ISSN 2219-5300. *Фахове видання категорії Б* (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу та класифікації ризиків освітніх проєктів в умовах діджиталізації та становить 0,5 друк. арк.

2. Морозова Г. С., Мокієнко Ю. М. Сучасні моделі і методи управління проєктами у вищих закладах освіти. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. Вип. 56. С. 105–115. (1 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.105-115>. URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/299765>. ISSN 2219-5300. *Фахове видання категорії Б* (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу сучасних моделей та методів управління освітніми проєктами в закладах вищої освіти та становить 0,7 друк. арк.

Статті у іноземних виданнях

3. Carlsson A., Mokiienko I., Semko I., Mylnichenko S., Haidaienko O. Application of Cognitive Modeling for Qualitative Analysis of Educational Projects' Risks in Higher Education Institutions. *Information Technology for Education, Science, and Technics Proceedings of ITEST 2024. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. Vol. 222. Springer. 2024. Pp. 370–384. (0,75 д.а.). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71804-5_25. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-71804-5_25. ISSN 2367-4512. *Видання індексується в наукометричній базі Scopus*.

Особистий внесок автора полягає в удосконаленні когнітивної моделі оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО та становить 0,55 друк. арк.

Опубліковані праці апробаційного характеру

4. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Особливості освітніх проєктів. *Управління проєктами: стан та перспективи* : матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв : Видавець Торубара В. В., 2021. (0,25 д.а.). С. 20–22. URL: <https://eir.nuos.edu.ua/items/de18676f-6084-4fae-a15e-70e548ebc2a1>. ISBN 978-617-7472-83-3.

Особистий внесок полягає у виділенні особливостей освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації та становить 0,15 друк. арк.

5. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Управління ризиками освітніх проєктів. *Program, Portfolio Management (P3M-2021)*. Тези доповідей VI

Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 03–04 грудня 2021 року). Одеса : ІШП, 2021. С. 70–72. (0,25 д.а.). URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4600/1/P3M-2021.pdf>.

Особистий внесок полягає у проведенні аналізу та оцінки сучасних методів управління ризиками освітніх проєктів та становить 0,15 друк. арк.

6. Белова О. І., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Огляд інформаційних систем управління у вищій освіті. *Управління проєктами у розвитку суспільства*. Тези доповідей XVIII-ої міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 20 травня 2022 року). Київ : КНУБА, 2022. С. 107–111. (0,2 д.а.). URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4630/1/Тези2022_КНУБА.pdf.

Особистий внесок автора полягає у аналізі та дослідженні програмних засобів для управління освітніми проєктами ЗВО та становить 0,1 друк. арк.

7. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті України. *Інформаційні технології в освіті, науці й техніці (ІТОНТ-2022)* : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Черкаси, 23-25 червня 2022 року). [Електронний ресурс]. Черкаси : ЧДТУ, 2022. С. 161–164. (0,23 д.а.). URL: https://itest.chdtu.edu.ua/Збірник_тез_ІТОНТ-2022_макет_26_06.pdf.

Особистий внесок автора полягає у оцінці дій та наслідків цифрової трансформації вищої освіти, зокрема ЗВО, та становить 0,15 друк. арк.

8. Семко І.Б., Мокієнко Ю. М., Заруцький С. О. Класифікація освітніх проєктів закладу вищої освіти в умовах цифрової трансформації. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану* : тези допов. міжнар. наук.-практ. конф. (сmt. Коблево, 13–16 вересня 2022 року). Харків-Коблево, 2022. С. 110–113. (0,26 д.а.). URL: <https://mmp-conf.org/documents/archive/proceedings2022.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу та класифікації освітніх проєктів та становить 0,15 друк. арк.

9. Семко І. Б., Грабіна К. В., Мокієнко Ю. М. Інноваційна модель керівництва університетом – LEAN-ЗВО. *Program, Portfolio Management (P3M-2022)*. Тези

доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 2-3 грудня 2022 року) Том 1. Одеса : ІШПР, 2022. С. 73–77. (0,3 д.а.). URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4631/1/Одеса%2022-23.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у аналізі закордонного досвіду впровадження Lean технологій в освітнє середовище закладів вищої освіти та становить 0,2 друк. арк.

10. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Меленчук В. М. Концептуальна модель Lean управління проектами у ЗВО. *Управління проектами у розвитку суспільства*. Тези доповідей ХХ-ої міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 12 травня 2023 року). Київ : КНУБА, 2023. С. 217–222. (0,31 д.а.). URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4632/1/Тези%20Київ-2023.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у розробці концептуальної моделі Lean управління освітніми проектами ЗВО в умовах цифрової трансформації та становить 0,2 друк. арк.

11. Семко І., Мокієнко Ю. М., Харута В. Математична модель LEAN управління освітніми проектами у закладах вищої освіти. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проектами та економіці в умовах воєнного стану* : тези допов. міжнар. наук.-практ. конф. (сmt. Коблево, 12–15 вересня 2023 року). Харків-Коблево, 2023. С. 186–191. (0,31 д.а.). URL: <https://mmp-conf.org/documents/archive/proceedings2023.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у розробці математичного прототипу для концептуальної моделі Lean управління освітніми проектами ЗВО в умовах цифрової трансформації та становить 0,2 друк. арк.

12. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Мисник Л. Д. Ідентифікація ризиків у закладі вищої освіти з використанням методики 5W. *Program, Portfolio Management (P3M-2023)*. Тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 1-2 грудня 2023 року) Том 1. Одеса : ІШПР, 2023. С. 54–58. (0,3 д.а.). URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/5512/3/P3M_2023_Семко.pdf.

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу методу 5W для оцінки ризиків освітніх проєктів та становить 0,1 друк. арк.

13. Carlsson A., Мокієнко Ю., Семко І., Мильніченко С., Гайдаєнко О. Застосування когнітивного моделювання для якісного аналізу ризиків освітніх проєктів у ЗВО. *Інформаційні технології в освіті, науці й техніці (ІТОНТ-2024)* : тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції, (Черкаси, 23-24 травня 2024 року). Черкаси : ЧДТУ, 2024. С. 316–319. (0,3 д.а.). URL: https://knsa.chdtu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/Conference-Proceedings-ITEST-2024_25_06.pdf.

Особистий внесок автора полягає у адаптації когнітивного моделювання для аналізу ризиків освітніх проєктів закладів вищої освіти та становить 0,15 друк. арк.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	14
ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1	22
АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	22
1.1. Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті	22
1.2. Аналіз моделей та методів управління проєктами у закладах вищої освіти	29
1.3. Ідентифікація та аналіз ризиків освітніх проєктів закладів вищої освіти	40
1.4. Сучасні моделі та методи управління ризиками освітніх проєктів	42
1.5. Огляд інформаційних систем управління в закладах вищої освіти.....	47
1.6. Постановка задачі наукового дослідження	51
1.7. Висновки до першого розділу.....	52
Список використаних джерел до розділу 1	53
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ТА МЕТОД УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ.....	62
2.1. Методологія та архітектура наукового дослідження	62
2.2. Концептуальна модель Lean управління освітніми проєктами закладів вищої освіти в умовах цифрової трансформації	74
2.3. Математична модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації	80
2.4. Метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації	96
2.5. Висновки за другим розділом	102
Список використаних джерел до розділу 2	103
РОЗДІЛ 3. КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ ЗВО В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ	112
3.1. Когнітивна модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах	

цифрової трансформації	112
3.2. Метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації	133
3.3. Висновки за третім розділом	138
Список використаних джерел до розділу 3	138
РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ	141
4.1. Структура інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації	141
4.2. Опис процесу практичної реалізації інформаційної системи управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації.....	149
4.3. Засоби розробки програмного продукту	167
4.4. Тестування	172
4.5. Технічні проблеми та майбутні плани розробки	180
4.6. Висновки за четвертим розділом.....	181
Список використаних джерел за четвертим розділом.....	182
ВИСНОВКИ.....	185
ДОДАТКИ.....	187
ДОДАТОК А Акти впровадження результатів роботи	188
ДОДАТОК Б Список опублікованих праць за темою дисертації	191
ДОДАТОК В Визначення «освітній проєкт»	195
ДОДАТОК Г Приклади ризиків освітніх проєктів ЗВО (Classic, Lean, Digital) ..	196
ДОДАТОК Д Д1. Фрагмент коду сервісу обробки проєкту	200

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД – бази даних

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ЗВО – заклад вищої освіти

ІКТ - інформаційно-комунікаційні технології

ІТ- інформаційні технології

НKK – нечітка когнітивна карта

НПП – науково-педагогічні працівники

СКБД – система керування базами даних

CLD – метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (Classic-Lean-Digital)

КО – метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації

MSP – структурована методологія управління програмами

P2M (*Project and Program Management for Enterprise Innovation*) – керівництво з управління інноваційними проєктами та програмами підприємств

UML (*Unified Modeling Language*) – уніфікована мова моделювання

WAM (Waste Assessment Model) – модель оцінки відходів

WAQ (Waste Assessment Questionnaire) – опитувальника оцінки відходів

WRM (Waste Relation Matrix) – матриця співвідношення відходів

ВСТУП

Актуальність теми.

Стрімкі темпи інформатизації суспільства й розвитку інформаційних технологій (ІТ) в різних галузях, зокрема й в освітній, кардинальні зміни внутрішнього та зовнішнього середовища в закладах вищої освіти (ЗВО), які розпочались ще в 2019 році під час пандемії і продовжують вносити свої корективи під час воєнного стану в Україні, змушують університети удосконалювати дистанційне навчання, переносити інформаційні технології адміністрування та управління університетом в хмару. В той же час, українські заклади вищої освіти активно беруть участь у міжнародних грантових проєктах, використовуючи стандартизовані, хмарні ІТ-рішення для спільної роботи команд, які працюють з різних куточків світу.

Все це перетворило цифрову трансформацію вищої освіти із ряду «бажаних» інновацій в щоденну необхідність для виживання і розвитку. Інформаційні технології давно перестали бути просто допоміжними інструментами, а стали ключовим середовищем управління, планування, реалізації та моніторингу освітніх проєктів, що гарантує їхню якість, гнучкість та ефективність.

Враховуючи вище зазначене, сучасні освітні проєкти реалізуються в динамічних умовах, що пов'язані з нестабільністю та потребують врахування складних факторів та впливів зовнішнього середовища. В той же час, внутрішнє функціонування та взаємодія в закладі вищої освіти повинні відповідати чинному законодавству, бути привабливими та конкурентноздатними на ринку освітніх послуг, тому для підвищення ефективності управління освітніми проєктами суттєвого значення набувають процеси, які пов'язані з аналізом та управлінням ризиками, дослідженням передумов виникнення та розробкою заходів щодо їх запобігання.

Значний внесок у становлення та розвиток науково-методичних основ управління проєктами зробили С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін, В.І. Польшаков, В.А. Рач, О.Б. Данченко, С.К. Чернов, Ю.М. Тесля, І.В.

Кононенко, І.В. Чумаченко, Д.А. Бушуєв, В.В. Морозов, О.В. Малєєва, В.М. Молоканова, Т.А. Воркут, та ряд інших дослідників.

Питання управління ризиками проєктів, зокрема й застосування протиризикового підходу, розглядали у своїх працях такі науковці, як: С.Д. Бушуєв, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін, В.А. Рач, О.Б. Данченко, С.К. Чернов, К.В. Колеснікова, Д.І. Бедрій, М.О. Латкін, Є.А. Дружинін, І.Б. Семко та інші науковці.

Дослідження впровадження та удосконалення інформаційних технологій в управлінні проєктами у різних сферах діяльності проводили С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва, В.Д. Гогунський, А.О. Білощицький, О.Б. Данченко, Ю.М. Тесля, В.В. Морозов, О.Є. Колесніков, С.В. Цюцюра, М.І. Цюцюра, Н.Ю. Єгорченкова, Ю.Л. Хлевна, В.В. Шендрик, С.В. Білощицька, Л.В. Ноздріна, О.Ю. Кучанський та ряд інших дослідників.

В наукових роботах українські вчені адаптували світові стандарти протиризикового підходу до вітчизняних реалій та суттєво розширили теоретико-методологічну базу управління ризиками. Визначили ризики через призму організаційної поведінки, компетентнісного підходу та когнітивних упереджень. Для кількісного оцінювання ризиків використали ланцюги Маркова, теорію ентропії, нейронні мережі на основі нечіткої логіки. Водночас час Lean-підходи, що активно впроваджуються в промисловості для ефективного безперервного вдосконалення процесів, що тим самим зменшує ймовірність виникнення ризиків, ще недостатньо досліджені вітчизняними вченими. Натомість у закордонній науковій спільноті вже досліджується впровадження Lean-підходів у заклади вищої освіти. Adeinat, I., Al Rahahleh, N., & Al Bassam, T. запропонували метод Lean Six Sigma за допомогою методології DMAIC у процесі управління забезпеченням навчання. Singh, J. проаналізував застосування принципів Lean-управління до процесу перегляду освітньої програми в ЗВО. Shanshan, S., Wenfei, L., & Lijuan, L. запропонували методи вдосконалення системи навчальних програм у ЗВО шляхом використання структури методології Lean Six Sigma «Визначення-Вимірювання-Аналіз-Вдосконалення-Контроль» у поєднанні з аналізом великих даних. Oliveira,

Т., Junior, J. V. M., Gurgel, A. M., & de Almeida Silva, V. продемонстрували, як техніка Канбан допомагає в управлінні ризиками в процесі закупівель ЗВО.

Отже, запровадження Lean-підходів та інформаційних технологій під час оцінки ризиків освітніх проєктів у ЗВО, зокрема для дослідження ризиків, дозволить ефективно виявляти та усувати першопричини ризиків, оптимізувати внутрішні процеси та запобігти втратам, що суттєво підвищить стійкість і конкурентоспроможність ЗВО в умовах непростого сьогодення.

Отже, особливої актуальності набуває розробка спеціалізованої інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації, яка дозволить інтегрувати інноваційні підходи оцінки ризиків в єдину систему, що враховує особливості ощадливого виробництва та класичні концепції управління проєктами.

У зв'язку з цим виникає актуальне науково-прикладна задача, яка обумовлена запитом практики та спрямована на підвищення ефективності управління освітніми проєктами ЗВО за рахунок розробки нових та вдосконалення існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління освітніми проєктами ЗВО, зокрема, їхніми ризиками, в умовах цифрової трансформації.

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

Робота виконана у відповідності до тематики наукових планів кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу Черкаського державного технологічного університету в рамках науково-дослідної роботи «Розробка інформаційних технологій цифрової трансформації соціо-економічних систем» (№ державної реєстрації 0120U100963, 2020-2023 р.р.) та «Теоретичні основи інформаційних технологій управління проєктами та портфелями проєктів бізнесу та підприємств в умовах відбудови та розвитку» (№ державної реєстрації 0123U105138, 2024-2027 р.р.), де автор був виконавцем окремих розділів.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації шляхом розробки нових та вдосконалення існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління ризиками освітніх проєктів.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних завдань дисертаційного дослідження:

- провести аналіз наукових досліджень та прикладних напрацювань в контексті особливостей освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, моделей, методів та інформаційних технологій управління ризиками освітніх проєктів закладів вищої освіти;
- запропонувати концептуальну модель управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації;
- розробити математичну модель управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації;
- розробити метод управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації;
- удосконалити когнітивну модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації;
- розвинути метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації;
- розробити інформаційну систему управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації;
- застосувати на практиці розроблені інструменти управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Об'єктом дослідження є процеси управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Методи дослідження. Методологічна основа дослідження представлена такими методами: системний аналіз в процесі визначення особливостей освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації та ризиків таких проєктів; методи ризик-менеджменту для ідентифікації та оцінки ризиків освітніх проєктів; методи експертної оцінки та «мозковий штурм» для оцінки імовірності виникнення ризиків та їх пріоритетності; метод математичного моделювання для дослідження процесів

управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації; методи Lean-підходів; метод когнітивного моделювання для управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Наукова новизна одержаних результатів. При вирішенні поставленої задачі отримані наукові результати.

Вперше:

- розроблено концептуальну модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, що полягає в інтеграції класичного трикутника управління проєктами з Lean-трикутником та мінімізацією ризиків проєктів, і, на відміну від існуючих моделей, дозволяє отримати інтегральну оцінку ризиків освітнього проєкту;

- розроблено математичну модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка ґрунтується на засадах класичного підходу проєктного менеджменту до управління ризиками та підходу ощадливого виробництва в умовах цифрової трансформації, і, на відміну від існуючих моделей, дозволяє ще на етапі аналізу ризиків застосувати методи класичного ризик-менеджменту, підхід ощадливого виробництва та враховувати особливості впливу цифрових технологій на освітній проєкт;

- розроблено метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, який базується на одночасному врахуванні трьох груп ризиків освітніх проєктів (класичних ризиків, Lean-ризиків та цифрових ризиків) та, на відміну від існуючих методів управління ризиками, дозволяє проводити багатокритеріальну оцінку ризиків освітніх проєктів.

Удосконалено:

- когнітивну модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації за рахунок введення додаткових рівнів моделювання в кожній групі ризиків проєкту, яка дозволяє проаналізувати причинно-наслідкові зв'язки між ризиками освітнього проєкту, оцінити їхні впливи один на одного та підготувати рекомендації для подальшого прийняття рішень проєктним менеджером щодо зменшення ризиків освітнього проєкту;

Отримав подальший розвиток:

- метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації за рахунок проведення сценарного аналізу фінальних оцінок ризиків, який дозволяє дослідити за допомогою сценарного моделювання зміни, що відбуваються в когнітивній моделі ризиків проєкту.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці web-орієнтованої інформаційної системи управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, зокрема, управління ризиками таких проєктів, яка дозволяє здійснювати оцінку ризиків проєктів з точки зору трьох підходів – класичного управління ризиками, Lean-підходу та враховувати ризики цифровізації.

Практичне значення отриманих результатів наукового дослідження підтверджується впровадженням представлених моделей, методів та інформаційної системи управління освітніми проєктами в Черкаському державному технологічному університеті (Акт використання результатів від 09.01.2026), а також на кафедрі інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного транспортного університету (Акт використання результатів №134/01-08 від 17.03.2026) та в Центральнотернопільському національному технічному університеті (Акт використання результатів від 16.02.2026) (Додаток А).

Результати роботи можуть бути використані в діяльності закладів вищої освіти будь-якої форми власності під час реалізації освітніх проєктів.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, що виносяться на захист, одержані здобувачем самостійно. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особисто дисертанту належать (Додаток Б): [1] – проаналізовані та класифіковані ризики освітніх проєктів в умовах диджиталізації; [2] – проаналізовані сучасні моделі та методи управління освітніми проєктами в закладах вищої освіти; [3] – запропоновано вдосконалення когнітивної моделі оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО; [4, 8] – досліджено особливості та класифікацію освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації; [5] – проведено аналіз та оцінку сучасних методів

управління ризиками освітніх проєктів; [6] – проаналізовано програмні засоби для управління освітніми проєктами ЗВО; [7] – проведена оцінка дій та наслідків цифрової трансформації вищої освіти, зокрема ЗВО; [9] – досліджено закордонний досвід впровадження Lean технологій в освітнє середовище закладів вищої освіти; [10] – запропоновано концептуальну модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації; [11] – запропоновано математичний прототип для концептуальної моделі Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації; [12] – проаналізовано метод 5W для оцінки ризиків освітніх проєктів; [13] – адаптовано когнітивну модель для аналізу ризиків освітніх проєктів у закладах вищої освіти.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на таких національних та міжнародних конференціях: XIX, XX Міжнародна конференції «Управління проєктами у розвитку суспільства» (м. Київ, 2022 – 2023); XVII Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами: стан та перспективи» (м. Миколаїв, 2021); VI, VII, VIII Міжнародні науково-практичні конференції Project, Program, Portfolio Management (м. Одеса, 2021 – 2023); VI, VII Міжнародні науково-практичні конференції «Інформаційні технології в освіті, науці й техніці» ІТОНТ (м. Черкаси, 2022, 2024); Міжнародні науково-практичні конференції «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану» (м. Коблево, м. Харків, 2022 – 2023).

Публікації.

За результатами дослідження опубліковано 13 наукових праць: 2 наукові статті у фахових виданнях України, 1 наукова стаття у іноземному спеціалізованому виданні, що входить до наукометричної бази Scopus; 10 тез доповідей на наукових конференціях (Додаток Б).

Структура дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків. Загальний обсяг дисертації – 222 сторінки, з них основного тексту – 124 сторінки. Дисертація містить 48 рисунків та 11 таблиць в основному тексті та посилання на 148 використаних джерела.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті

Сьогочасний світовий простір вже давно вийшов за рамки побудови інформаційного суспільства, адже цифрові технології поглинають усе більше сфер суспільного життя, радикально змінюючи методи, форми та інструменти їх реалізації. Цифровий технологічний вибух, який відбувається протягом останніх десятиліть, змінює все: економіку, державу, освіту, суспільство тощо.

Цифрове суспільство набирає обертів. Воно інтенсивно та продуктивно використовує цифрові технології для власних потреб (самореалізація, робота, відпочинок, навчання, дозвілля для кожного), а також для досягнення та реалізації спільних економічних, суспільних та громадських цілей [1].

«Все, що може бути дигітизоване (від англ. digitize — цифровий), має та буде дигітизованим» [2].

Сьогодні цифрова трансформація є визначною тенденцією розвитку людської цивілізації. За допомогою її інструментів формується більш інклюзивне суспільство, розробляються кращі механізми управління в різних галузях. Підвищується якість співпраці людей, надається можливість скористатися більшим розмаїттям товарів та послуг за нижчими цінами. Розширюється доступ до освіти, охорони здоров'я, банківських операцій, державних послуг тощо.

Цифрова трансформація не обмежується винятковим використанням технологій, вона характеризується зміною культури та методів, інтегрованої в усі сфери роботи, трансформує і полегшує управління різними процесами та командами. До численних переваг цифрової трансформації слід віднести підвищення ефективності та продуктивності систем, мінімізація витрат, швидке, ефективніше прийняття рішень у реальному часі та децентралізацію виробництва, скорочення часу та витрат на розробку, підвищення якості продукції та проєктів.

У напрацюваннях експертів ІТ-галузі наголошується, що стрімке поширення

цифрових технологій, зробить цифрові навички громадян ключовими серед інших навичок XXI століття. Відбудеться зміна одного з принципів навчання, а саме: перехід від принципу навчання «знати все» до принципу «знати, як навчатися протягом життя та стати самореалізованим та конкурентоздатним»[3].

Цифровізація стала одним з основних елементів світового процесу глобалізації, про що приміром свідчить статистика Організації Об'єднаних Націй, згідно з якою, у 2025 році близько 6 мільярдів людей, що становить більше 74% від усього населення планети, є користувачами Інтернету [4]. Також, різні дослідники прогнозують, що в найближчі 10 років велика кількість професій, в найрізноманітніших галузях, зникне, а роботу виконуватимуть розумні механізми. Однак, прогнозується поява нових професій, у галузях науки, творчості, управління та інших сферах, в яких людина завжди буде необхідною складовою [3].

Дослідники цифрових трансформацій застосовують словосполучення «цифровий вихор», з метою показати, як невеликі зміни завдяки цифровим технологіям набирають вихрону швидкість та перетворюються на величезні світові трансформації: відкриваються нові можливості, народжуються нові знання та інформація, з'являються нові бізнес-моделі, компанії, індустрії – так вихор цифровізації трансформує світ та країни. Стрибкоподібний розвиток, який означає швидку зміну, здійснену організацією, суспільством, сферою або країною для переходу на вищий рівень розвитку завдяки технологіям, минаючи проміжні стадії, які є природними в інших випадках називають «цифровим стрибком» [5].

Впровадження цифрових технологій в усі сфери життя: від взаємодії між людьми до промислових виробництв, від предметів побуту до дитячих іграшок, одягу тощо [1], через новітні механізми (платформи), сприяють економічну зростанню завдяки приросту ефективності та збільшенню продуктивності від їх використання.

Пріоритетними та перспективними напрямками розвитку цифрових технологій є: перехід від біологічних та фізичних систем у кібербіологічні та кіберфізичні; перехід діяльності з реального світу у світ віртуальний (онлайн); впровадження цифрових технологій (інтернет речей, роботизація та кіберсистеми, штучний

інтелект, великі дані, безпаперові технології, адитивні технології (3D-друк), хмарні та туманні обчислення, безпілотні та мобільні технології, біометричні, квантові технології, технології ідентифікації, блокчейн тощо [1]. Трансформація наявних аналогових (іноді електронних) продуктів, процесів та бізнес-моделей організації, у нові, в основі яких лежить ефективне використання цифрових технологій.

Питаннями цифрової трансформації наша держава почала опікуватися досить недавно. В результаті, за останні роки Кабінетом міністрів України та різними міністерствами, в тому числі і Міністерством освіти і науки України, видано ряд розпоряджень та документів, в яких окреслені основні проблеми, завдання та напрямки розвитку цифрової трансформації в освіті. До основних розроблених документів слід віднести «Концепцію розвитку цифрових компетентностей»[5], «Пріоритетні напрями та завдання (проекти) цифрової трансформації на період до 2024-2026 року»[6], «Національну економічну стратегію на період до 2030 року»[7], «Стратегію розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки»[9]. 3 травня 2021 року Міністерство освіти і науки України почало обговорення «Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року»[10].

З 2019 року було створено Міністерство цифрової трансформації України, завданням якого є: активізувати та організувати дії в напрямі цифрової трансформації у сфері державного управління, державних послуг та інших сферах життя. Серед основних завдань міністерства стали формування та реалізація державної політики у сферах цифрової трансформації, цифрового розвитку, цифрових інновацій та розвитку інформаційного суспільства. Також серед завдань міністерства зазначено не лише сприяти впровадженню у державних органах і органах місцевого самоврядування технологій цифрових трансформацій, але і координувати діяльність центральних та місцевих органів влади, державних підприємств, установ, організацій, навчальних закладів з питань, що належать до компетенції міністерства, надавати їм методичну допомогу [11].

Визначення 1.1. Цифрова трансформація (Digital Transformation) – це широке поняття, яке охоплює не лише впровадження цифрових технологій, а й фундаментальну зміну підходів, стратегій і моделей діяльності. Вона включає

розробку нових бізнес-моделей, заснованих на цифрових можливостях, а також зміну організаційної культури та принципів взаємодії зі споживачами [12].

Визначення 1.2. Цифрова трансформація у сфері освіти і науки – це комплексна робота над побудовою екосистеми цифрових рішень у сфері освіти та науки, включно зі створенням безпечного електронного освітнього середовища, забезпеченням необхідної цифрової інфраструктури закладів та установ освіти і науки, підвищенням рівня цифрової компетентності, цифровою трансформацією процесів та послуг, а також автоматизацією збору і аналізу даних [13].

Аналіз наукових праць науковців показав, що тенденції цифрової трансформації освіти, поширення новітніх інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та цифрових інструментів забезпечення організації освітнього процесу знаходиться в полі зору вчених, зокрема, окреслюються проблеми розвитку і впровадження цифрових технологій в освіту, пропонуються заходи щодо цифрової трансформації освіти [14]; проводять аналіз цифрової трансформації закладів вищої освіти (ЗВО), виокремлюють компоненти цифрового кампусу, наводять порівняльний аналіз впровадження цифрової трансформації у закладах освіти закордоном [15]; розробляють нові інформаційні технології цифрової трансформації ЗВО [16].

Міністерством освіти і науки України на основі чинного законодавства, стратегій та інших нормативних документів було розроблено одне з ключових положень з питань цифрової трансформації освіти, а саме, «Концепцію розвитку цифрових компетентностей»[17]. В ній зазначено основні цілі та завдання, серед яких варто виокремити наступні:

- здобуття громадянами цифрової освіти з використанням інформаційних ресурсів;
- створення Єдиного державного веб-порталу цифрової освіти Дія. Цифрова освіта;
- підвищення рівня обізнаності громадян щодо небезпек в мережі Інтернет;
- розроблення заходів щодо впровадження цифрових засобів доведення інформації;

- забезпечення правового регулювання з питань формування державної політики у сфері розвитку цифрових навичок та цифрових компетентностей;
- створення індикаторів для моніторингу стану розвитку цифрових навичок та цифрових компетентностей.

Тож, набуття цифрових компетентностей стає базовою потребою для кожного, тому українська система освіти має забезпечувати формування цифрових компетентностей здобувачів освіти, педагогічних та науково-педагогічних працівників, розвиток цифрової інфраструктури та електронних сервісів у закладах освіти, в цілому.

У Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки зазначені операційні та стратегічні цілі і завдання, спрямовані на досягнення мети вищої освіти, розв’язання проблем, протистояння ризикам і викликам. До п’ятірки першочергових стратегій слід віднести: ефективне управління в системі вищої освіти, що є соціально відповідальним; підвищення довіри громадян, держави та бізнесу до освітньої, наукової, інноваційної діяльності ЗВО; забезпечення якісної освітньо-наукової діяльності, конкурентоспроможної вищої освіти, яка є доступною для різних верств населення; інтернаціоналізація вищої освіти України; зробити ЗВО привабливими для навчання та академічної кар’єри. Досягнення цих цілей та розв’язання ідентифікованих ключових проблем пропонується виконати за допомогою десятків завдань, перелічимо лише деякі: провести цифрову трансформацію процесів управління, регулювання та моніторингу в ЗВО та ефективно використовувати цифрові (дистанційні) технології в освітньому процесі; розробити критерії стандартизованих цифрових інструментів для вимірювання результатів навчання та перевірки на академічну доброчесність; безперервно розвивати та удосконалювати системи внутрішнього забезпечення якості як основи для якісної вищої освіти; забезпечити умови для професійного розвитку наукових і науково-педагогічних працівників, зокрема програм постдокторальних досліджень та програм розвитку цифрових компетентностей [9].

Динамічні зміни у сфері вищої освіти сприяють розбудові Європейського освітнього простору. Зокрема, у 2020 році Європейська Комісія затвердила План

дій з цифрової освіти на 2021–2027 роки, Цифрову стратегію Європейської Комісії, Європейську програму розвитку навичок. Формування Європейського дослідницького простору передбачає такі пріоритетні напрями, як прискорення розвитку ефективних цифрових освітніх екосистем, що потребує наявності розвинутої інфраструктури, зв'язку і цифрового обладнання, високоякісного освітнього наповнення, розробки інструментів і безпечних платформ, що відповідають стандартам приватності й етики та є зручними для користувачів, застосування допоміжних технологій для осіб з інвалідністю; ефективне планування та розвиток цифрового потенціалу, включаючи сучасні організаційні можливості, підготовлених наукових, науково-педагогічних та педагогічних працівників, які володіють цифровими компетентностями, розвиток цифрових умінь і компетентностей для цифрової трансформації, зокрема базових цифрових умінь і компетентностей, починаючи з дошкільного віку, поглиблених цифрових навичок, підготовка більшої кількості фахівців у цій сфері, зокрема з урахуванням гендерного балансу [18].

На сьогоднішній день система вищої освіти і науки України зазнає докорінних цифрових змін відповідно до світових тенденцій цифрового розвитку для успішної реалізації кожною людиною свого потенціалу. Тому не лише побудові стратегій і планів потрібно приділити увагу, а необхідно розглянути проблеми, які перешкоджають розвитку в Україні цифрових трендів (рис. 1.1). Застаріла система освіти, методики викладання, відсутність фокусу на STEM-освіту, soft skills та підприємницькі навички, недосконалі моделі трансферу технологій та закріплення знань і вмінь – все це не дає освіті перейти в цифровий простір.

Світові тенденції розвитку як освіти, так і управління освітніми закладами спрямовані на перехід до цифрової трансформації. Це означає, що всі процеси навчання, наукових досліджень, господарської роботи, управління та інших видів діяльності повністю мають переходити в цифрове середовище. Це – вимога часу, яка пов'язана з необхідністю підготовки все більшої кількості фахівців з вищою освітою. Без цифрової трансформації ЗВО неспроможний організувати якісний освітній процес, дистанційну роботу своїх підрозділів, нормально функціонувати,

що негативно впливає на студентів, викладачів, співробітників [12].



Рисунок 1.1 – Цифрові тренди в Україні [1]

Багато закладів освіти вже інвестували в технології підвищення результативності освіти та якості навчання, але недостатньо інтегрують їх із цифровими додатками, які використовуються самим закладом, викладачами та здобувачами вищої освіти.

Можна припустити, що багатьом із них не вистачає ІТ-інфраструктури – автентичного цифрового простору і, відповідно, цифрових робочих місць персоналу та науково-педагогічних працівників (далі НПП). Їх формування є досить глибокою темою, яка потребує ретельного огляду та вже зараз спонукає до побудови оновленого порядку денного – цифрової адженди освіти, де на перших місцях мають стояти питання:

- модернізація системи освіти в закладах освіти усіх рівнів зі спрямованістю на активне використання цифрових технологій;
- передбачення та аналіз потреб використання цифрових технологій в освітньому процесі;
- організація неперервного підвищення кваліфікації у галузі цифрових технологій з метою формування цифрових компетентностей всіх учасників освітнього процесу.

Оновлена цифрова адженда як новий порядок денний має на меті покращити

якість та актуальність формування цифрових компетентностей та навичок, зробити їх більш значущими, а також сприяти науковому дослідженню перспектив їх розвитку [2].

Зважаючи на наведене вище, можна дійти висновку, що більший розвиток цифрової трансформації ЗВО задля створення єдиного цифрового простору, стане фундаментом вирішення функціональних завдань в освітній, науковій, господарській, управлінській та інших сферах ЗВО.

1.2. Аналіз моделей та методів управління проєктами у закладах вищої освіти

У світі швидкими темпами впроваджуються у галузь освіти нові підходи управління, зокрема адаптивні, людиноорієнтовані, проєктний підхід та інші. Використання міжнародних методологій, вимог та стандартів, стрімкий розвиток науки і техніки, інтенсивне та пріоритетне впровадження проєктного підходу в галузь вищої освіти дозволяє ефективно та якісно спланувати проєкти вищої освіти, надає механізми для контролю їх виконання, вимагає ретельного розгляду питання реформування всієї системи вищої освіти як на рівні держави, регіону, так і на рівні окремого ЗВО.

Незважаючи на достатньо велику кількість існуючих сьогодні різноманітних методів і моделей управління проєктами ЗВО, дослідження в цьому напрямі не припиняються.

За останній час ряд науковців проводили свої дослідження, що спрямовані на розробку нових методологій стратегічного управління ЗВО. Зокрема, питаннями адаптації та впровадження стандартів P2M, можливості застосування методології MSP, оцінювання діяльності в ЗВО займаються С.Д. Бушуєв, М.І. Цюцюра, О.В. Криворучко [23], І.І. Оберемок [24], А.Ю. Борзенко-Мірошніченко [25]. Питання формування команди освітніх проєктів, а також розроблення нових моделей та методів управління людськими ресурсами вивчають вітчизняні вчені: І. В. Кононенко [26], О.Б. Данченко [27], Д.І. Бедрій [28], Ю.М. Кузьмінська [29], І.В.

Дронова [30], В.А. Ткаченко [31]. Аналіз їх робіт показує, що формування команди проєкту та управління нею є дуже складною проблемою, яка потребує постійної уваги й удосконалення вже існуючих моделей та методів. Питаннями впровадження різноманітних інформаційних систем управління ЗВО займаються Ю.М. Тесля, Г.О. Заспа [32], Т.А. Лемешко [33], Т.А. Лечаченко [34]. Розробленням методологій ризико-орієнтованого управління займаються В.М. Пітерська [35], С.В. Цюцюра [36] та інші. Методи управління науковими проєктами у ЗВО висвітлено в наукових доробках О.В. Захарченко, С.О. Крамського, О.М. Євдокімова [38], Р.В. Булгакова [39].

Як показує аналіз, освітня галузь потребує розробки нових високоефективних методологій управління освітніми проєктами у ЗВО із застосуванням інформаційних технологій, орієнтованих на специфіку ЗВО [22].

Перш ніж говорити про проєкти в ЗВО необхідно зазначити, що вони є досить різноманітними. Серед них є інноваційні та підтримувальні. До найбільш розповсюджених інноваційних підходів слід віднести: наукові, навчальні, профорієнтовані та ІТ-проєкти. Основною ціллю підтримувальних проєктів є управлінські, фінансові, господарські та інші питання. Більш детальний перелік наведений в праці [40], де зазначено, що кількість напрямків застосування проєктного підходу в організації освітньої діяльності та управління ЗВО досить великий, відповідно і методів, і моделей, які використовуються для цього, досить багато.

В дослідженні [30] автором запропоновано моделі та методи для управління інноваційними проєктами на ринку освітніх послуг. В умовах інтеграції економіки України до європейського простору та проведення реформ системи освіти і приведення її до європейських стандартів, антикризове керування випускаючими кафедрами ЗВО дозволить не лише зберегти науковий потенціал країни, а й запровадити міжнародні стандарти. Для цього ним було розроблено лінгвістичну модель освітнього процесу для дослідження перспективних напрямків трансформації спеціальності або бізнес-тренінгу на основі накопичення інформаційного поля – інтегрованої моделі словника та бібліотеки з навчальної

спеціальності з використанням методу Гамільтона-Ватсона для моделювання освітнього проєкту в ЗВО. Також запропоновано удосконалені методи управління проєктами на основі інтегрованої моделі типових структурних рішень за фахом, шляхом створення інформаційно-аналітичної системи управління навчальними проєктами випускаючих кафедр і відбивання катастроф спеціальності в ЗВО.

В дослідженні [22] автори пропонують ідею японського стандарту P2M застосувати моделі процесів управління проєктами і програмами в галузі освіти, через впровадження «Нової Башти P2M». Вони класифікують освітній проєкт не як окремий проєкт, а як компонент структури програми, що ґрунтується на ціннісному підході інтеграційної сутності P2M. Ними передбачено, що для вирішення проблем професіоналами високого рівня застосовується модель «вміти – знати – застосовувати професійні знання». Але цього недостатньо для освітніх проєктів ЗВО. На їх думку, необхідно: користувачам, що практикують проєктний підхід в управлінні освітніми проєктами у вищій освіті, використовувати всебічну модель управління проєктами; розширити сферу застосування P2M для управління університетом, розвитком системи надання освітніх послуг, інтеграцією ІТ проєктів у систему вищої освіти; застосовувати схематичну, системну та сервісну моделі.

Питаннями розробки методів управління науковими проєктами у ЗВО займаються Крамський С. О., Євдокімова О. М., Захарченко О. В [38]. У своєму дослідженні вони наводять метод розподілу наукових проєктів поміж науковими колективами закладу освіти, що враховує не тільки кадрове забезпечення та навантаження виконавців, а має механізм оцінки успішного виконання проєкту у загальному портфелі наукових проєктів закладу вищої освіти. Також ними розроблено метод оцінки наукового потенціалу науково-педагогічних підрозділів закладу, що враховує не лише кадрову складову, а й рівень забезпеченості даного проєкту, передбачає можливість статичної та динамічної складових наукового потенціалу, що є показником стійкості та розвитку ЗВО, з урахуванням особистих досягнень співробітників.

В таблиці 1.1 перелічено запропоновані нові методи та моделі управління

трудовими ресурсами, управління якістю освітніх проєктів та управління освітніми проєктами, що стосуються розвитку та управління ЗВО.

Таблиця 1.1 – Аналіз методів управління трудовими ресурсами в освітніх проєктах [розроблено на основі [24], [25], [26], [28], [29], [33], [34]]

Напрямок (проблематика) дослідження	Основні наукові результати
Управління трудовими ресурсами	
Формування команд з розробки інформаційно-комунікаційних технологій присвячена робота [26].	Запропоновано метод багатокритеріального відбору кандидата та основні нечітких коефіцієнтів важливості до такої команди. Запропонованих підхід базується на методі багатокритеріального вибору альтернатив з використанням нечітких множин та моделі Парето-ефективності.
Підвищення ефективності управління освітніми проєктами підвищення кваліфікації в освіті дорослих [29].	Розроблено нові моделі та методи формування команд освітніх проєктів підвищення кваліфікації з урахуванням параметрів креативності та кадрових ризиків членів команд таких проєктів. Розроблені когнітивні моделі взаємовпливів кадрових ризиків та параметрів креативності членів команд цих проєктів та метод формування команд освітніх проєктів підвищення кваліфікації.
Формування ефективної команди у сфері наукової діяльності. Даний підхід формування команди проєкту, дозволить проєктним менеджерам сформувати високо-ефективну команду, у роботі [28]	Розроблено концептуальна та системна моделі інтегрованого протиризикового управління науковим проєктом в умовах невизначеності та переходу до циркулярної економіки, яка побудована на основі моделі «Айсберга управління змінами» та дозволяє аналізувати основні фактори впливу на науковий проєкт стейкхолдерів, зокрема ризики, конфлікти та фактори поведінкової економіки.
Управління якістю освітніх проєктів	
Розробка моделі системної динаміки управління якістю освітніх проєктів, шляхом впровадження механізмів повсякденного моніторингу відхилень за	Досліджено питання якості освітніх проєктів пов'язаних з підготовкою здобувачів, наданням їм на відповідному рівні знань, вмінь та навичок. Пошук шляхів задоволення потреб замовників та управління якістю освітніх проєктів, запропоновано вести через повсякденне відстеження та вчасне

Продовження таблиці 1.1

Напрямок (проблематика) дослідження	Основні наукові результати
критеріями якості та трудомісткості [25].	виявлення відхилень за трудомісткістю та якістю, в зоні визначення інтегрального показника якості із подальшим прийняттям управлінських рішень та здійснення певних дій.
Розробка моделі і засоби управління якістю в освітніх проєктах корпоративної інформаційної системи управління проєктами в умовах швидкої зміни потреб зовнішнього середовища [33].	Запропонована інформаційна модель проєктованої освітньої корпоративної інформаційної системи управління якістю вирішує питання наступних напрямків: проводити планування та забезпечення якості, на основі проведеного інтелектуального аналізу та рекомендацій найкращих практик, що закладені в інформаційну систему; проводити контроль якості, через проведення експертизи нових запитів для наявних в системі діючих чи завершених проєктів. Вперше запропонована модель організації портфеля проєктів в освітній корпоративній інформаційній системі на основі спіральної моделі життєвого циклу проєктів. Автором пропонується визначати узагальнений показник якості проєкту в портфелі.
Управління освітніми проєктами, що стосуються розвитку та управління ЗВО	
Інформаційні процеси дуальної освіти [34].	Запропоновано інформаційну модель підтримки прийняття рішень, що здійснено засобами мови моделювання UML та реалізовано, на їх основі, прототип веб-порталу дуального навчання. Взявши за основу метод багатокритеріального аналізу підтримки прийняття рішення VIKOR, автором розроблено модель інформаційних процесів обрання дисципліни за вибором. Вперше розроблено модель інформаційного процесу вступу абітурієнта на дуальну форму навчання з урахуванням впливу альтернатив ранжування на формування рейтингу.
У роботі [24] автором розроблений науково-технічний та науково-	Розроблено методи і моделі структуризації та формування раціональної схеми виконання дій в проєктах ЗВО, що враховують особливості

Продовження таблиці 1.1

Напрямок (проблематика) дослідження	Основні наукові результати
практичний базис застосування методології управління проєктами для вирішення задач управління закладами вищої освіти.	<p>побудови інформаційного середовища цих проєктів.</p> <p>Запропоновані:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математична модель інформаційного середовища проєктів ЗВО; - модель структуризації інформаційного середовища проєктів ЗВО; - методи моделювання складних систем управління за рахунок відображення особливостей інформаційного середовища проєктів ЗВО в елементах і відношеннях імітаційно-інформаційної моделі; - імітаційно-інформаційна модель схеми виконання дій в проєктах ЗВО; - структура інформаційної бази і програмних засобів системи управління проєктами ЗВО - методи експертного наповнення інформаційної бази системи управління проєктами ЗВО

Особливу увагу в наукових джерелах приділено питанням управління науковою діяльністю у вищій освіті.

Робота [35] присвячена питанням управління інноваційною діяльністю шляхом розробки нової методології ризико-орієнтованого управління науковою діяльністю ЗВО. За допомогою розроблених моделей, методів та механізмів проєктно-орієнтованого управління процесами взаємодії триєдиної спіралі «Університет – Держава – Бізнес», можна підвищити ефективність інноваційних програм. Врахувавши інтереси всіх груп стейкхолдерів, розроблено модель формування архітектури інноваційної програми, яка дозволяє балансувати та враховувати стратегічні цілі всіх учасників програми та ризики невдач при її реалізації. Створено модель управління ризиками в наукових проєктах ЗВО, яка дозволяє розділити та / або перенести ризики на основі використання функції колективного благополуччя Неша.

На відміну від існуючих механізмів регулювання наукових досліджень, представлений метод і модель оцінки ефективності ходу реалізації інноваційних програм для кожного з учасників дозволяють здійснювати моніторинг результатів проєктних розробок на певному етапі і своєчасно приймати рішення про припинення роботи над програмою.

У дослідженні [31] запропоновано просторову комунікаційну модель «трикутника знань», яка має вигляд трикутної призми і відображає розвиток комунікацій на кожному окремому рівні (початковий, організаційний, освітній, науковий) в умовах єдиного комунікаційного освітньо-наукового простору. У стратегії Європейського розвитку передбачено гармонійний розвиток трьох вершин так званого «трикутника знань» – освіти, досліджень та інновацій. Автором запропоновано для забезпечення синергетичного ефекту впроваджувати комунікаційні стратегії. Комунікації забезпечують взаємодію освітніх організацій з різними установами та організаціями. Аналіз забезпечення зовнішніх та внутрішніх комунікацій в освітніх проєктах дозволив виділити тристоронню взаємодію зацікавлених сторін та визначити три основні типи стейкхолдерів, що представлені державними структурами, бізнес-єдиницями та громадою. Розроблена комунікаційна просторова модель взаємозв'язку між різними стейкхолдерами в освітніх інноваційних наукових проєктах дає змогу враховувати певний перелік цінностей, які відносяться до особливостей очікувань та результатів освітнього проєкту кожної із зацікавлених сторін, та для реалізації механізму тісної і регулярної співпраці. Запропоновано декілька методів, а саме: - метод управління комунікаціями в освітніх інноваційних наукових проєктах на основі дорожньої карти; - метод оцінки ефективності комунікаційних процесів в освітніх інноваційних наукових проєктах. За рахунок визначення очікувань стейкхолдерів при реалізації проєктів та програм, сегментації основних зацікавлених сторін проєкту, запропоновані моделі дозволяють підвищити ефективність комунікаційних процесів в освітніх інноваційних наукових проєктах.

Методологія MSP широко відома в управлінні проєктами, тому автори роботи [36] пропонують для успішності освітніх проєктів використовувати саме її.

Сьогодні ЗВО працюють в атмосфері постійного зростання інтенсивності змін. Інновації в технологіях, поглинання університетів, політичні зміни, що залежать від кадрових змін керівних органів. Тому програмне управління все більше розглядається як ключовий інструмент для того, щоб ЗВО (організація) дійсно міг керувати цими трансформаціями. Розглянувши для управління проектами розвитку змісту освіти основні принципи методології MSP, автори наголошують, що для вищої освіти також важливі: навчання та досвід; управління змінами; зв'язок з корпоративною стратегією; фокусування на вигодах і перешкодах до успіху; проектування та розробка когерентної продуктивності продукту; додавання вартості.

Сучасні освітні проекти досить різнобічні за характером діяльності, за рівнем організації, складом учасників, характером фінансування, часом реалізації, масштабом і складністю та іншими критеріями, за якими можна охарактеризувати освітні проекти, зазначені на рисунку 1.2 [37].

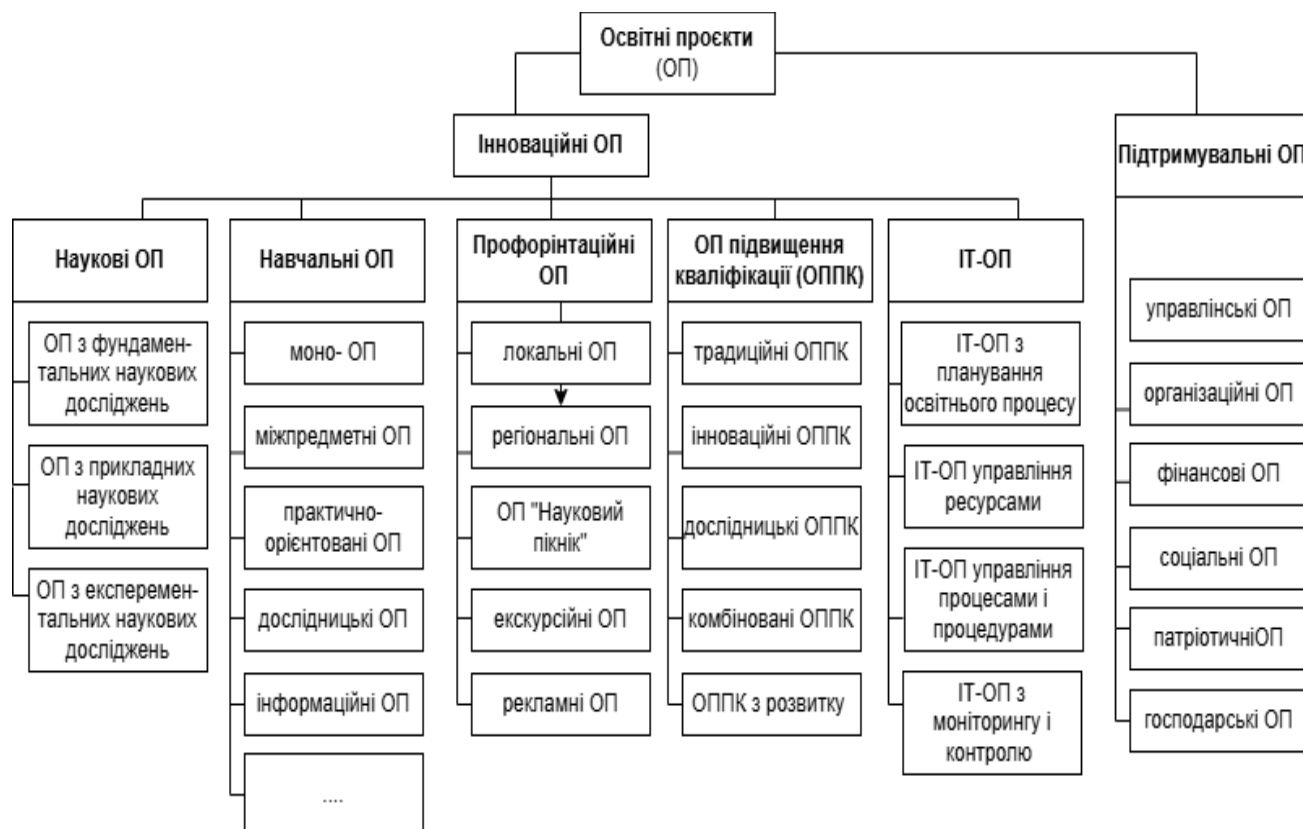


Рисунок 1.2 – Класифікація освітніх проектів в межах діяльності ЗВО[37]

Аналіз вищезазначених праць свідчить про різноманітність проектів, що

існують у ЗВО.

У додатку В даного дослідження наведено більш широкий перелік визначень поняття «освітній проєкт».

Проаналізувавши існуючі визначення та різноманіття освітніх проєктів, пропонується наступне визначення освітніх проєктів, яке надалі буде використовуватися в дисертаційному дослідженні.

Визначення 1.3. Освітній проєкт ЗВО – це комплексна система скоординованих заходів чи процесів (наукових, навчальних, організаційних, методичних, технологічних, фінансових та інших), що складається з унікальних, обмежених у часі та ресурсах кроків і реалізується колективом фахівців, основною метою якого є досягнення конкретного, заздалегідь визначеного освітнього результату або створення нового чи вдосконалення існуючого освітнього продукту, системи чи процесу.

Не дивлячись на високий рівень формалізації методології управління проєктами, який вже існує у сучасних стандартах з управління проєктами, науковці й практики постійно пропонують принципово нові підходи та методи, що необхідно удосконалювати та досліджувати. Враховуючи велику наявність зарубіжних та вітчизняних наукових праць з управління проєктами з використанням інформаційних технологій, процес управління проєктами в освіті і сьогодні залишається пріоритетним. Тому, незважаючи на всі наявні напрацювання, тема інформаційних технологій управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації потребує подальшого вивчення.

Розробка та застосування інформаційних технологій в управлінні освітніми проєктами – актуальне завдання, яке постійно змінюється під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів. Тож, поєднання двох стратегічних напрямків, а саме культури управління та розвитку інформаційних систем і технологій управління ЗВО в рамках методології управління проєктами є актуальним. Використання сучасних концепцій та методологій управління складними організаційно-технічними структурами ЗВО дає можливість створити умови для своєчасного та повного одержання інформації про процеси в закладі освіти і його оточення всіма

суб'єктами управлінського процесу. Цифрова трансформація ЗВО – це комплекс заходів щодо впровадження в освітній процес, наукову діяльність, систему управління закладом сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Використання проєктно-технологічних основ в організації управління ЗВО та цифрова трансформація забезпечить прийняття якісних рішень починаючи з управлінської (господарської) діяльності і закінчуючи плануванням освітнього процесу, прийняттям стратегічних рішень з розвитку ЗВО та інше.

Водночас оптимізація цифрових трансформацій та раціональне використання ресурсів потребують гнучких управлінських підходів. Зокрема, методологія Lean дозволяє використовувати концепції зменшення витрат та бережливого виробництва, допомагає знаходити проблеми в процесі з подальшим вирішенням їх за допомогою різних практик та інструментів з постійним вдосконаленням на всіх етапах реалізації.

Основні принципи Lean корелюють із завданнями ІТ-проєкту [42]:

- визначити цінність конкретного продукту;
- визначити потік створення цінності для цього продукту;
- забезпечити безперервне (протягом всього потоку) створення цінності продукту;
- дати змогу споживачеві тестувати продукт;
- прагнути до досконалості.

Методологія передбачає, за японською традицією, постійне вдосконалення процесу через призму недопущення непотрібних втрат, виправлення попередніх помилок в управлінні (муда 無駄); нерівномірності та невідповідності навантаження (мура 無理); недоцільності, складності в роботі команди (мурі 斑) [42].

Основа ощадливого виробництва (рис. 1.3) – це п'ять принципів ощадливого виробництва (зовнішнє кільце) і сім «смертельних» втрат (центральне коло).

Принципи ефективні, зазначені на рис.1.3 допомагають:

1. Подивитися на процес з точки зору клієнта та визначити, що він вважає цінним;



Рисунок 1.3 – Сутність методології ощадливого виробництва
[розроблено автором на основі [42]]

2. Розрізнити етапи та дії в процесі, які створюють цінність, від тих, які створюють відходи;
3. Оптимізувати процес, щоб не було вузьких місць і затримок;
4. Пристосуватися до попиту клієнтів і швидко адаптуватися до змін цього попиту;
5. Сприяти внутрішній культурі постійного вдосконалення та досконалості.

Підсумовуючи вище сказане, необхідно відмітити, що науковці розробляють нові методи і моделі для проєктного підходу управління як для освітніх, так і для інших видів проєктів. Але освітні проєкти ЗВО потребують особливої уваги, оскільки ефективне управління освітніми проєктами ЗВО безпосередньо впливає на розвиток суспільства. Через впровадження проєктного підходу забезпечується формування фахових компетентностей студентів, зокрема їхньої здатності розв'язувати складні галузеві задачі та впроваджувати інновації. Це дозволяє не лише готувати висококваліфікованих фахівців, а й формувати інтелектуальну еліту, що критично важливо для зміцнення конкурентних позицій держави на глобальному ринку.

1.3. Ідентифікація та аналіз ризиків освітніх проєктів закладів вищої освіти

Фундаментом сучасної теорії ризиків є праці О. Моргенштерна та Дж. Наймана, в яких за допомогою функції корисності визначаються схильність, несхильність і нейтральність до ризиків як поведінкові характеристики [43]. Але сучасна наука істотно змінилася у своїх поглядах щодо оцінки ризиків, так і управління ними [44, 45]. Зростання невизначеності сучасного безпекового середовища актуалізує потребу в дослідженні освітньо-проєктних ризиків і в такій сфері діяльності, як заклади вищої освіти, в цілому, та при управлінні окремими освітніми проєктами ЗВО.

Кількість ризиків в освітніх проєктах зростає. Джерелом ризиків освітніх проєктів стають випадковість, наявність суперечливих тенденцій, зіткнення інтересів, імовірнісний характер науково-технічного прогресу, нестача інформації, тривалість освітніх послуг, віддаленість вигоди, випереджальний характер освітніх послуг.

Специфіка освітніх ризиків полягає в тому, що вони можуть не нести прямих фінансових втрат, а більше проявляються як загрози таких втрат у довгостроковому періоді. Тим не менше, актуальним є формування напрямку освітнього ризик-менеджменту, метою якого є налагодження процесу прийняття управлінських рішень на різних рівнях (внутрішньому, регіону, підгалузі, галузі освіти в цілому), спрямованих на зниження ймовірності несприятливих процесів та мінімізацію можливих втрат.

Втрати в освіті можуть бути більш глобальними внаслідок її стратегічного значення для прогресу суспільства: низька якість підготовки кваліфікованих кадрів, слабкість формування особистісних і ціннісних рис людських ресурсів, недостатність забезпечення інноваційного розвитку країни, програшні позиції в міжнародній конкуренції тощо.

Визначення 1.4. Освітні ризики – це виклики або загрози для функціонування та розвитку системи освіти такого ступеню, що можуть призвести

до значних втрат [46].

Визначення 1.5. Ризики освітніх проєктів – це невизначені події або умови зовнішнього або внутрішнього середовища, настання яких матимуть непередбачувальний вплив на цілі освітнього проєкту.

Традиційно ризики освітніх проєктів можна розділити на дві великі групи: зовнішні та внутрішні [47]. Для кожної з цих груп існує повний перелік факторів впливу, що зазначені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Групи зовнішніх і внутрішніх ризиків ЗВО та факторів їх впливу [розроблено автором]

Групи ризиків	Фактори впливу
ЗОВНІШНІ РИЗИКИ	
Політичний ризик	Політичні фактори
Корупційні ризики	
Нормативно-правовий (законодавчий) ризик	
Фінансовий ризик	Економічні фактори
Ринковий ризик	
Демографічний ризик	Соціальні фактори
Психологічний ризик	
Соціальний ризик	
Інноваційний ризик	Технічні та технологічні фактори
Інформаційні ризики	Наявність великої кількості дезінформації
Наукові ризики	Все більша відірваність розвитку науки від системи освіти
Екологічні ризики	Екологічний фактор впливу оточуючого середовища
Групи ризиків	Фактори впливу
Ризики пов'язані з конкуренцією	Наявність конкурентів в сфері освітніх послуг, рейтингування як в українських, так і в міжнародних рейтингах
Форс-мажорні ризики	Непередбачувані фактори впливу (стихійні лиха, війни, пандемії та інше)

Продовження таблиці 1.2

ВНУТРІШНІ РИЗИКИ	
Стратегічний ризик	організація освітнього процесу ЗВО
Організаційний ризик	зміна стратегії розвитку ЗВО
Операційний ризик	вимушена зміна структури ЗВО
Інноваційний ризик	зміна іміджа ЗВО
Маркетинговий ризик	нововведення, пов'язані з науковою, дослідницькою, освітньою діяльністю ЗВО
Кадровий ризик	Нестача кадрів, демотивація персоналу, недостатній рівень професійних компетентностей співробітників ЗВО
Фінансовий ризик	Нестача оборотних коштів
Ризик- менеджмент	Слабка підтримка проекту зі сторони керівництва
Управлінський ризик	Низька ефективність прийнятих управлінських рішень
Методичний ризик	При недостатньо ефективній та професійно сформованій освітній програмі, здобувач вищої освіти не отримує знань належного та конкурентоздатного рівня
Технічний ризик	Використання в освітньому процесі застарілої комп'ютерної техніки, застарілого програмного забезпечення, ненадійних телекомунікаційних мереж
Нефінансові ризики	Акредитація, наявність наукових проєктів, виконання планових показників діяльності

[складено автором]

В умовах постійних змін та невизначеності сьогодення саме безперервний моніторинг та аналіз ризиків освітніх проєктів ЗВО перетворить непередбачувані загрози на керовані процеси, гарантуючи результативність, мінімізацію втрат ресурсів та стратегічну стійкість ЗВО.

1.4. Сучасні моделі та методи управління ризиками освітніх проєктів

З огляду на проведене дослідження, стає зрозумілим, що під час управління освітніми проєктами та визначення ризиків необхідно враховувати особливості

освітніх проєктів. Також необхідно думати, як зменшувати ризики. Таким чином, є необхідність у розробці нових моделей та методів управління ризиками в освітніх проєктах з урахуванням швидкоплинних змін внутрішнього та навколишнього середовища.

Головним завданням при реалізації освітніх проєктів є цілі, терміни, якість та вартість досягнення результатів. Отримати найкращі результати реалізації освітніх проєктів можна, впроваджуючи сучасні методології управління проєктами, серед яких велике значення приділяється управлінню ризиками та призначенню ресурсів [48].

Задля успішної реалізації проєктів необхідно управляти ризиками, застосовуючи парадигму управління проєктами. Управління освітніми проєктами має включати ідентифікацію та управління ризиками, запобігання та/або мінімізацію наслідків їх настання.

У контексті даної задачі доречніше було б говорити про «управління освітніми ризиками» як про термін, що позначає «управління освітнім закладом в цілому або окремими її підрозділами з урахуванням факторів ризику (тобто випадкових подій, що впливають на заклад освіти) на основі особливої процедури їх виявлення й оцінки, а також вибору й використання методів нейтралізації наслідків цих подій, обміну інформацією про ризики і контролю результатів застосування цих методів» [49].

Освітні проєкти ЗВО стикаються з сукупністю різних груп ризиків, що розрізняються місцем і часом виникнення, ступенем впливу на проєкт, наслідками, складом внутрішніх та зовнішніх факторів. Більшість наукових праць розкривають питання сутності та структури ризиків освітніх проєктів, особливостей, факторів, від яких залежить успішна реалізація проєктів в закладах освіти.

Методи управління ризиками поділяють на чотири типи: – методи ухилення від ризику (відмова від ризикових проєктів, страхування ризиків, пошук гарантів); – методи локалізації ризику (створення спеціальних структурних підрозділів, надання працівникам завдань для вирішення проблемних питань); – методи дисипації ризику (розподіл відповідальності між структурними підрозділами і

працівниками, розподіл ризиків у часі); – методи компенсації ризику (стратегічне планування та прогнозування діяльності, моніторинг соціально-економічної ситуації та нормативно-правової бази) [50].

На рис. 1.4 представлені чотири групи методів, що є класичною основою теорії управління ризиками.

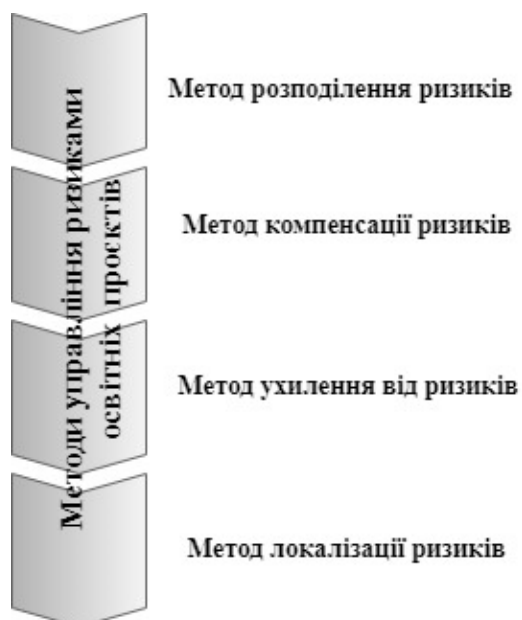


Рисунок 1.4 – Сучасні методи управління ризиками освітніх проєктів [40]

Коротко охарактеризуємо зазначені методи в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Методи управління ризиками в контексті освітніх проєктів [розроблено автором]

Методи	Зміст
Метод ухилення від ризику	Полягає у повній відмові від дії, проєкту або частини проєкту, що генерує надмірний ризик. Основною метою методу є зведення ймовірності настання загрози до нуля.
Метод локалізації ризику	Створення спеціальних структурних підрозділів, ізоляція найбільш ризикованого етапу чи компонента освітнього проєкту, щоб у разі невдачі негативні наслідки не поширилися на весь ЗВО
Метод розподілення ризику	Розподіл ризику та відповідальності між кількома учасниками освітнього проєкту, або партнерами, або структурними підрозділами
Метод компенсації ризику	Проактивні дії, спрямовані на створення механізмів, які компенсують збитки або пом'якшують наслідки, якщо ризик все ж таки настане.

Серед методів обробки та ідентифікації освітніх ризиків ЗВО доцільно виокремити SWOT-аналіз, мозковий штурм, карту ризиків, самоаналіз, опитування суб'єктів освітньої діяльності. Натомість до найпоширеніших моделей дослідження та управління ризиками, що застосовуються в галузі освіти належать моделі класу ERM (Enterprise Risk Management), модель IPMA, модель PMI, Agile-моделі, FMEA-аналіз, PESTLE-аналіз.

Наведені моделі та методи управління ризиками освітніх проєктів становлять методологічний базис класичного підходу до дослідження ризиків освітнього проєкту. Водночас розробка нових сучасних підходів, моделей та методів управління освітніми проєктами надасть ЗВО застосування нетрадиційних інструментів, дозволить їм ще на етапі планування своєї діяльності виявляти несприятливі фактори та знижувати можливі наслідки ризиків у процесі прийняття та здійснення різного роду рішень; визначати напрямки, на яких необхідно зосередити управлінські, трудові, навчально-методичні, дослідницькі, матеріально-технічні та фінансові ресурси.

Відтак пошук новітніх рішень для галузі вищої освіти породжує запит на сучасні, нетрадиційні методи управління освітніми проєктами, що вже довели свою результативність в інших галузях, наприклад, Lean-підходи, орієнтовані на усунення втрат та пошук першопричин проблем.

У різних галузях промисловості за допомогою Lean-підходів знаходять рішення для розв'язання проблем ефективності. Більшість досліджень на тему ощадливого виробництва проводяться у виробничому контексті. Натомість це дослідження присвячено розробці інноваційного методу ідентифікації та встановлення ступеня впливу ризиків освітнього проєкту, які мають високу ймовірність настання і потребують заходів для їх усунення в першу чергу, використовуючи один з інструментів ощадливого виробництва, та визначити корінь проблеми їх настання. Під час дослідження використовуються такі етапи, як ідентифікація ризиків освітніх проєктів ЗВО, їх оцінка та аналіз першопричин виникнення. Для з'ясування першопричин виникнення ризиків освітнього проєкту, за основу візьмемо відомий метод Lean-підходів «Whys – Root Cause Analysis» (5

Чому) [51].

На сьогодні у світі існує понад п'ятдесят відомих інструментів Lean-філософії. Численні дослідження впровадження філософії ощадливого виробництва в заклади вищої освіти були зосереджені на ідентифікації та зменшенні відходів для розв'язання проблем ефективності роботи ЗВО. Чи можна застосувати ці інструменти для вирішення питань ідентифікації та дослідження ризиків в освітніх проєктах?

Модель оцінки відходів (WAM – групи Waste Assessment Model) була розроблена Ібрагімом Равабде [51] для визначення критичних відходів з метою створення рішень щодо їх ліквідації. Ця модель складається зі створення матриці співвідношення відходів (Waste Relation Matrix – WRM) та опитувальника оцінки відходів (Waste Assessment Questionnaire - WAQ). Більшість ризиків, що виникають під час проєктів, і освітніх проєктів в закладах вищої освіти зокрема, є взаємозалежними, і кожен вид має вплив на інші та одночасно перебуває під впливом інших, причому зв'язки кожної категорії ризиків не є рівнозначними. За допомогою опитувальника можна оцінити відносини між ризиками, оцінюючи відповіді від нуля до чотирьох. Питання в опитувальнику мають на меті виокремити ризики в категорії, що становлять умову або вид діяльності, внаслідок чого можуть виникнути певні ризики. Для проведення такого дослідження слід здійснити три кроки: ідентифікацію, оцінку та знаходження першопричин. Для кожного з цих кроків можна використати різні техніки (рис. 1.5.).

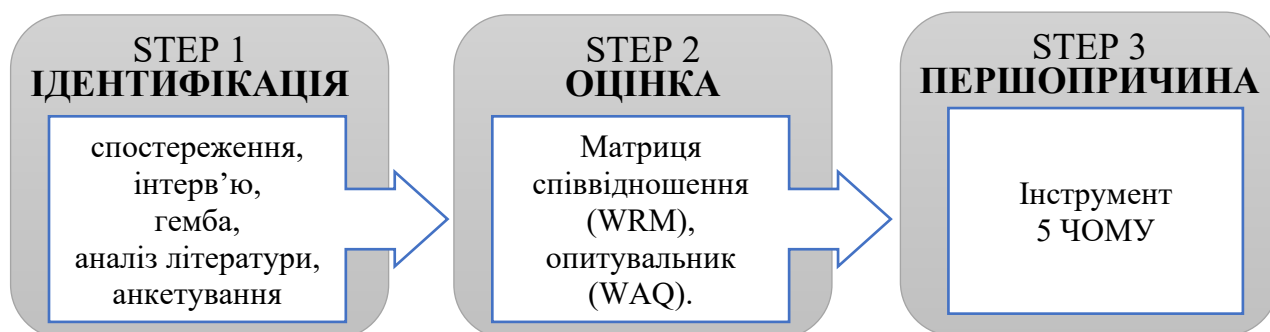


Рисунок 1.5 – Етапи дослідження ризиків освітніх проєктів
на основі моделі WAM [58]

Дослідження за таким сценарієм можна проводити для виявлення різного типу ризиків, як зовнішніх, так і внутрішніх. Проводячи ідентифікацію різними класичними та Lean-методами, розробленими різними вченими світу [48-50, 52-48], можна отримати більш широкий перелік можливих ризиків, що виникають під час або в результаті різноманітних освітніх проєктів ЗВО, згрупувавши їх за певними характерними ознаками. Таким чином підготовлено підґрунтя для наступного кроку. На цьому кроці необхідно розробити опитувальник та за результатами опитування побудувати матрицю співвідношення (WRM). На завершальному етапі дослідження, застосовуючи один із найбільш поширених інструментів Lean, «5 чому» (Whys), слід зосередитись на пошуку першопричин виникнення ризиків. Часто уявне «вирішення» проблеми є лише роботою з одним із симптомів значно глибшої проблеми. Поставивши запитання «Чому?» 5 разів поспіль, можна заглибитись у першопричину, знайти й усунути її.

Для ефективної організації освітнього проєкту у сфері вищої освіти, закладам вищої освіти необхідно своєчасно виявляти та ідентифікувати їх ризики, що дозволить знизити рівень невизначеності в діяльності ЗВО, визначити напрямки руху, на якому необхідно зосередити управлінські, кадрові, методичні, дослідні, фінансові, технологічні та організаційні ресурси. Сучасні методи та інструменти, які ще вчора використовувалися лише у виробничому секторі, сьогодні поступово застосовують для розв'язання внутрішніх задач більш широкого спектру галузей, зокрема й у вищій освіті.

1.5. Огляд інформаційних систем управління в закладах вищої освіти

Не дивлячись на те, що вирішенням задач зі створення інформаційних систем управління ЗВО займаються ще з моменту використання ЕОМ 2-3-го покоління, і до нині, досконалого рішення не знайдено. Основна причина цього – її велика складність. Найбільш дієвим методом вирішення складних задач є метод декомпозиції, тобто розбиття на більш прості задачі. Цей підхід для вирішення простих задач цифрової трансформації процесу управління ЗВО призвів до появи

різноманітних програмних засобів, які не завжди інтегруються та уніфікуються в масштабах всієї країни. Багато ЗВО мають свої власні розробки інформаційних систем, і робота з ними супроводжується різнноманітними електронними базами даних, де накопичується інформація та формуються статистичні дані. Паралельно з цим МОНУ та незалежні компанії розробляють та використовують програмні засоби даного типу. ЗВО в процесі своєї роботи створює, використовує та зберігає терабайти даних про учасників освітнього процесу та його організацію. Створення гібридних систем управління ЗВО дозволяє підвищити ефективність роботи, швидкість прийняття рішень, аналізу та запобігання ризиків [56].

На рис. 1.6 перелічені основні види діяльності закладу вищої освіти, які перебувають на хвилі цифрової трансформації.



Рисунок 1.6 – Основні види діяльності закладу вищої освіти [22]

У роботі [56] детально розглянуто інформаційні технології, які запроваджують заклади вищої освіти в різних видах діяльності. Деталізуємо деякі

з них. Пакет комп'ютерних систем ПП «Політек-СОФТ» складається з декількох модулів, зокрема: «Навчальний процес», «Навчальний план», «Кафедра», «Деканат», «Розклад» та інші. Усі компоненти працюють з єдиною базою даних, синхронізуються з Єдиною державною електронною базою з питань освіти (ЄДЕБО); для зручності деякі модулі мають web-орієнтовані версії. До аналогічних комерційних розробок відносять АСУ «Університет», що розроблену в ТОВ «UNITEX+» та АСУ «ВНЗ» Науково-дослідного інституту прикладних інформаційних технологій. Серед ЗВО, які розробили власні інформаційні системи, слід відзначити Вінницький національний аграрний університет, Сумський державний університет, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького та Черкаський державний технологічний університет.

Вступна кампанія є однією з найважливіших сфер діяльності закладу вищої освіти. Сучасні інформаційні технології дозволяють абітурієнтам подавати документи дистанційно, використовуючи лише персональний комп'ютер або смартфон із доступом до мережі Інтернет. Це значно спрощує процес, оскільки обробка та зберігання даних про вступників здійснюється автоматизованими програмними комплексами. Раніше ця процедура вимагала значних людських ресурсів, тоді як сьогодні інтеграція даних у розподілені бази дозволяє ефективно їх синхронізувати, зберігати та здійснювати швидкий пошук. Основним інструментом вступної кампанії зі сторони вступника є web-орієнтований модуль «Вступ» програмного комплексу ЄДЕБО.

Основним видом діяльності ЗВО є освітній процес, який сьогодні неможливий без використання інформаційних технологій. Дистанційні курси, електронні опитування, тести, відеолекції та інші освітні матеріали інтегруються в персональні навчальні системи, що забезпечують доступ до них як викладачам, так і здобувачам освіти. Безкоштовна відкрита система Moodle є найпопулярнішою у світі системою для організації дистанційного навчання і часто використовується в ЗВО України.

Інформаційні технології також знайшли своє застосування в адміністративній, науковій та навчально-методичній діяльності. Дані, що

стосуються розкладу, дисциплін, оцінок, а також планування освітнього процесу, зберігаються та обробляються в централізованих базах даних. Багато ЗВО розробляють власні програмні комплекси з урахуванням специфіки закладу, водночас на ринку існує широкий спектр готових програмних продуктів, що впроваджуються в межах стратегії цифрової трансформації.

Запровадження інформаційних технологій сприяє підвищенню ефективності управління. Програмні засоби, що допомагають у прийнятті управлінських рішень, традиційно властиві бізнес-середовищу, але їх застосування в ЗВО стає дедалі актуальнішим. Використання проєктного підходу дозволяє враховувати особливості освітніх проєктів та оптимізувати управлінські процеси. Програмне забезпечення для моніторингу, контролю та аналізу даних допомагає фахівцям різних підрозділів оперативно формувати звіти та надавати точну інформацію для прийняття рішень на всіх рівнях управління.

В епоху «життя в смартфоні» особлива увага приділяється розвитку мобільних додатків для студентів та викладачів, які забезпечують доступ до актуальної інформації університету. Важливим аспектом є впровадження електронного документообігу, що регламентується Законом України «Про електронні документи та електронний документообіг». Це дозволяє значно пришвидшити процеси створення, підписання та виконання документів, а також економити паперові ресурси.

Електронні бібліотеки та інституційні репозиторії є невід'ємною частиною сучасного освітнього середовища. Вони надають цілодобовий доступ до електронних версій навчальних матеріалів, наукових розробок та студентських робіт. Цей тренд вимагає від бібліотекарів опанування нових програмних засобів для підтримки актуальності фонду електронних ресурсів.

Інформаційні технології також відіграють ключову роль в управлінні матеріально-технічною базою та фінансовими ресурсами ЗВО. Програмні продукти, що використовуються для обліку оплати за навчання, нарахування заробітної плати, оплати комунальних послуг та формування фінансової звітності, щорічно вдосконалюються, що робить цей процес більш ефективним та прозорим.

Інформаційно-технологічні системи, що поєднують функції збору, накопичення, зберігання, обробки та передачі даних, надають управлінському персоналу необхідні інструменти для прийняття обґрунтованих рішень. Ці системи дозволяють ідентифікувати тенденції у зміні даних, аналізувати причини відхилень та розробляти ефективні стратегії. Такий підхід забезпечує збереження та підвищення конкурентоспроможності ЗВ в динамічних умовах глобальної економіки.

1.6. Постановка задачі наукового дослідження

У результаті проведеного огляду та аналізу існуючих моделей, методів та інформаційних технологій управління ризиками освітніх проєктів ЗВО, була сформульована задача дисертаційного дослідження.

Досліджено, що цифрова трансформація освіти є ефективним засобом вдосконалення діяльності ЗВО, але численні виклики та різноманітні ризики, які супроводжують впровадження цифрових стратегій в сучасні ЗВО, вимагають забезпечення надійності, безпеки технологічних та прийняття чітких управлінських рішень, спрямованих на уникнення негативних наслідків та забезпечення успішності реалізації проєктів.

У зв'язку з цим виникає важливе та актуальне науково-прикладна задача, яка обумовлена запитом практики та спрямовано на підвищення ефективності управління освітніми проєктами, що полягає в розробці нових та вдосконаленні існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління ризиками освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації ЗВО.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації шляхом розробки нових та вдосконалення існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління ризиками освітніх проєктів.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних завдань дисертаційного дослідження:

- проаналізувати сучасні наукові дослідження, практичні результати у

сфері освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації, існуючи моделі, методи та інформаційні технології управління ризиками освітніх проєктів ЗВО;

- обґрунтувати концептуальну модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка дозволяє мінімізувати ризики освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації;

- розробити математичну модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка дозволяє ще на етапі аналізу ризиків застосувати класичний ризик-менеджмент та підхід ощадливого виробництва в умовах цифрової трансформації;

- розробити метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, який дозволяє врахувати багатокритеріальну оцінку ризиків освітніх проєктів;

- удосконалити когнітивну модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка дозволяє продемонструвати причинно-наслідкові зв'язки між ризиками (факторами) за допомогою графу, що спрощує сприйняття моделі;

- отримати подальший розвиток методу когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації та за допомогою сценарного аналізу проаналізувати перебудови в моделі під час кардинальної зміни критичних ризиків;

- розробити інформаційну систему управління ризиками освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації ЗВО;

- здійснити експериментальну перевірку розробленого методу на практиці, застосувавши розроблений інструмент аналізу ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

1.7. Висновки до першого розділу

1. Аналіз предметної області дослідження дозволив визначити особливості освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації та специфіку управління проєктами в епоху невідомого розвитку цифрових технологій. Встановлено, що

освітні проєкти ЗВО вимагають застосування гнучких методів управління з фокусуванням на новітні цифрові інструменти.

2. Огляд моделей, методів та інформаційних технологій управління освітніми проєктами в ЗВО дозволив дійти висновку щодо необхідності розробки ефективного інструментарію управління цими проєктами, який враховує багатокритеріальну оцінку ризиків проєктів.

3. Проведено аналіз сучасних моделей, методів та інформаційних технологій управління закладами вищої освіти. Відмічено, що неодмінною передумовою успішної реалізації проєктів ЗВО є безперервний моніторинг і контроль ризиків. Встановлено, що підвищення ефективності ризик-менеджменту освітніх проєктів вимагає впровадження новітніх управлінських підходів.

4. Виконана постановка актуального науково-прикладної задачі дослідження, що полягає в розробці нових та вдосконалених існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Результати досліджень першого розділу опубліковані у таких роботах [22, 40, 45, 46, 56-58].

Список використаних джерел до розділу 1

1. Україна 2030Е – країна з розвинутою цифровою економікою : візійна доповідь / Укр. ін-т майбутнього. 2019. URL: <https://strategy.uifuture.org/ukraina-2030-e-kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html> (дата звернення: 09.08.2023).

2. Цифрова адженда України – 2020 («Цифровий порядок денний» – 2020): концептуальні засади (версія 1.0); першочергові сфери, ініціативи, проєкти «цифровізації» України до 2020 року : проєкт. URL: <https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf> (дата звернення: 24.07.2023).

3. Сухонос В.В., Гаруст Ю.В., Шевцов Я. А. Діджиталізація освіти в Україні: зарубіжний досвід та вітчизняна перспектива впровадження. *Правові*

горизонти. 2019. Вип. 19 (32). Суми. С. 79-86. DOI: <http://www.doi.org/10.21272/legalhorizons.2019.i19.p79>

4. Global number of Internet users increases, but disparities deepen key digital divides. The International Telecommunication Union (ITU). URL: <https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PR-2025-11-17-Facts-and-Figures.aspx>. (дата звернення: 24.01.2026).

5. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.01.2018 р. № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#n13> (дата звернення 09.12.2020).

6. Про затвердження переліку пріоритетних напрямів та завдань (проектів) цифрової трансформації на період до 2026 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.08.2024 р. № 735-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/735-2024-%D1%80#n10> (дата звернення: 24.08.2023).

7. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 р. № 179. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.08.2023).

8. Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 р. № 167-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.08.2023).

9. Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23.02.2022 р. № 286-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 14.07.2023).

10. Проект «Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року» URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/koncepciya-cifrovoyi-transformaciyi->

[osviti-i-nauki-mon-zaproshuye-do-gromadskogo-obgovorennya](#) (дата звернення: 14.07.2023).

11. Питання Міністерства цифрової трансформації : Постанова Кабінету Міністрів України від 18.09.2019 р. № 856 (в редакції Положення про Міністерство цифрової трансформації України). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/856-2019-%D0%BF#n12> (дата звернення: 25.06.2023).

12. Довгань О.І. Поняття цифровізації та її використання в законодавчій практиці та діяльності органів виконавчої влади. *Forum Prava*. 2024. 80(3). С. 121–132 DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.12591883>. URL: https://forumprava.pp.ua/files/121-132-2024-3-FP-Dovhan_13.pdf ISSN 1995-6134 (дата звернення: 03.03.2025).

13. Цифрова трансформація освіти і науки. Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/tag/tsifrova-transformatsiya-osviti-i-nauki?&tag=tsifrova-transformatsiya-osviti-i-nauki> (дата звернення: 03.03.2025).

14. Карплюк С. О. Особливості цифровізації освітнього процесу у вищій школі. *Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку*: методологічний семінар НАПН України (м. Київ, 4 квіт. 2019 р.). Київ, 2019. С. 188–197. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/29742> (дата звернення: 24.06.2023).

15. Буйницька О., Варченко-Троценко Л., Грицеляк Б. Цифровізація закладу вищої освіти. *Освітологічний дискурс*. 2020. № 1 (28). С. 64–79. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/osdys_2020_1_8 (дата звернення: 14.03.2023).

16. Тесля Ю. М., Заспа Г. О. Розробка концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 44. С. 105–115. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115> (дата звернення: 02.06.2023).

17. Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації. Схвалена розпорядженням Кабінету міністрів України від 3 березня 2021 р. № 167-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.06.2023)

18. Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки. Схвалена розпорядженням Кабінету міністрів України від 23 лютого 2022 р. № 286-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.06.2023)
19. Цифрова стратегія Європейської Комісії. EU for Digital. 2021. <https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eu-digital-strategy/> (дата звернення: 03.07.2023).
20. Developing a systems engineering concept for digitalizing higher education institutions / I. Teslia, N. Yehorchenkova, I. Khlevna et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6, No. 2 (108). P. 6–20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2020_6%282%29__2 (дата звернення: 06.05.2023).
21. Карташова Л. А., Гуржій А. М., Шеремет Т. І., Пліш І. В. Цифрова адженда освіти України: основні аспекти. *Сучасні досягнення в науці та освіті* : зб. праць XV Міжнар. наук. конф. (м. Нетанія, Ізраїль, 16–23 верес. 2020 р.). Нетанія, 2020. С. 46–51. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/9127> (дата звернення: 16.04.2023).
22. Морозова Г. С., Мокієнко Ю. М. Сучасні моделі і методи управління проектами у вищих закладах освіти. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 56. С. 105–115. DOI: 10.32347/2412-9933.2023.56.105-115.
23. Бушуєв С. Д., Криворучко О. В., Цюцюра М. І. Застосування моделі «Нова Башта Р2М» в управлінні проектами розвитку освіти. *Управління розвитком складних систем*. 2014. № 17. С. 5–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2014_17_3 (дата звернення 09.01.2023).
24. Оберемок І. І. Методи та засоби проектно-орієнтованого управління у вищих навчальних закладах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Київ, 2003. 17 с. URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124021775> (дата звернення: 14.02.2023).
25. Борзенко-Мірошниченко А. Ю. Моніторинг якості освітніх проєктів на основі моделей системної динаміки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Київ, 2007. 22 с. URL: <https://lnk.ua/U5ufcZw1w> (дата звернення: 14.02.2023).
26. Кононенко І. В., Сушко Г.В. Формування команди проєкту з розробки

інформаційно- комунікаційних технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. Т.73, №5. С. 307-322. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2866> (дата звернення: 29.08.2023).

27. Кузьмінська Ю. М., Данченко О. Б., Бедрій Д. І. Метод формування ефективних команд освітніх проєктів підвищення кваліфікації. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. 2021. № 2 (4). С. 46–53. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/52343> (дата звернення: 26.08.2023). DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2021.4.6>

28. Бедрій Д. І. Інтегроване протиризикове управління науковими проєктами в умовах невизначеності та переходу до циркулярної економіки : дис. ... докт. техн. наук : 05.13.22. Одеса, 2021. 431 с. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0521U101128/> (дата звернення: 13.02.2023).

29. Кузьмінська Ю. М. Моделі та методи формування команд освітніх проєктів підвищення кваліфікації : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Львів, 2019. 224 с. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/6222> (дата звернення: 04.01.2023).

30. Дронова І. В. Моделі і методи управління проєктами на ринку освітніх послуг (в умовах інтеграції економіки України у єдиний європейський простір) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Харків, 2004. 20 с. URL: <https://lnk.ua/GmC2vH3uB> (дата звернення: 17.03.2023).

31. Ткаченко В. А. Моделі і методи управління комунікаціями в освітніх проєктах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Київ, 2020. 207 с. URL: http://diser.ntu.edu.ua/Tkachenko_dis.pdf (дата звернення: 14.03.2023).

32. Тесля Ю. М., Заспа Г. О. Розробка концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО. *Управління розвитком складних систем*. Київ : КНУБА, 2020. № 44. С. 105–115. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115> (дата звернення: 08.06.2023).

33. Лемешко Т. А. Управління якістю в освітніх корпоративних інформаційних системах управління проєктами : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22.

Київ, 2015. 241 с. URL: http://diser.ntu.edu.ua/Lemeshko_dis.pdf (дата звернення: 06.02.2023).

34. Лечаченко Т. А. Моделі та методи підтримки прийняття рішень в інформаційних процесах дуальної освіти : дис. ... на здобуття наукового ступеня доктора філософії : 122. Тернопіль, 2021. 242 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36699> (дата звернення: 05.03.2023).

35. Пітерська В. М. Ризико-орієнтоване управління науковою діяльністю ЗВО в рамках інноваційних програм : дис. ... докт. техн. наук : 05.13.22. Одеса, 2018. 368 с. URL: https://onmu.org.ua/spec_rada/Piterska/Piterska_dis.pdf (дата звернення: 04.03.2023).

36. Цюцюра М. І., Цюцюра С. В., Криворучко О. В., Цюцюра Г. О. Управління проектами розвитку змісту освіти як управління успішними проектами за методологією MSP. *Управління розвитком складних систем* : зб. наук. пр. 2014. Вип. 18. С. 102–105. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2014_18_19/ (дата звернення 09.01.2023).

37. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Заруцький С. О. Класифікація освітніх проєктів закладу вищої освіти в умовах цифрової трансформації. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Коблево, 13–16 верес. 2022 р.). Харків : ХНУРЕ, 2022. С. 110–113. URL: <https://urss.knuba.edu.ua/ua/zbirnyk-56/article-1732>.

38. Крамський С. О., Євдокімова О. М., Захарченко О. В. Економіко-математичні методи управління науковими проєктами у навчальних ЗВО. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. Одеса : ОНУ, 2021. Т. 20. № 1 (47). С. 129–145. DOI: 10.18524/2413-9998.2021.1(47).227011. (дата звернення: 21.03.2023).

39. Булгаков Р.В. Моделі та методи управління науковими проєктами у вищих військових навчальних закладах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Одеса, 2020. 222 с. URL: https://onmu.org.ua/spec_rada/Bulhakov/Bulhakov_dis1.pdf (дата звернення: 11.03.2023).

40. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Особливості освітніх проєктів. *Управління проєктами: стан та перспективи* : матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв : Видавець Торубара В. В., 2021. С. 20–22. URL: <https://eir.nuos.edu.ua/items/de18676f-6084-4fae-a15e-70e548ebc2a1>.

41. Близнюкова І. О., Семко І. Б., Кійко С. Г. Огляд сучасних методологій управління командами ІТ-проєктів. *Управління розвитком складних систем*. Київ : КНУБА, 2020. № 43. С. 100–104. DOI: 10.32347/2412-9933.2020.43.60-66. URL: <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/219835> (дата звернення: 17.06.2023).

42. Вумек Дж., Джонс Д. Ощадливе виробництво. Фабула, 2018. 448 с. URL: <https://fabulabook.com/info-oshhadlyve-vyrobnytstvo-6721?srsltid=AfmBOopVbbUnW4Eg2akpYXlFW2wKT89HBwfUoXel3xxCendcV6mtuGiv> (дата звернення: 24.06.2023).

43. Каленюк, І. С., Куклін О. В. Економічні ризики розвитку вищої освіти в Україні. *Економіка та держава*. 2017. № 11. С. 52–55. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/11_2017/13.pdf (дата звернення: 24.06.2023).

44. Черненко Н. М. Вірогідні ризики у галузі освіти. *Зб. наук. докл. міжнар. наук. конф. з обміну науковими досягненнями* (м. Познань, Польща, 30–31 серп. 2018 р.). Познань, 2018. Ч. 3. С. 31–37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NiO_2014_7_44 (дата звернення: 13.06.2023).

45. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Управління ризиками освітніх проєктів. *Program, Portfolio Management. P3M-2021* : тези доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 03–04 груд. 2021 р.). Одеса : Інститут штучного інтелекту та робототехніки, 2021. С. 70–72. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4600/1/P3M-2021.pdf>.

46. Паліков В., Філіпенко Н., Лукашевич С. Стратегічний аналіз ризиків у вищій освіті: формування ефективних механізмів реагування та запобігання. *Пропілеї права та безпеки*. 2024. № 5 С. 57-59. DOI: <https://doi.org/10.32620/pls.2024.5.15> URL: <https://nti.khai.edu/ojs/index.php/PLS/article/view/pls.2024.5.15/2505> (дата звернення: 13.06.2023).

47. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Аналіз ризиків освітніх проєктів в умовах діджиталізації. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 48. С. 39–46. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.39-46>.

48. Каленюк І. С., Куклін О. В., Ямковий В. А. Сучасні ризики розвитку вищої освіти в Україні. *Економіка України*. 2015. № 2. С. 70–83. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2015_2_7 (дата звернення: 15.06.2023).

49. Бушуєва В. Ю., Деренська Я. М. Особливості проєктних ризиків. *Актуальні проблеми якості, менеджменту і економіки у фармації і охороні здоров'я* : матер. І міжнар. наук.-практ. internet-конф. з міжнар. участю. Харків : НФаУ, 2023. С. 127–129. URL: <https://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/30665/1/127-129.pdf> (дата звернення: 22.06.2023).

50. Данченко О. Б. Огляд сучасних методологій управління ризиками в проєктах. *Управління проєктами та розвиток виробництва* : зб. наук. праць. Луганськ : Вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2014. № 1 (49). С. 16–25. URL: <http://pmdp.org.ua> (дата звернення: 18.05.2023).

51. Rawabdeh I. A. A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*. 2005. Vol. 25, No. 8. P. 800–822. DOI: 10.1108/01443570510608619 (дата звернення: 14.05.2023).

52. Кадикова І. М., Овсюченко Ю. В., Пересада О. В. Сучасні ризики освітніх проєктів та розвиток менеджменту ЗВО на основі моделі балансу управлінських функцій. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. 2021. № 2. С. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2021.4.3> (дата звернення: 24.05.2023).

53. Robinson M., Yorkstone Y. Becoming a Lean University: The Case of the University of St Andrews. *Leadership and Governance in Higher Education*. 2014. Vol. 1. P. 42–71. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/30320031.pdf> (дата звернення: 30.06.2023).

54. Douglas J. A., Antony J., Douglas A. Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2015. Vol. 32, No. 9. P. 970–981. DOI: 10.1108/IJQRM-10-2014-0160 (дата звернення: 26.06.2023).

55. Kazancoglu Y., Ozkan-Ozen Y. D. Lean In Higher Education A Proposed Model For Lean Transformation In A Business School With MCDM Application. *Quality Assurance in Education*. 2019. DOI: 10.1108/QAE-12-2016-0089 (дата звернення: 24.06.2023).

56. Белова О. І., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Огляд інформаційних систем управління у вищій освіті. *Управління проєктами у розвитку суспільства* : матеріали XVIII-ої Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, КНУБА, 2022 р.). Київ : КНУБА, 2022. С. 107–111. URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4630/1/Тези2022_КНУБА.pdf.

57. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті України. *Інформаційні технології в освіті, науці й техніці (ІТОНТ-2022)* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, ЧДТУ, 2022 р.). Черкаси : ЧДТУ, 2022. С. 161–164. URL: https://itest.chdtu.edu.ua/Збірник_тез_ІТОНТ-2022_макет_26_06.pdf.

58. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Мисник Л. Д. Ідентифікація ризиків у закладі вищої освіти з використанням методики 5W. *Project, Program, Portfolio Management. P3M-2023* : тези доповідей VIII Міжнар. наук.-практ. конф. : [у 2 т.] / відп. за вип. П. О. Тесленко. Одеса : ІШПР, 2023. Т. 1. С. 54–58. URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/5512/3/P3M_2023_Семко.pdf.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ТА МЕТОД УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

2.1. Методологія та архітектура наукового дослідження

Сьогоденний розвиток науки передбачає володіння сучасним науковцем новітніми, більш широкими знаннями, методологіями та методами наукового дослідження, вміннями орієнтуватися в потоці наукової інформації, знаходити найбільш доцільні технологічні та організаційні рішення.

Автори дослідження [1] відмічають, що «наукове дослідження – це особлива форма процесу пізнання, систематичне, цілеспрямоване вивчення об'єктів, в якому використовуються засоби і методи науки та яке завершується формуванням знання про досліджуваний об'єкт».

У роботі [2] автор визначає, що «методологія (від грецького «methodos» – шлях дослідження чи пізнання, «logos» - вчення) - сукупність підходів, способів, методів, прийомів та процедур, що застосовуються в процесі наукового пізнання та практичної діяльності для досягнення наперед визначеної мети. Такою метою в науковому пізнанні є отримання об'єктивного істинного наукового знання або побудова наукової теорії та її логічне обґрунтування, досягнення певного ефекту в експерименті чи спостереженні тощо».

Тож, базисом під час проведення наукових досліджень є методологія наукового пізнання. Належний підбір методів, прийомів та засобів наукового дослідження, об'єднання та вдосконалення методів різних рівнів та наук є необхідною умовою подальшого генезису як наукового підґрунтя підвищення ефективності предметно-практичної діяльності людини [3, 4].

Відповідно до методології проведення досліджень умовно виділяють два основних етапи, два характерних рівні наукового дослідження – це емпіричний та теоретичний. Зазначимо, що постановка проблеми є сполучною ланкою між емпіричним і теоретичним етапом. Емпіричний етап складається з двох фаз роботи.

Під час першої фази відбувається процес пошуку, отримання фактів, а під час другої фази здійснюється первина обробка і оцінка фактів у їхньому взаємозв'язку. Глибинний аналіз фактів та проникнення в сутність досліджуваних явищ, з пізнанням і формулюванням в якісній та кількісній формі законів, тобто з поясненням явищ складають теоретичний етап. Далі на цьому етапі здійснюється прогнозування можливих подій або змін в досліджуваних явищах, виробляються принципи дії, рекомендації щодо практичного впливу на ці явища. Схематичне зображення етапів наведено на рис 2.1.

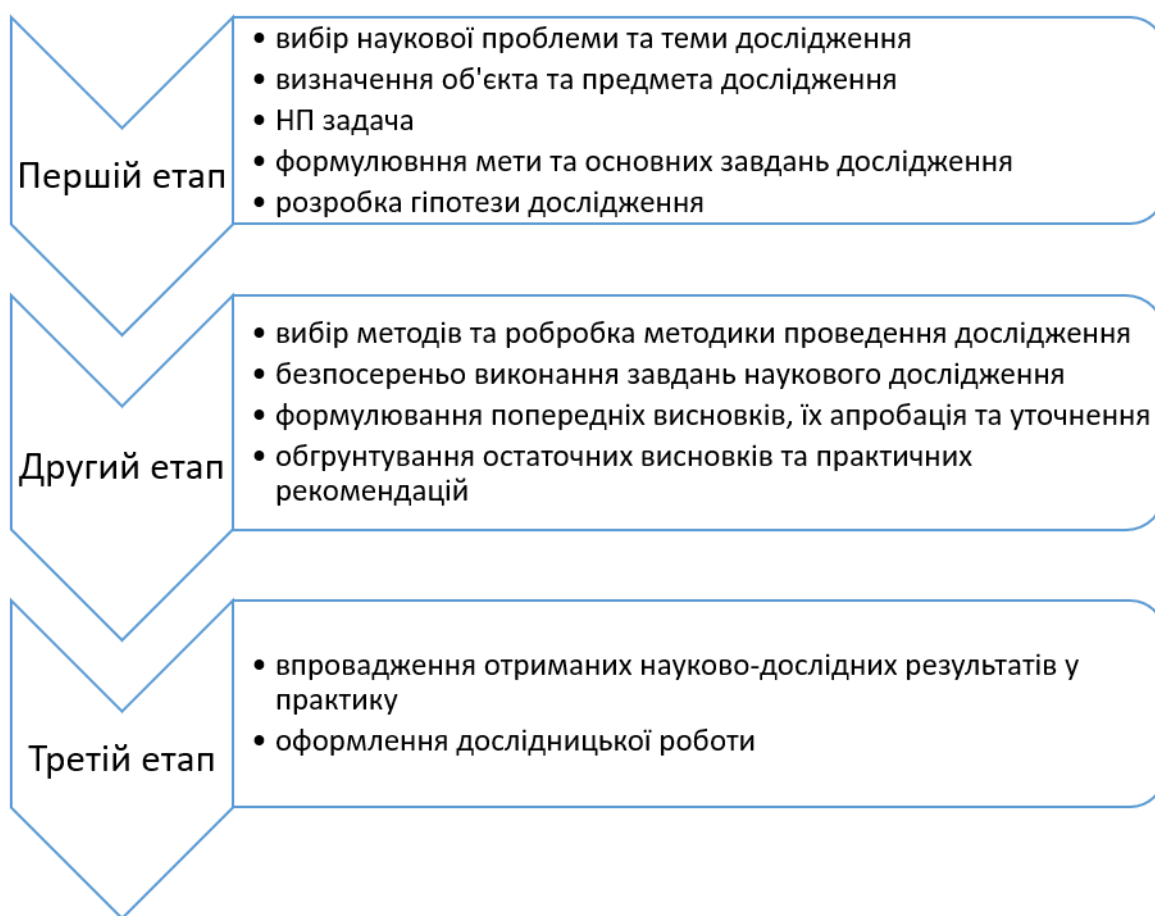


Рисунок 2.1 – Етапи науково дослідження [1]

Одним із завдань дослідника є вибір методів. Для вирішення поставлених задач даного наукового дослідження поміж усієї сукупності відомих методів були застосовані наступні: метод системного аналізу, метод математичного моделювання, когнітивний метод, метод експертної оцінки, методи ризик-менеджменту.

Оскільки дисертаційне дослідження присвячено питанням управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації, зокрема управління

ризиками в цих проектах, тож звід знань з управління проектами PMBOK є базовим стандартом, на основі якого організація (університет) може розробляти свої методології, політики, процедури, правила, інструменти та методи, а також фази життєвого циклу, необхідні у практиці управління освітніми проектами. В ньому детально подані правила, ключові поняття та процеси про застосування інструментарію управління ризиками в процесі реалізації проєктів [6].

З теоретичних основ проєктного менеджменту відомо, що є три основних «кити» для досягнення успіху проєкту – якість проєкту (Quality), його вартість (Cost) і час (Time) на реалізацію. Саме цю «трійцю» в кінці 50-х рр. XX ст. в США назвали «троїстою обмеженістю» або «трикутником управління проєктами» (The Project Management Triangle), що наведений на рис. 2.2. Кожна його сторона представляє обмеження, а зміна одного з них неминуче впливає на інші. Тож завдання проєктного менеджменту – вловити і забезпечити баланс між ними [7].

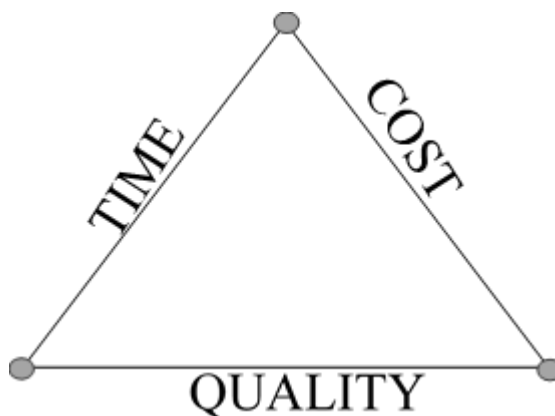


Рисунок 2.2 – Класичний трикутник управління проєктом [7]

Часові обмеження - це дедлайни, в межах який потрібно виконати проєкт. Управління часом передбачає чітку розробку графіків виконання завдань та постійний контроль за дотриманням термінів. Зміни в часі впливають на якість. Якщо зменшити терміни виконання проєкту без внесення відповідних змін в бюджет, це неодмінно вплине на якість також.

Грошові обмеження – це обмеження на загальні фінансові витрати на проєкт (бюджет). Бюджет охоплює всі витрати: оплату праці, матеріали, обладнання та інше, що необхідно для виконання проєкту. Управління бюджетом проєкту вимагає ретельного планування та оптимізації витрат. Скорочення бюджету - впливає на

якість, тобто зменшення бюджету може означати необхідність зменшити обсяг людських ресурсів або відмовитися від деяких етапів перевірки якості.

Якість є критично важливою, оскільки визначає, чи відповідає проєкт потребам замовника та очікуванням користувачів. Управління цими трьома факторами часто буває складним, оскільки вони тісно взаємопов'язані. Якщо ми намагаємось змінити один із параметрів, то доведеться коригувати інші, щоб зберегти баланс і забезпечити успішне завершення проєкту.

Існує багато ризиків, коли йдеться про тріаду обмежень. Наприклад, зменшення часу може змусити команду працювати більше, що підвищує ймовірність помилок і зниження якості, або збільшення вартості може змусити вас скорочувати обсяги робіт, що також може вплинути на результат.

Автори дослідження [8] розглядають питання управління ризиками в проєктах. У роботі зазначено, що «... успішність реалізації складних проєктів пов'язана з високою невизначеністю, оскільки момент ухвалення рішення щодо початку інвестування та отримання результату відстрочені в часі, а розробка та реалізація проєктів пов'язана із залученням значного обсягу фінансових ресурсів з високим рівнем інвестиційних ризиків. Неповний облік та врахування ризиків при ухваленні рішень може призвести до не завершення проєктів та значних фінансових втрат». Розуміння та дослідження першопричин виникнення ризиків та розробка заходів щодо управління ними в умовах складного, динамічного та невизначеного середовища призведе до їх зменшення, чи часткового запобігання ризиковим ситуаціям, що призведе до успішного завершення проєкту.

Сучасні методи ризик-менеджменту характеризуються своєю багатогранністю, задача яких – зниження імовірності настання ризику. Певна послідовність реалізації даної задачі надає можливості стандартизувати дії. Починаючи з 2009 року Міжнародна організація зі стандартизації представила цілу серію стандартів: ISO/IEC 31000:2009 Risk management – Principles and guidelines (Ризик-менеджмент – Принципи та настанови) [9]; ISO/IEC 31010:2019 Risk management – Risk assessment techniques (Ризик-менеджмент – Методи оцінки ризику) [10]; ISO/AWI 31004 Risk management – Guidance for the implementation of

ISO 31000 (Ризик-менеджмент – Інструкції щодо реалізації ISO 31000) [11]; ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines (Ризик-менеджмент – Рекомендації) [12]; FERMA RMS Risk management standard – Стандарт управління ризиками [13]. Перелічені стандарти надають рекомендації щодо управління ризиками, вибору та застосування систематичних методів оцінки ризику, допомагають в прийнятті рішень у випадках невизначеності, надані інформації про певні ризики, що є частиною самого процесу управління ризиком. Стандарти покликані допомагати організаціям підвищити імовірності досягнення цілей, ефективного виявлення можливостей та загроз, а також більш ефективного розподілу та застосування ресурсів під час моніторингу ризиків.

В різних країнах світу були розроблені свої, адаптовані стандарти, такі як австралійський стандарт AS/NZS 4360:2004 Risk management (Ризик-менеджмент), британський стандарт BS 31100:2011 Code of practice for risk management [14], українські стандарти: ДСТУ ISO Guide 73:2013 – Керування ризиком. Словник термінів [15] та ДСТУ ISO/IEC 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику [16]. Українські стандарти містять терміни, необхідні для формування в організаціях єдиного розуміння понять і термінів стосовно управління ризиками та сучасні методики вибору та застосування методів загального оцінювання ризику.

В процесі наукових досліджень задачі управління ризиками, пов'язаних з неминучістю виникнення загроз в освітніх проєктах, застосовують такі моделі та методи: мозковий штурм – метод, згідно з яким за допомогою експертів генеруються ідеї щодо потенційних ризиків, які можуть вплинути на проєкт; метод Дельфі, де експерти анонімно оцінюють ймовірності та впливи ризиків, що дозволяє уникнути групового мислення; аналіз «дерева рішень», який дозволяє візуалізувати різні можливі сценарії розвитку подій та їхні наслідки; SWOT-аналіз, що допомагає ідентифікувати сильні та слабкі сторони проєкту, а також можливості та загрози зовнішнього середовища; матриця ризиків, яка дозволяє оцінити ймовірність та вплив кожного ризику на проєкт за допомогою шкали; Monte Carlo – симуляція, що використовує статистичні моделі для оцінки ймовірності різних

результатів проекту та інші.

Приклади моделей та методів управління ризиками розглянуті у наведених у підрозділі 1.4 даного дослідження.

Ощадливий менеджмент (Lean-менеджмент), що бере свій початок з виробничої системи Toyota, сьогодні є однією з найбільш популярних як у промисловості, так і у сфері послуг. Lean-філософія – це безперервний процес покращення. Її концепція базується на ідеї здорового глузду про так звані «відходи – Muda». Усунення цих відходів і є самою суттю ощадливого менеджменту. Ощадливість та відходи – це два взаємопов’язані терміни. Всі дії, які не дають цінності процесу, а їх виконання вимагає часу і грошей, і є Muda (відходи), які потрібно усунути [17, 18]. Не дивлячись на те, що впровадження Lean-підходів розпочалось з автомобільної промисловості, її застосування поширилось на інші галузі, включаючи текстильну, будівельну, харчову, медичну, легку промисловість. Але її застосовують не лише на виробництві продукції. Останнім часом можна зустріти наукові дослідження щодо впровадження Lean підходу в галузі медицини, освіти, ІТ та інших.

Lean-філософія виділяє три фундаментальні поняття, які описують джерела неефективності – Muda (анг. відходи), Mura (анг. нерівність), Muri (анг. перенавантаження). Всі 3Mu`s тісно пов’язані між собою і разом визначають японське розуміння відходів.

Muda означає марнотратство або непотрібність використання часу, грошей і ресурсів, що не додають ніякої цінності для клієнта. Основною метою є усвідомлення того, які кроки є необхідними для процесу, а які потрібно скоротити або усунути. Існує сім традиційних типів / показників Muda:

- перевиробництво (overproduction) – виробництво, що випереджає те, що насправді потрібно наступному процесу або клієнту;
- очікування (waiting) – простій робітників або обладнання через нерівномірний процес;
- непотрібне транспортування (transportation) – переміщення матеріалів або інформації без реальної потреби;

- надмірна обробка (overprocessing) – виконання непотрібної або неправильної обробки, як правило через дефекти;
- надлишкові запаси (inventory) – робота з непотрібними запасами, що призводить до інших типів відходів (Muda), таких як очікування, перевиробництво, дефекти;
- непотрібні рухи (motions) – здійснення марнотратних або непотрібних рухів, таких як пошук деталей, документів тощо або переміщення персоналу або устаткування;
- дефекти (defects) – перевірка виробництва на наявність дефектів, переробка чи утилізація бракованих матеріалів.

Поняття Muri означає «перенавантаження» або «надмірні зусилля». Це поняття тісно пов'язане з марнотратством, з точки зору перенавантаження обладнання (понад технічні можливості) або людських ресурсів (фізичні чи психологічні). Таке перенавантаження призводить до зниження продуктивності. Також можлива повна протилежність ситуації, яка призведе до тривалих простоїв. Основними причинами Muri є погано організоване робоче місце, коливання обсягів виробництва, відсутність або неналежне використання/виконання стандартів роботи.

Поняття Mura в перекладі з японської означає «нерівномірність» або «коливання», які виникають в результаті непостійності та нерівномірного розподілу роботи, ресурсів або навантаження у процесі. Ці коливання, через екстремальні максимуми і мінімуми у виробничих графіках або нерівномірний темп роботи, можуть призвести до періодів перенавантаження людей і обладнання.

Усі три базові поняття тісно пов'язані між собою. Цей зв'язок можна описати як ланцюжок причин та наслідків, де Mura створює Muri, а вони разом створюють Muda (рис. 2.3). Таким чином, Mura та Muri є першопричинами Muda.

Концепція «ощадливого виробництва» пройшла довгий еволюційний шлях розвитку у виробничій галузі і сформувалася в гнучку концепцію освітнього менеджменту, яка продовжує розвиватися і вдосконалюватися в умовах ринку освітніх послуг. Крім того, концепція «ощадливого виробництва» як і раніше

залишається філософією виробництва, проте це не заважає їй досить впевнено крокувати в контексті сучасного менеджменту якості з його канонами і міжнародними стандартами [19].

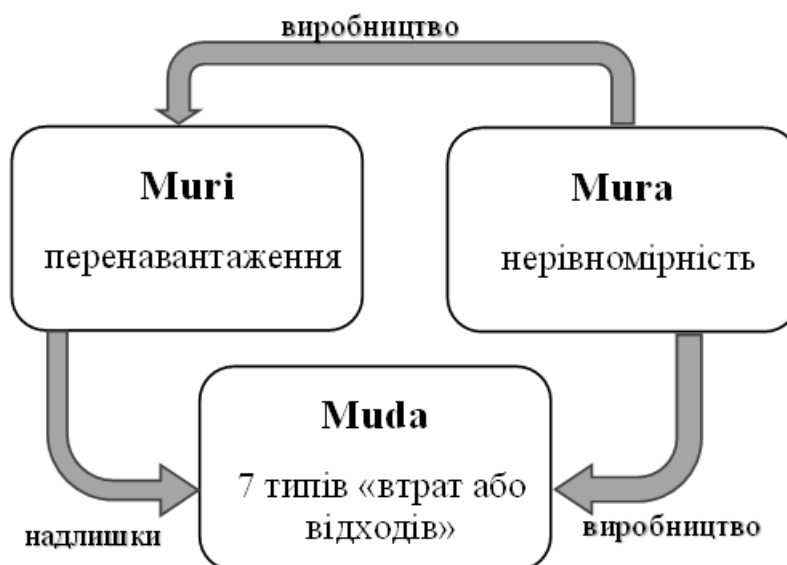


Рисунок 2.3 – Взаємодія та вплив, Mura, Muri, Muda в Lean філософії [20]

В методології Lean існують десятки інструментів для дослідження та втілення цієї філософії і серед них також є методи, що допомагають ідентифікувати, дослідити, оцінити та мінімізувати загрози в процесах, продуктах чи системах, тобто управляти ризиками. В рамках Lean для управління ризиками використовуються наступні інструменти: FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) – ідентифікує можливі відмови у процесі або продуктах, аналізує їх наслідки та розробляє заходи для їх запобігання; 5 Whys (5 Чому) – особливість методу в тому, щоб виявити кореневі причини проблеми або ризику шляхом п'ятиразового запитування «Чому?»; Ishikawa Diagram (Fishbone Diagram) – за допомогою візуалізації причинно-наслідкових зв'язків відбувається дослідження, що призводить до знаходження ризику або проблеми; Value Stream Mapping (VSM) – у процесі відбувається аналіз потоку створення цінності, виявлення вузьких місць та потенційних ризиків у процесі; Poka Yoke – цей метод запобігає виникненню помилок через впровадження захисних механізмів; Hoshin Kanri (Policy Deployment) – мета якого встановлення стратегічних цілей та визначення потенційних ризиків під час їх реалізації; за допомогою DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve,

Control) шукають та усувають ризики у процесах та інші.

І це далеко не повний перелік методів дослідження класичної теорії ризиків та Lean-підходів.

Питання аналізу ризиків для сучасних ЗВО вже давно стало одним із ключових завдань, тому активне залучення вищого керівництва до питань, пов'язаних з управлінням ризиками на підприємстві, є надзвичайно важливим. Вище керівництво має створити мультидисциплінарну команду з управління ризиками, до складу якої повинні увійти представники всіх критично важливих підрозділів підприємства. Така різноплановість в команді має велике значення, оскільки оцінка конкретних ризиків може відрізнятись залежно від поглядів працівників різних відділів [21].

Кожний метод має свої переваги та недоліки, тому в ході прийняття рішення щодо вибору методу оптимізації процесів необхідно враховувати цілу низку умов та факторів. Можлива комбінація різних методів та інструментів удосконалення процесів підприємства [22].

З розвитком теорії вимірювання з'явилося нове покоління теорії когнітивно-діагностичного оцінювання. В процесі когнітивно-діагностичного оцінювання, яке базується на характеристиках психологічного оцінювання, детальну інформацію про оцінки ризику можна отримати за допомогою когнітивної моделі, що відіграє провідну роль у розробці структури когнітивного оцінювання, побудові атрибутивних зв'язків.

Вперше термін «когнітивна карта» ввів Толман [23], і з того часу багато дослідників по всьому світу розвивали цю тему у своїх працях. Методологія когнітивного моделювання, призначена для аналізу і прийняття рішень у важко прогнозованих ситуаціях, була запропонована Axelrod R. ще в 1976 році для галузі соціальних наук [24]. Він стверджував, що основною метою когнітивного моделювання є формування та уточнення гіпотези щодо функціонування досліджуваного об'єкта, що розглядається як слабоструктурована система, яка складається з окремих внутрішніх і зовнішніх елементів, підсистем, що взаємодіють одне з одним, на основі структурної схеми причинно-наслідкових

зв'язків [24]. Паралельно з Axelrod R., Roberts FS також проводив свої дослідження [25]. Дослідники Casti JL та Atkin R. детально дослідили у своїх працях симпліційний аналіз і метод ланцюгових зв'язків когнітивної карти [26].

Загалом цей метод має різні застосування. Його використовують для вивчення географії, освіти, управління системами, транспорту, медицини, банківської справи, машинобудування, енергетики та інші [27, 28].

В 1986 році дослідником Б. Коско були запропоновані нечіткі когнітивні карти (НKK), що використовуються для моделювання причинно-наслідкових взаємозв'язків, виявленими між концептами деякої області [29-31]. Основним завданням, яке вирішується в рамках когнітивного підходу, є завдання прогнозування та завдання вибору альтернативних стратегій управління.

НKK – це загальний термін для набору методів, які допомагають особі, що приймає рішення, отримати графічний опис сприйняття людини стосовно певної дискусії або проблеми, який є простим для розуміння і може надати відповідне уявлення про структуру даних [27].

Переважає більшість вітчизняних напрацювань, присвячена питанням когнітивного моделювання, свідчить про розвиток теоретичних досліджень на основі закордонних методик оцінки складних систем з використанням діалогових систем прийняття управлінських рішень [32-36].

Різні інтерпретації вершин, ребер, ваг, а також різні функції, що визначають вплив зв'язків на фактори, призвели до виникнення різних моделей (модифікацій когнітивних карт) та засобів їх аналізу. Сьогодні існує багато різновидів НKK: знакові та нечіткі узагальнені когнітивні карти, силова та реляційні НKK, НKK Коско [29], продукційні НKK [37], інтервальні («сірі») НKK [38], нейтрософські НKK [39], динамічні когнітивні карти [40] та інші [41].

В науковій роботі [24] зустрічається поняття попередників НKK – так звані каузальні когнітивні карти (CMs), які використовуються для відображення каузальних знань індивідів чи груп у візуальних структурах, що показують поняття та їх каузальні зв'язки.

Когнітивний аналіз – це потужний інструмент розробки стратегії розвитку

системи. Застосування даного методу детально прописано в п. 3.1 та 3.2 даного дослідження.

Виходячи із аналізу сучасного стану освітньої галузі та управління освітніми проєктами, можна стверджувати, що існуючи підходи до управління ризиками освітніх проєктів, що наведений у розділі 1 цього дослідження, не завжди забезпечують глибинний аналіз факторів, які впливають на освітні проєкти.

Відповідно до **науково-прикладної задачі** дисертаційної роботи, яка обумовлена запитом практики та спрямована на підвищення ефективності управління освітніми проєктами і полягає в розробці нових та вдосконаленні існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, а також з метою одержання наукових результатів роботи, сформована архітектура дослідження, представлена на рис. 2.4.

Для досягнення мети вирішуються наступні завдання дисертаційного дослідження:

- провести аналіз наукових досліджень, практичних результатів щодо особливостей освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, моделей, методів та інформаційних засобів управління освітніми-процесами в ЗВО та ризиками даних проєктів (завдання 1);
- розробити концептуальну модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 2);
- розробити математичну модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 2);
- удосконалити когнітивну модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 2);
- розробити метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 3);
- отримав подальший розвиток метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 3);

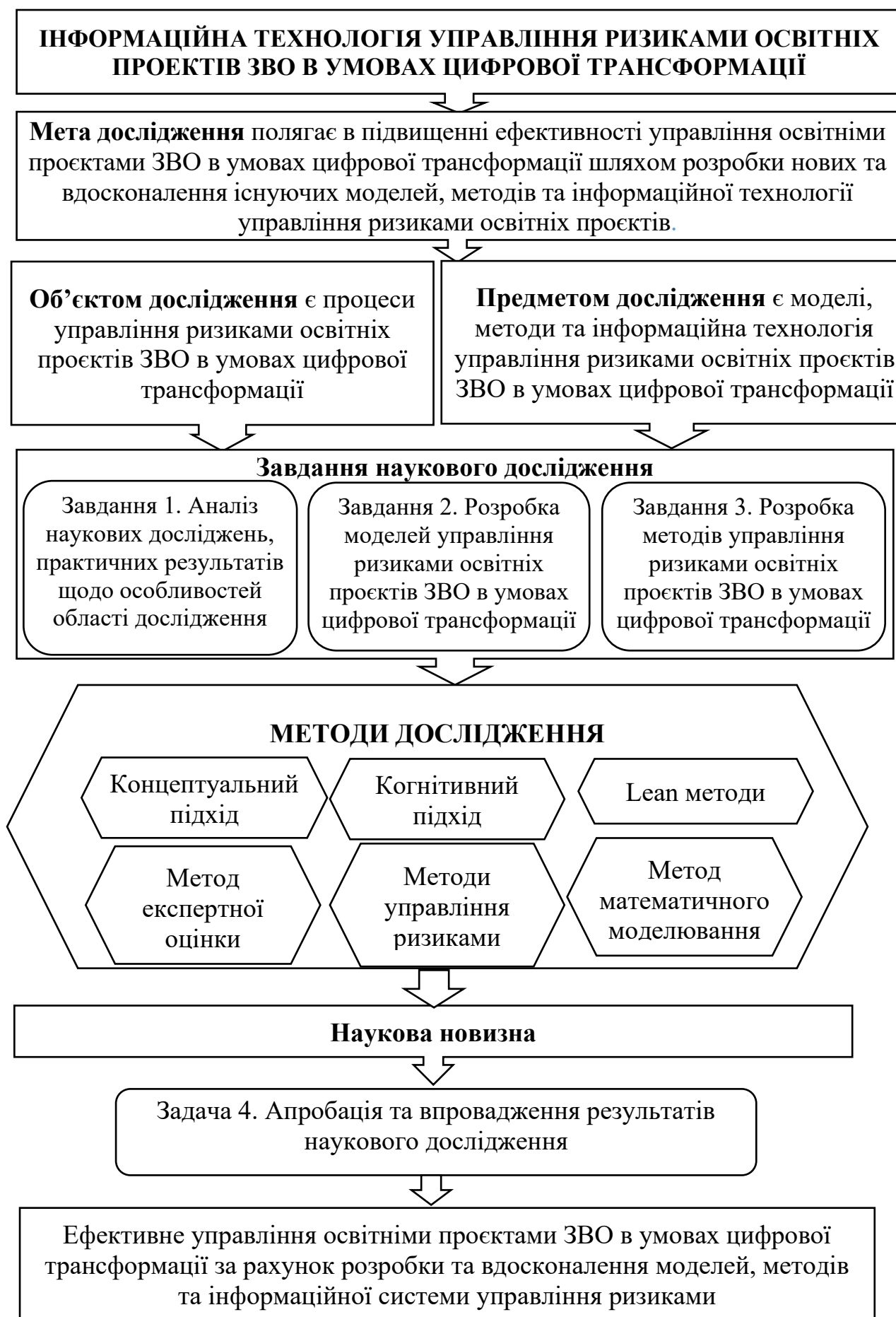


Рисунок 2.4 – Архітектура наукового дослідження [розроблено автором]

- розробити інформаційну систему управління ризиками освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 4);
- застосувати на практиці розроблені інструменти управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (підзавдання завдання 4).

2.2. Концептуальна модель Lean управління освітніми проєктами закладів вищої освіти в умовах цифрової трансформації

Вже давно відомо, що управління проєктами – не суха наука, а жива методологія організації, планування і координації використання людських і фінансових ресурсів протягом всього життєвого циклу [7]. Тож, для ефективної діяльності та розвитку ЗВО, його керівнику вже замало бути науковцем, він повинен бути обізнаним проєктним менеджером та поєднувати в собі надсучасні наукові знання, технології менеджменту з практичними навичками та бути спрямованим на отримання найбільш ефективних результатів в ході реалізації всіх проєктів університету.

Інформаційні технології, що впроваджуються для успішної роботи ЗВО, розробляються повсякчас. Паралельно з цим, науковці доповнюють теоретико-методологічну базу новими моделями і методами проєктного управління. Одночасно, на державному рівні розроблено «Стратегію розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки», де визначено, що: «Одним з пріоритетів розвитку освіти є цифрова трансформація процесів управління, регулювання та моніторингу в ЗВО та ефективне використання цифрових (дистанційних) технологій в освітньому процесі» [42].

Інтеграція та імплементація єдиного цифрового середовища в ЗВО, що передбачає консолідацію всіх суб'єктів освітньої та наукової діяльності, а також уніфікацію простору для комунікації та обміну даними, забезпечує оптимізацію управлінських процесів і значне зниження адміністративно-бюрократичного навантаження. На шляху цифрової трансформації університету слід зазначити і проблеми, які потребують вирішення. До них слід віднести: недостатній рівень

цифрових компетентностей учасників освітнього процесу; застарілий зміст навчальних предметів; відсутність сучасної техніки і технологій для забезпечення освітньої та, особливо, наукової діяльності; відсутність якісного цифрового освітнього контенту для здобуття освіти; застаріла система та процедура внутрішнього документообігу; відсутність єдиної університетської бази даних ЗВО, що призводить до виникнення помилок при перенесенні даних; відсутність єдиного сховища для нормативних документів всіх підрозділів університету; відсутність відділу програмних розробок, який би міг створювати нові програмні продукти та інші [43].

Також під час реалізації проєктів, зокрема освітніх, не уникнути ризиків. Класична теорія управління проєктами пропонує широкий перелік інструментів для ідентифікації, оцінки та управління ризиками. До найбільш розповсюджених та ефективних інструментів оцінки ризиків належать методи якісного та кількісного аналізу ризиків. Серед них аналіз «дерева рішень», що дозволяє візуалізувати різні можливі сценарії розвитку подій та їхні наслідки; метод Дельфі, згідно якого за допомогою анонімної оцінки експертів визначається ймовірність та вплив ризиків, що дозволяє уникнути групового мислення [44]; мозковий штурм, який заохочує генерацію ідей щодо потенційних ризиків [45]; SWOT-аналіз, який допомагає ідентифікувати сильні та слабкі сторони проєкту, а також можливості та загрози зовнішнього середовища [46]. Методами кількісного аналізу ризиків є матриця ризиків, аналіз чутливості, Monte Carlo симуляція [47]. Для оцінки тривалості завдань проєкту з урахуванням невизначеності використовують Program Evaluation and Review Technique (PERT) – це метод управління проєктами, який використовується для оцінки та аналізу дуже масштабних складних проєктів [48].

З середини XX століття починає свій розвиток Lean-філософія (яку ще називають «методика ощадливого виробництва»). Lean Management, Кайдзен та інші інструменти – це спосіб мислення та продуктивної дії управління, що ефективно застосовують у бізнесі, але в управлінні ЗВО вона майже не зустрічається. Відповідно до наративів Lean – оптимізувати можна процеси в будь-якій організації.

Застосування принципів Lean-підходів в ЗВО дозволяє розширити можливості та надати свободу вибору для кожного працівника, сформулювати ощадливі знання для успішної, плідної праці. Отож, раціонально припустити, що впровадження концепції ощадливого виробництва є одним із способів зміцнення конкурентоспроможності, стійкості та удосконалення роботи ЗВО [49].

Беручи до уваги складність, масштабність та різноманітність освітніх проєктів ЗВО важливим є вміння інтеграції різних процесів та стандартів управління ризиками проєктів.

Інтеграція – це процес об'єднання в одне ціле декількох елементів або процесів. Конвергенція (від лат. *convergo* – зближую) – процес зближення, сходження (в різному розумінні) компромісів. Конвергенція – це не лише взаємопроникнення, але й об'єднання за принципом взаємодоповнення. Не завжди спроби простого поєднання різних методологій управління ризиками можуть призвести до бажаного результату, що принесе практичну користь [50, 51].

За результатами аналізу сучасного стану управління ризиками освітніх проєктів ЗВО, проведеного у першому розділі дисертаційного дослідження, встановлено, що ризики проєктів, реалізованих у ЗВО в умовах цифрової трансформації, потребують поглибленого дослідження. У підрозділі 2.1 даного дисертаційного дослідження обґрунтовано методологію наукового пошуку та на її основі сформовано архітектуру дослідження (рис. 2.4), яка базується на сучасних наукових підходах, моделях та методах.

Виклики, які постають перед сучасними ЗВО, особливо в умовах цифрової трансформації, потребують розробки нових моделей й методів аналізу та управління ризиками освітніх проєктів ЗВО. Складні зовнішні умови освітньої галузі призводять до обмеження фінансових можливостей, плинності кадрів, необхідності швидкого реагування на динамічні освітні потреби. Застосування принципів Lean для оптимізації освітніх проєктів ЗВО та зменшення втрат (*Muda*) обґрунтовується необхідністю системного підвищення ефективності, якості та цінності результатів в умовах обмежених ресурсів та швидкої цифрової трансформації ЗВО. В цих умовах цифрова трансформація виступає каталізатором

та необхідною умовою для впровадження середовища реалізації запропонованої моделі, що призведе до розробки цифрового інструменту, який автоматизує певні процеси та оптимізує використання даних.

В дослідженні автора [52] запропонована конвергенція методики ощадливого виробництва та класичного трикутника управління проектами, в результаті якої побудована концептуальна модель Lean управління освітніми проектами ЗВО в умовах цифрової трансформації, що зображена на рис 2.5.

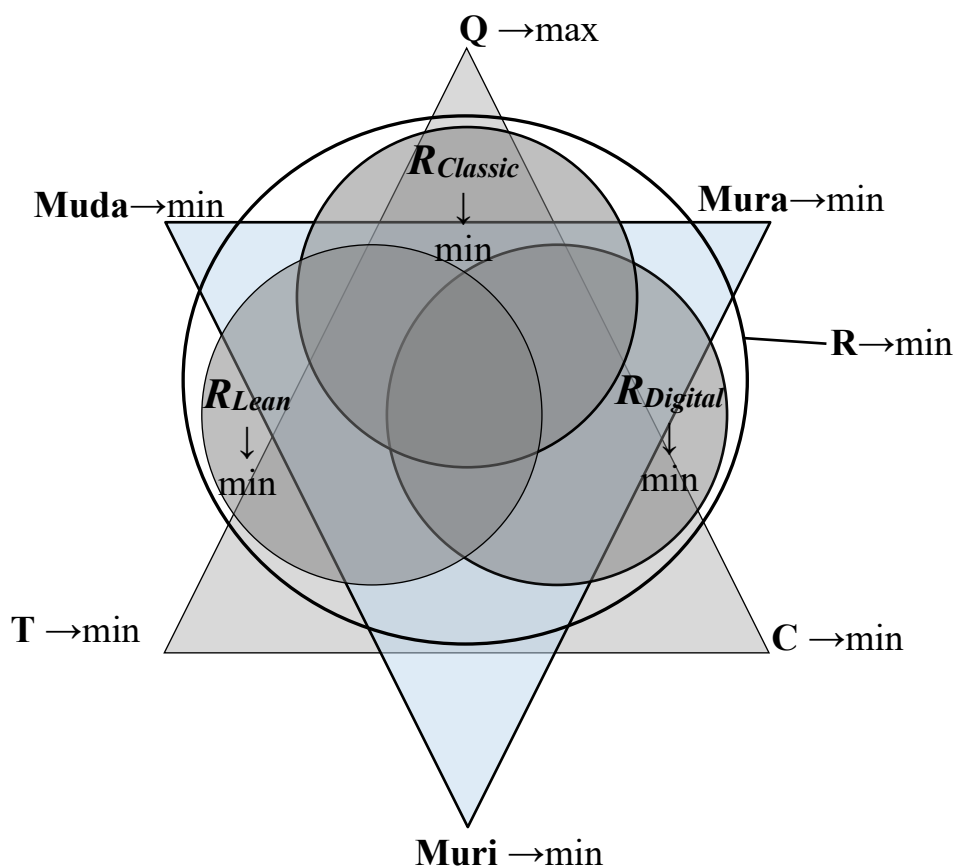


Рисунок 2.5 – Концептуальна модель Lean управління освітніми проектами ЗВО в умовах цифрової трансформації [розроблено автором]

Проекти є фундаментальною складовою функціонування будь-якої організації, зокрема ЗВО, за допомогою яких реалізуються їх стратегічні цілі. Тож за основу запропонованої концептуальної моделі взята класична теорія, зокрема трійста обмеженість або «трикутник управління проектами», в основу якого закладено найважливіше правило: зміна однієї вершини неодмінно призведе до змін у двох інших. Традиційно такими обмеженнями є якість (quality - Q), час (time

- T) та вартість (cost - C) – які мають бути завжди у балансі.

Водночас до пропонованої концептуальної моделі інтегровано ключові доктрини Lean-філософії – Muda (втрати), Mura (нерівномірності) та Muri (перенавантаження). Їх головною метою є створення цінності для клієнта шляхом оптимізації ресурсів кампанії.

Відповідно до побудованої моделі, оптимізація класичних цілей проєктного менеджменту, зокрема досягнення максимальної якості результатів освітнього проєкту при мінімальній вартості та тривалості, досягається саме завдяки застосуванню Lean-підходів, а саме усуненню проєктних втрат, дисбалансу та перенавантаження ресурсів ЗВО.

Освітні проєкти ЗВО перебувають під постійним тиском класичних обмежень та цифрових викликів, тож ризики є невід’ємною частиною цих проєктів. Для ефективного зниження сукупного рівня ризику освітнього проєкту та його успішної реалізації необхідно впроваджувати та застосовувати комплексний підхід під час аналізу ризиків, зокрема базиси Lean-підходу та передові ІТ-рішення.

Таким чином, концептуальна модель (рис.2.5) поєднує в собі три множини ризиків, що представлені на моделі у вигляді діаграми Венна, а саме: множину ризиків, визначених на основі класичного підходу до управління проєктами за трикутником цілей ($R_{Classic}$), множину ризиків, визначену за принципами Lean (R_{Lean}) та множину ризиків, що є наслідками цифрової трансформації ($R_{Digital}$) (формула (2.1)).

$$R = R_{Classic} \cup R_{Lean} \cup R_{Digital}$$

Традиційні ризики освітніх проєктів зазначені в таблиці 1.4. Для них існує безліч причин виникнення, а відповідно і багато наслідків.

Множина ризиків $R_{Classic}$ формується за основі типових загроз, що виникають внаслідок сукупності зовнішніх та внутрішніх чинників і впливають на якість (Q), час (T) та вартість (C) проєкту. Подібні ризики виникають в будь-яких проєктах, в будь-яких сферах, і також притаманні освітнім проєктам. Будемо їх

називати класичними, для освітніх проєктів вони визначені в табл.1.4 даного дослідження.

Множина ризиків, утворюється в результаті відсутності застосування методології ощадливого виробництва, наслідками яких є втрати ресурсів (*Muda*), що призводять до нерівномірності в роботі (*Mura*) та перенавантаження трудових та/або технічних ресурсів (*Muri*) в проєкті. Основний принцип філософії ощадливого виробництва є визначення цінності (*Value*) з точки зору кінцевого споживача. Для освітнього проєкту таким споживачем може бути здобувач вищої освіти, роботодавець або суспільство. Тож ідентифікація ризиків на основі сформованих цінностей споживачів з подальшою оцінкою та зменшенням може призвести до мінімізації втрат (*Muda*), що пропонує Lean-філософія. Традиційно виділяють сім типів втрат. Назвемо цю множину ризиків освітнього проєкту Lean-ризиками – R_{Lean} .

Разом з цим, доцільно виділити третю множину ризиків, що є освітні проєкти в умовах цифрової трансформації. Цифрова трансформація виступає каталізатором економічного зростання, оскільки впровадження та застосування цифрових технологій позитивно впливає на ефективність, результативність, оптимізацію часу та вартості, але водночас має і негативні наслідки, такі як втрата даних, кіберзлочинність та інші. Висока динаміка цифрової трансформації неминуче зумовлює появу дедалі нових ризиків. Дану множину ризиків будемо називати цифровими – $R_{Digital}$.

Отже, головною метою розробленої моделі (рис.2.5) є комплексне дослідження ризиків для отримання інтегральної оцінки ризиків проєкту, на основі яких формуються висновки, щодо схильності освітнього проєкту до ризиків на основі трьох показників ($R_{Classic}$, R_{Lean} , $R_{Digital}$).

Представлена модель наочно демонструє, що для успіху освітнього проєкту в сучасному ЗВО в умовах цифрової трансформації недостатньо управляти лише класичними ризиками, сьогодення вимагає активного впровадження філософії Lean в ЗВО та забезпечення стійкості цифрового середовища.

2.3. Математична модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації

В ході трансформації процесів в галузі освіти важливо адекватно оцінити особливості впровадження цифрових технологій в ЗВО та визначити потенційно можливий і поточний рівень ефективності застосування. Тому разом з активною реалізацією проєктів цифрової трансформації, ЗВО важливо, щоб ризики, що виникають на різних етапах проєкту, не вплинули на якість проєкту в цілому, не обтяжили та не знецінили його.

Наявність автономії у ЗВО надає можливість використовувати у своїй діяльності сучасні інструменти й методи управління. Впровадження основ проєктного менеджменту та методології ощадливого виробництва дозволить, під час цифрової трансформації, вдосконалити процес управління освітніми проєктами та розвитку університету. Методологія Lean в управлінні проєктами ЗВО може суттєво покращити їх фінансовий стан, зменшити обсяг необґрунтованих та нераціональних втрат, покращити якість підготовки майбутніх спеціалістів, підвищити продуктивність праці та мотивацію працівників і викладачів, що сприяє залученню більшої кількості абітурієнтів [53]. Методичні та практичні розробки, які стосуються управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, ще не достатньо досліджені. Трансформація освітніх процесів може відбуватися за різними траєкторіями, із застосуванням різноманітних механізмів.

Сучасні освітні проєкти дедалі більше набувають ознак бізнесу, де ключову роль відіграє управління витратами, що є невід'ємною частиною забезпечення прибутковості та виживання ЗВО. Сучасні ЗВО давно перестали бути лише осередками навчання майбутньої професії, сьогодні університети знаходяться в нескінченному русі, в постійній необхідності впровадження в освітнє та адміністративне життя методологій ефективного управління. Відповідно до класичних принципів оптимізації, розробка математичної моделі бізнес-процесів ЗВО, спрямована на створення станів бізнес-процесів, які на виході повинні мати істотно кращі показники своєї результативності, ефективності та адаптивності [54].

Математичне моделювання є одним з основних сучасних методів дослідження систем. На основі розробленої концептуальної моделі об'єкта дослідження, через формалізацію, відбувається перетворення у математичну модель. Потім відбувається перевірка адекватності й подальше дослідження отриманої моделі за допомогою аналітичних або чисельних методів і сучасних комп'ютерних технологій. В роботі [55] «математичною моделлю системи називають її опис формальною мовою, що дозволяє робити висновки про певні риси поведінки цієї системи за допомогою формальних процедур над її описом. Оскільки математичний опис не може бути всеохоплюючим та ідеально точним, то математичні моделі описують не реальні системи, а їх спрощені (гомоморфні) моделі. Математична модель має форму функціональних залежностей між параметрами, які враховує відповідна концептуальна модель. Ці залежності конкретизують причинно-наслідкові зв'язки, виявлені в концептуальній моделі, які і характеризують їх кількісно».

Математична модель – це сукупність математичних об'єктів (рівнянь, систем рівнянь і нерівностей, алгебраїчних виразів і т. і.), математичних символів або абстракція реальних процесів, в якій досліджуваний об'єкт і його взаємодія з навколишнім світом, а саме з тими реальними елементами, що цікавлять дослідника, подаються у формі рівнянь та/або нерівностей, відношеннями формальної логіки між показниками (змінними), що характеризують функціонування реальної системи, що моделюється [56].

На основі розробленої концептуальної моделі (рис. 2.5) Lean управління освітніми проєктами ЗВО [52], пропонується математична модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО на засадах класичних підходів проєктного менеджменту та ощадливого виробництва в умовах цифрової трансформації [57]. В її основу закладено три ключові множини (групи) ризиків проєкту: $R_{Classic}$, R_{Lean} та $R_{Digital}$, ідентифікація яких необхідна для побудови ефективної системи управління є об'єктом подальшого дослідження.

Для зручності подальшого викладу будуть застосовані позначення $R_{Classic}$, як R_{cl} , R_{Lean} як R_{ln} та $R_{Digital}$, як R_{dg} .

Синтез множин класичних ризиків, Lean-ризиків та цифрових ризиків (R_{cl} , R_{ln} та R_{dg}) створює синергетичний ефект, який дозволяє не лише мінімізувати сукупний рівень ризиків, а й підвищити ефективність управління освітніми проєктами ЗВО (формула (2.1)):

$$R = R_{cl} \cup R_{ln} \cup R_{dg} \quad (2.1)$$

Необхідною умовою успішності освітнього проєкту ЗВО є своєчасна ідентифікація та мінімізація супутніх ризиків.

В додатку Г даного дослідження наведені приклади можливих ризиків, які виникають в освітніх проєктах і можуть бути класифіковані як класичні, Lean-підходів та під впливом цифрової трансформації.

Для проведення експертної оцінки ризиків освітнього проєкту формується експертна група – множина Ex (2.2):

$$Ex = \{Ex_1, Ex_2, \dots, Ex_i, \dots, Ex_n\}, \quad (2.2)$$

де n – загальна кількість експертів в експертній групі (рекомендована кількість не менше трьох, але не більше 7) ;

Ex_i – i -й експерт в експертній групі Ex , $i = \overline{1, n}$.

За результатами застосування методу «мозкового штурму» експертна група формує реєстр (множину) ймовірних ризиків R (2.3) притаманних певному освітньому проєкту та не містить повторів ризиків. Під час колективного обговорення до цього реєстру вносять класичні ризики, що впливають на якість, час та вартість, Lean-ризики (операційні ризики), що впливають на втрати – *Muda* та ризики цифрової трансформації, що безпосередньо пов'язані з ІТ-екосистемою освітнього проєкту чи закладу вищої освіти:

$$R = \{R_j\}, \text{ де } j = \overline{1, m} \quad (2.3)$$

де m – загальна кількість ризиків освітнього проєкту;

R_j – j -й ризик з реєстру ризиків R .

Далі експерти за допомогою, наприклад, методу ранжування з парним порівнянням факторів визначають ранг кожного ризику R_j з множини R . Кожен i -й експерт присвоює ризикам ранг від 1 до q , де 1 – це найкритичніший ризик, а q – найменш значущий ризик. Результати заносяться в матрицю, де Rng_{ij} – це ранг, який i -й експерт присвоїв j -му ризику.

Для кожного окремого ризику обчислюється загальна сума рангів, виставлених усіма експертами формула (2.4) [58]:

$$Rng_j = \sum_{i=1}^n Rng_{ji}, \quad (2.4)$$

де Rng_{ji} – ранг, який i -й експерт присвоїв j -му ризику.

Визначаємо середнє значення суми рангів за формулою (2.5):

$$\overline{Rng} = \frac{n(m+1)}{2}, \quad (2.5)$$

Для розрахунку суми квадратів відхилень рангів (S) застосовується формула (2.6). Ця величина відображає ступінь розкиду сумарних оцінок експертів від середнього значення, тобто наскільки чітко експертна група виділяє найбільш та найменш небезпечні ризики.

$$S = \sum_{j=1}^m (Rng_j - \overline{Rng})^2, \quad (2.6)$$

де Rng_j – сума рангів j -го ризику, присвоєних експертами;

\overline{Rng} – середня сума рангів.

Для визначення ступеня узгодженості експертної групи щодо вагомості досліджуваних ризиків розраховується коефіцієнт конкордації Кендалла (K_{pr}).

Якщо експерти не ставили однакові оцінки (ранги) різним ризикам, коефіцієнт конкордації розраховується за класичною формулою (2.7) [58]:

$$K_{pr} = \frac{12 \times S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (2.7)$$

де S – сума квадратів відхилень рангів,

n – загальна кількість експертів в експертній групі,

m – загальна кількість ризиків освітнього проєкту.

Якщо експерт виставив для кількох ризиків однакове значення рангу, то для експерта розраховується показник збігів T_i за формулою (2.8):

$$T_i = \sum_{k=1}^L (t_k^3 - t_k), \quad (2.8)$$

де t_k – кількість однакових рангів у k -й групі однакових оцінок для i -го експерта,

L – кількість груп однакових оцінок для i -го експерта.

Тоді скоригована формула Кендала надуває вигляду формули (2.9):

$$K_{pr} = \frac{12 \times S}{n^2(m^3 - m) - n \sum_{i=1}^n T_i}. \quad (2.9)$$

Якщо отримане значення $K_{pr} > 0.5$, то узгодженість вважається достатньою для подальшого аналізу. Якщо $K_{pr} < 0.5$, то необхідно провести повторний раунд опитування або змінити склад експертної групи.

Математичне моделювання уніфікованого методу, що інтегрує три фундаментально відмінні підходи до інтерпретації ризику (класичний, Lean та цифровий), супроводжується значними методологічними викликами. Складність полягає в необхідності експертного оцінювання різномірних сутностей: потенційних загроз майбутнього (у класичному підході), наявних операційних

неефективностей (у Lean-концепції), та приховані (латентні) загрози цифрової трансформації (ІТ-екосистеми).

Застосування механічного усереднення експертних оцінок, притаманного традиційним методам, неминуче призведе до викривлення результатів дослідження. Коректне зіставлення ймовірнісних подій (наприклад, аварій) із детермінованими процедурними недоліками вимагає запровадження вагових коефіцієнтів значущості для Lean- та Digital-складових.

Класичне визначення ризику, в контексті ризик-менеджменту, трактується як вплив невизначеності на досягнення поставлених цілей. Ця дефініція імперативно передбачає бінарність потенційних наслідків: можливість реалізації як негативних ризиків (загроз), що можуть спричинити втрати або перешкоди, так і позитивних ризиків (можливостей), які здатні генерувати додаткову вартість або сприяти перевиконанню цілей [59].

Для кількісної оцінки потенційної шкоди, яка може виникнути внаслідок певної події, береться добуток двох елементів, а саме: ймовірності настання небажаної події (P) та впливу (V), який може спричинити ця подія на проєкт, якщо вона трапиться [60].

В процесі експертної оцінки ризиків кожний i -й експерт повинен буде визначити ймовірності настання небажаної події (P) та вплив (V), в результаті чого отримують дві множини представлені у вигляді (2.10) та (2.11):

$$P = \{p_{ij} | p_{ij} \in N\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (2.10)$$

$$V = \{v_{ij} | v_{ij} \in N\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (2.11)$$

де n – загальна кількість експертів;

m – загальна кількість ризиків освітнього проєкту;

p_{ij} – оцінка ймовірності виникнення j -го ризику в освітньому проєкті, яку визначив i -й експерт;

v_{ij} – оцінка впливу j -го ризику на освітній проєкт, який визначив i -й експерт;

N – натуральне число.

Для унормування різних шкал, які мають різну фізичну та економічну природу, будемо оцінювати за бальною шкалою параметри «ймовірність» та «вплив» (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Бальна шкала оцінювання ймовірності та впливу оцінки ризику освітніх проєктів ЗВО [розроблено автором]

Бали	P (ймовірність)	V (вплив на бюджет/час/якість)
1	< 10% (Малоймовірно)	Незначний або непомітний для стейкхолдерів проєкту
2	10-30% (Низька)	Низький (< 5% відхилення)
3	30-50% (Середня)	Помірний (потребує коригування плану)
4	50-70% (Висока)	Високий (суттєве відхилення, зрив етапів)
5	> 70% (Майже гарантовано)	Критичний (зупинка проєкту)

Запропонована методологія базується на поєднанні трьох компонентів, що розраховує інтегральну оцінку $Rmod_{ij}$ j -го ризику i -м експертом за формулою (2.12):

$$Rmod_{ij} = Rmod_{ij}^{(cl)} + Rmod_{ij}^{(ln)} + Rmod_{ij}^{(dg)}, \quad (2.12)$$

де $Rmod_{ij}^{(cl)}$ – модифікована оцінка j -го ризику з множини R_{cl} , визначена i -м експертом на основі класичного підходу. Формується на основі оцінки ймовірності та впливу на якість, вартість та строки;

$Rmod_{ij}^{(ln)}$ – модифікована оцінка j -го ризику з множини R_{ln} , визначена i -м експертом на основі Lean-підходів. Формується на основі оцінки ймовірності та впливу на сім видів $Muda$ (втрати);

$R_{mod}^{(dg)}_{ij}$ – модифікована оцінка j -го ризику з множини R_{dg} , визначена i -м експертом на основі цифровізації, формується на основі оцінки ймовірності та впливу цифрової трансформації на ІТ-середовище та / або втрату цифрових даних (цифрові ризики).

Для ефективного аналізу модифікуємо класичну формулу для оцінки ризиків додавши поняття ваги значущості типу ризику – це елементи множини Wz та коригувального коефіцієнта $Kcor$. Отже формула модифікованої оцінки ризику i -м експертом j -го ризику матиме загальний вигляд (2.13):

$$R_{mod} = Kcor \cdot WZ \cdot P \cdot V, \quad (2.13)$$

де P – оцінка ймовірності виникнення ризику в освітньому проєкті, яку визначив i -й експерт;

V – оцінка впливу ризику на освітній проєкт;

WZ – ваговий коефіцієнт значущості категорії ризику;

$Kcor$ – коригувальний коефіцієнт.

Розглянемо частковий випадок модифікованої інтегральної оцінки j -го ризику, визначеної i -м експертом на основі класичного підходу, що змінюється з урахуванням коригувального коефіцієнта та значення ваги відповідної групи ризиків і матиме вигляд формули (2.14):

$$R_{mod}^{(cl)}_{ij} = kcor^{cl} \cdot wz_{cl} \cdot p_{ij}^{(cl)} \cdot v_{ij}^{(cl)}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (2.14)$$

де $kcor^{cl}$ – коригувальний класичний коефіцієнт, який по замовченню дорівнює одиниці, тобто не впливає на кінцеву оцінку;

wz_{cl} – вага впливу (значущість) класичних ризиків;

$p_{ij}^{(cl)}$ – оцінка ймовірності виникнення j -го ризику виставлена i -м експертом на основі класичного підходу;

$v_{ij}^{(cl)}$ – оцінка впливу j -го ризику виставлена i -м експертом на основі класичного підходу.

Для врахування троїстого взаємозв'язку класичного підходу визначеного i -м експертом під час оцінки впливу $v_{ij}^{(cl)}$ j -го ризику, на якість, вартість та терміни, трансформуємо показник шляхом подання його через зважену суму і представимо у вигляді (2.15):

$$v_{ij}^{(cl)} = (vq_{ij} \times wq) + (vc_{ij} \times wc) + (vt_{ij} \times wt), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (2.15)$$

де vq_{ij} – оцінка впливу j -го ризику на якість освітнього проєкту виставлена i -м експертом (бальна шкала, запропонована автором таблиця 2.1);

vc_{ij} – оцінка впливу j -го ризику на вартість освітнього проєкту виставлена i -м експертом (бальна шкала, запропонована автором таблиця 2.1);

vt_{ij} – оцінка впливу j -го ризику на терміни (час) освітнього проєкту виставлена i -м експертом (бальна шкала, запропонована автором таблиця 2.1);

wq – ваговий коефіцієнт категорії класичних впливів на якість, приймає значення від 0 до 1;

wc – ваговий коефіцієнт категорії класичних впливів на вартість, приймає значення від 0 до 1;

wt – ваговий коефіцієнт категорії класичних впливів на терміни, приймає значення від 0 до 1.

Зазначимо, що wq , wc , wt – є елементами множини $W_{classic}$, а їх сума дорівнює одиниці і представлені у вигляді (2.16), (2.17).

$$W_{classic} = \{wq, wc, wt | wq, wc, wt \in [0, 1]\}. \quad (2.16)$$

$$wq + wc + wt = 1. \quad (2.17)$$

Застосувавши метод прямого оцінювання експертами визначено значення елементів множини $W_{classic}$ як $wq = 0.6$, $wc = 0.2$, $wt = 0.2$. Це означитиме, що за рішенням експертної групи якості для проєкту є найвагомішим фактором, а час і вартість мають однаковий вплив.

Таким чином, використання класичних вагових коефіцієнтів дозволяє врахувати пріоритети освітнього проєкту ЗВО (наприклад, домінування якості над вартістю).

За принципом аналогії частковий випадок модифікованої інтегральної оцінки визначеної j -го ризику i -м експертом на основі Lean-підходу, що враховує коригувальний коефіцієнт та значення ваги відповідної групи ризиків, матиме вигляд формули (2.18):

$$Rmod_{ij}^{(ln)} = kcor_{ij}^{(ln)} \cdot wz_{ln} \cdot p_{ij}^{(ln)} \cdot v_{ij}^{(ln)}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (2.18)$$

де $kcor_{ij}^{(ln)}$ – коригувальний Lean-коефіцієнт «втрат» j -го ризику виставлений i -м експертом, що приймає значення від 1 до 2;

wz_{ln} – вага впливу (значущість) Lean- ризиків;

$p_{ij}^{(ln)}$ – оцінка ймовірності виникнення j -го ризику виставлена i -м експертом на основі Lean-підходу;

$v_{ij}^{(ln)}$ – оцінка впливу j -го ризику виставлена i -м експертом на основі Lean-підходу.

Для врахування Lean-підходу, що відображає природу ризику категорії *Muda* (втрати) визначимо коригувальний коефіцієнт $kcor_{ij}^{(ln)}$. Кожна втрата (*Muda*) інтерпретується як драйвер операційного ризику. Математична модель передбачає трансформацію якісних оцінок рівнів втрат у кількісний множник, що збільшує інтегральну оцінку ризику пропорційно до неефективності процесів.

Визначення коригувального коефіцієнта $kcor_{ij}^{(ln)}$ відбувається на основі

множини $Wlean$, яку можна описати за допомогою формули (2.19):

$$Wlean = \{wlean_1, \dots, wlean_h, \dots, wlean_7\}, \quad (2.19)$$

де $wlean_1$ – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь впливу (значущість) дефектів (Defects) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту;

$wlean_2$ – ваговий коефіцієнт, що визначає значущість очікування (Waiting) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту;

$wlean_3$ – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь впливу (значущість) надвиробництва (Overproduction) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту;

$wlean_4$ – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь впливу (значущість) зайвого переміщення (Motion) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту;

$wlean_5$ – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь впливу (значущість) зайвої обробки (Over-processing) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту;

$wlean_6$ – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь впливу (значущість) зайвого транспортування (Transportation) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту;

$wlean_7$ – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь впливу (значущість) нереалізованого потенціалу співробітників (Non-utilized talent) на загальну оцінку ризику освітнього проєкту.

Обмеження елементів множини $Wlean$ представлено у вигляді (2.20):

$$\sum_{h=1}^7 wlean_h = 1, wlean_h \in [0; 1] \quad (2.20)$$

де $wlean_h$ – елемент множини $Wlean$.

Приклади Lean-ризиків наведені в Додатку Г.

Для розрахунку коригувального коефіцієнта $kcor_{ij}^{(ln)}$ експертам необхідно визначити індикатори наявності $(Indl_{ij})_h$ для семи базових типів втрат для j -го ризику.

Коригувальний коефіцієнт $kcor_{ij}^{(ln)}$ показує, на скільки зростає загальна «шкідливість» ризику при наявності конкретного виду *Muda* (втрат), тому для його розрахунку враховуємо вагових впливів семи видів втрат та використовуємо формулу (2.21):

$$kcor_{ij}^{(ln)} = 1 + \sum_{h=1}^7 (wlean_h \times (Indl_{ij})_h), \quad (2.21)$$

де $wlean_h$ – Lean-вага h -го виду втрат для j -го ризику освітнього проєкту (на скільки сильно ці втрати впливають ризик). Попередньо визначається Lean-ваги для кожного типу *Muda*;

$(Indl_{ij})_h$ – індикатор наявності/інтенсивності h -ї категорії *Muda* для j -го ризику визначений i -м експертом. Шкала запропонованою автором (0 – втрата відсутня, 0.5 – втрата присутня частково, 1 – втрати присутня у значному обсязі).

В таблиці 2.2 наведено приклад можливих значень коригувального коефіцієнта для Lean. Якщо $kcor_{ij}^{(ln)}$ для j -го ризику буде дорівнювати двом, це буде означати, що ризик містить абсолютно всі *Muda* (втрати) зазначені в табл. 2.2 і збільшує значення оцінки ризику рівно в два рази.

Таблиця 2.2 – Приклад значень вагових коефіцієнтів $wlean_h$ для коригувального коефіцієнта $kcor_{ij}^{(ln)}$ [розроблено автором]

Категорії <i>Muda</i> (втрати)	Ваговий коефіцієнт для Lean ($wlean_h$)	Обґрунтування «тяжкості» та приклад
Дефекти (Defects)	0.25	Критичний вплив. Потребує повної переробки. Максимальна вартість виправлення.
Очікування (Waiting)	0.20	Високий вплив. Блокування ресурсу (часу персоналу або обладнання).
Надвиробництво (Overproduction)	0.10	Помірний вплив. Втрата матеріалів/часу на непотрібний результат.

Продовження Таблиці 2.2

Зайві переміщення (Motion)	0.05	Низький вплив. Ергономічні втрати.
Зайва обробка (Over-processing)	0.15	Середній вплив. Зниження продуктивності через дублювання функцій.
Зайве транспортування (Transportation)	0.05	Низький вплив. Логістичні втрати (передача даних/людей).
Нереалізований потенціал співробітників (Non-utilized talent)	0.20	Високий вплив. Стратегічна втрата (використання професорів для роботи лаборантів).

Відповідно частковий випадок модифікованої інтегральної оцінки j -го ризику, визначеної i -м експертом, яка враховує зміни цифрової трансформації, що уточнюється з урахуванням коригувального коефіцієнта та значення ваги відповідної групи ризиків, матиме вигляд формули (2.22):

$$Rmod_{ij}^{(dg)} = kcor_{ij}^{(dg)} \cdot wz_{dg} \cdot p_{ij}^{(dg)} \cdot v_{ij}^{(dg)}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \quad (2.22)$$

де $kcor_{ij}^{(dg)}$ – коригувальний коефіцієнт цифрової трансформації j -го ризику виставлений i -м експертом, що має значення від 1 до 2.

wz_{dg} – вага впливу (значущість) цифрових ризиків.

$p_{ij}^{(dg)}$ – оцінка ймовірності виникнення j -го ризику виставлена i -м експертом яка враховує зміни цифрової трансформації;

$v_{ij}^{(dg)}$ – оцінка впливу j -го ризику виставлена i -м експертом яка враховує зміни цифрової трансформації.

За аналогією до коефіцієнта $kcor_{ij}^{(ln)}$ розраховуємо $kcor_{ij}^{(dg)}$ за формулою (2.23):

$$kcor_{ij}^{(dg)} = 1 + \sum_{f=1}^4 \left(wdg_f \times (Inddg_{ij})_f \right), \quad (2.23)$$

де wdg_f – f -й ваговий коефіцієнт групи цифрових впливів для j -го ризику освітнього проєкту. Визначає який рівень впливу даного ризику на цифрове середовище, $wdg_f \in [0; 1]$;

$(Inddg_{ij})_f$ – індикатор наявності/інтенсивності f -го рівня для j -го ризику. Визначається за шкалою запропонованою автором (0 – втрата відсутня, 0.5 – втрата присутня частково, 1 – втрати присутня у значному обсязі).

Коригувальний коефіцієнт $kcor_{ij}^{(dg)}$, який враховує кореляцію між рівнем цифровізації процесів та ймовірністю реалізації латентних техногенних загроз (збої, кібератаки, втрата даних) пов'язаними з кібербезпекою та ІТ-екосистемою і формує множину $Wdigital$. Сума вагових коефіцієнтів множини $Wdigital$ дорівнює одиниці і представлена у вигляді формули (2.24).

$$\sum_{f=1}^4 wdg_f = 1, \quad (2.24)$$

В таблиці 2.3 наведено приклад можливих значень моделюючого коефіцієнта цифровізації.

Таблиця 2.3 – Приклад значень wdg_f для освітнього проєкту, який враховує специфіку цифрової трансформації [розроблено автором]

Значення wdg_f	Рівень впливу	Опис
0.01	Нульовий	Ризик суто офлайновий (наприклад, ремонт аудиторії).
0.19	Локальний	Збій на рівні одного ПК або локального файлу
0.3	Системний	Проблеми з доступом до LMS (Moodle, Google Teams), збої в розкладі
0.5	Інфраструктурний	Загроза кібербезпеці, витік персональних даних, падіння серверів

Множина вагових коефіцієнтів значущості категорій ризику WZ складається з трьох елементів та описана за допомогою формули (2.25):

$$WZ = \{wz_{cl}, wz_{ln}, wz_{dg} | wz_{cl}, wz_{ln}, wz_{dg} \in [0,1]\}, \quad (2.25)$$

Обов'язкова умова для множини вагових коефіцієнтів WZ представлено у вигляді (2.26), де сума всіх коефіцієнтів множини дорівнює 1:

$$wz_{cl} + wz_{ln} + wz_{dg} = 1. \quad (2.26)$$

Для прикладу, експертна група методом прямого оцінювання визначила $wz_{cl} = 0.4$, $wz_{ln} = 0.1$, $wz_{dg} = 0.5$ – це означитиме, що відповідно до рішення експертної групи, вага впливу операційних ризиків буде меншою за класичні та цифрові, а найбільший вплив на загальний результат проєкту матимуть цифрові ризики.

Використання вагових коефіцієнтів дозволяє врахувати пріоритети освітнього проєкту ЗВО (наприклад, домінування цифровізації) і звести різномірні наслідки до спільної шкали для коректного порівняння.

Множина коригувальних коефіцієнтів – $Kcor$ має вигляд (2.27):

$$Kcor = \{kcor^{cl}, kcor_{ij}^{(ln)}, kcor_{ij}^{(dg)}\}, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m} \quad (2.27)$$

Освітні проєкти на відміну від промислових мають фундаментальні онтологічні та операційні відмінності. В промислових проєктах домінують фінансові, технічні та ринкові ризики. Основна загроза – перевищення бюджету, зрив дедлайнів або невідповідність продукту вимогам ринку. В свою чергу в освітніх проєктах домінують наукові, педагогічні та соціальні ризики. Основна загроза – недосягнення навчальних цілей, низька залученість учасників, застарілість знань та інші.

Враховуючи все вище зазначене, на початку експертної оцінки ризиків, експертній групі необхідно визначити значення кожного елемента множин WZ , $W_{classic}$, W_{lean} , $W_{digital}$ для освітнього проєкту, що аналізується.

Для агрегації оцінок для кожного окремого ризику, замість середнього

арифметичного значення будемо застосовувати для розрахунку середнє геометричне значення експертних оцінок j -го ризику та представлене у вигляді (2.28):

$$Rmod_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Rmod_{ji}}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.28)$$

де n – загальна кількість експертів,

m – загальна кількість ризиків освітнього проєкту.

Арифметичне усереднення оцінки ризику освітнього проєкту може призвести до зниження загроз «малоймовірних подій з катастрофічним впливом».

На етапі оцінювання ризиків освітнього проєкту, окрім класичних параметрів ймовірності, інтегрального показнику впливу та доданих коефіцієнтів, пропонуємо ввести параметр «Керованість» (Manageability/Controllability), який узгоджується з рекомендаціями PMBOK Guide [61]. В них, керованість визначається як один із ключових параметрів якісного аналізу і базується на принципах фреймворку Kaplan & Mikes [62], які наголошують на необхідності розрізнення керованих внутрішніх ризиків та некерованих зовнішніх факторів для вибору адекватної стратегії реагування. В результаті отримаємо множину (2.29):

$$Cntrl = \{Cntrl_{ij}\}_{i=\overline{1, n}, j=\overline{1, m}}, \quad (2.29)$$

де $Cntrl_{ij}$ – значення параметра керованості для j -го ризику визначена i -м експертом в балах, $0 \leq Cntrl_{ij} \leq 100$.

За принципом аналогії, на основі оцінок керованості експертів розрахуємо кінцеву оцінку параметру керованості для кожного j -го ризику як середнє геометричне за формулою (2.30):

$$Cntrl_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Cntrl_{ij}}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.30)$$

де n – загальна кількість експертів,

m – загальна кількість ризиків освітнього проєкту,

$Cntrl_{ij}$ – значення параметра «керованості» для j -го ризику визначену i -м експертом.

Зведене значення цього показника допоможе під час розробки стратегії об'єктивно оцінити: чи здатна система діяти на випередження, чи її можливості обмежуються лише пом'якшенням наслідків.

Механізм конвергенції, що здатен поєднати кращі елементи методологій та інструментів, дозволяє отримати синергетичний ефект. Проведення конвергенції процесів управління ризиками допоможе підвищити ефективність управління освітнім проєктом загалом, зберегти час керівника освітнього проєкту на вибір ефективних інструментів управління ризиками.

Взявши до уваги концептуальну модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка наведена у підрозділі 2.2 цього дослідження, а також методології дослідження, що наведена у підрозділі 2.1, автором запропоновано управляти ризиками в освітніх проєктах ЗВО з урахуваннями принципів класичного та Lean-підходу.

Запропонована математична модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО надає можливості аналізувати та вдосконалювати як роботу всього закладу вищої освіти, так і окремі освітні проєкти, застосовуючи новітні інструменти.

2.4. Метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації

На підставі розробленої концептуальної (підрозділ 2.2) [52] та математичної моделей (підрозділ 2.3) Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації [57], запропонований метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Зв'язок між дослідженням ризиків проєкту та Lean-філософією є системним і багатофакторним, що ґрунтується на спільному прагненні до підвищення операційної ефективності, надійності та стійкості (resilience) процесів. Lean-

філософія є управлінською парадигмою, сфокусованою на системному усуненні втрат (*Muda*). Втрати визначаються як будь-які дії, що споживають ресурси, але не генерують кінцевої цінності для споживача (надвиробництво, очікування, дефекти та непотрібне переміщення). Дослідження ризику, зі свого боку, охоплює процеси ідентифікації, аналізу, оцінки та контролю загроз, які потенційно можуть чинити негативний вплив на досягнення цілей організації (зокрема, фінансові втрати, порушення графіків виконання чи зниження якості результатів освітнього проєкту). В розділі 1 (таблиця 1.4) та додатку Г даного дослідження автором наведений перелік ризиків притаманний освітнім проєктам.

Конвергенція полягає в тому, що управління ризиками може бути концептуалізоване як потік створення цінності. У цій моделі будь-яка нецінна дія, яка не сприяє контролю загроз, розглядається як втрата (*Muda*), що стає прямим джерелом операційного ризику (наприклад, ризику несвоєчасного реагування чи неефективності). Таким чином, усунення Lean-втрат є потужною стратегією проактивного зниження ризиків у освітніх проєктах.

Основними освітніми проєктами, де застосовувався Lean-підхід, в закладах вищої освіти є: проєкти з вдосконалення навчальних матеріалів з дисциплін, навчальних програм (планів) підготовки фахівців, освітніх результатів навчання, робочих місць дослідників, студентських бібліотек, покращення якості навчання, одночасно зменшуючи втрати, впровадження моделі ощадливого менеджменту.

На рис. 2.6. представлена схема алгоритму методу Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Перший етап передбачає введення загальних відомостей про освітній проєкт та виконання комплексу підготовчих заходів, спрямованих на забезпечення подальшого системного аналізу ризиків освітнього проєкту, та містить наступних кілька кроків.

Крок 1. Створення експертної групи. Для ініціації процесу оцінки ризиків освітнього проєкту формується експертна група – множина E_x (формула (2.2)), до якої залучені галузеві фахівці, які мають досвід оцінки ризиків з врахуванням класичних, цифрових та специфічних Lean впливів.

Крок 2. Підготовка «інструментарію». Розробка експертною групою «інструментарію» для проведення оцінювання ризиків освітнього проєкту. Група готує всі необхідні засоби для збору даних, щодо ідентифікації та аналізу ризиків. Формує реєстр ймовірних ризиків, що можуть виникнути в процесі реалізації даного проєкту відповідно до формул (2.1) та (2.3).

Крок 3. Процедура ранжування ризиків. На цьому кроці експерти визначають ранг кожного ризику з множини R , застосовуючи, зокрема, метод попарного порівняння. Кожен i -й експерт присвоює ризикам ранг від 1 до q , де 1 – це найкритичніший ризик, а q – найменш значущий. Отримані результати зводяться в матрицю. Для кожного окремого ризику обчислюється загальна сума рангів (формула (2.4)), визначається середнє значення суми рангів (формула (2.5)) та значення суми квадратів відхилень рангів (S) (формула (2.6)). Для визначення ступеня узгодженості експертної групи щодо вагомості досліджуваних ризиків розраховується коефіцієнт конкордації Кендалла K_{pr} за формулами (2.7) або (2.9).

Крок 4. Перевірка на узгодженість експертної групи. Якщо отримане значення $K_{pr} > 0.5$, то узгодженість вважається достатньою для подальшого аналізу. Якщо $K_{pr} < 0.5$, то необхідно провести повторний раунд опитування або змінити склад експертної групи.

Крок 5. Визначення вхідних значень параметрів оцінки ризиків. Вхідними даними для розрахунку модифікованого показника для кожного ризику освітнього проєкту є вагові коефіцієнти та розмірність бальних шкал (Таблиця 2.1).

Експертна група перед початком експертної оцінки ризиків, визначає:

- значення вагових коефіцієнтів для множини WZ освітнього проєкту відповідно до формули (2.12);
- значення вагових коефіцієнтів для множини $W_{classic}$ освітнього проєкту згідно з формулою (2.16);
- значення вагових коефіцієнтів для множини W_{lean} освітнього проєкту у відповідності до формули (2.19);
- значення вагових коефіцієнтів для множини $W_{digital}$ освітнього проєкту відповідно до формули (2.24);

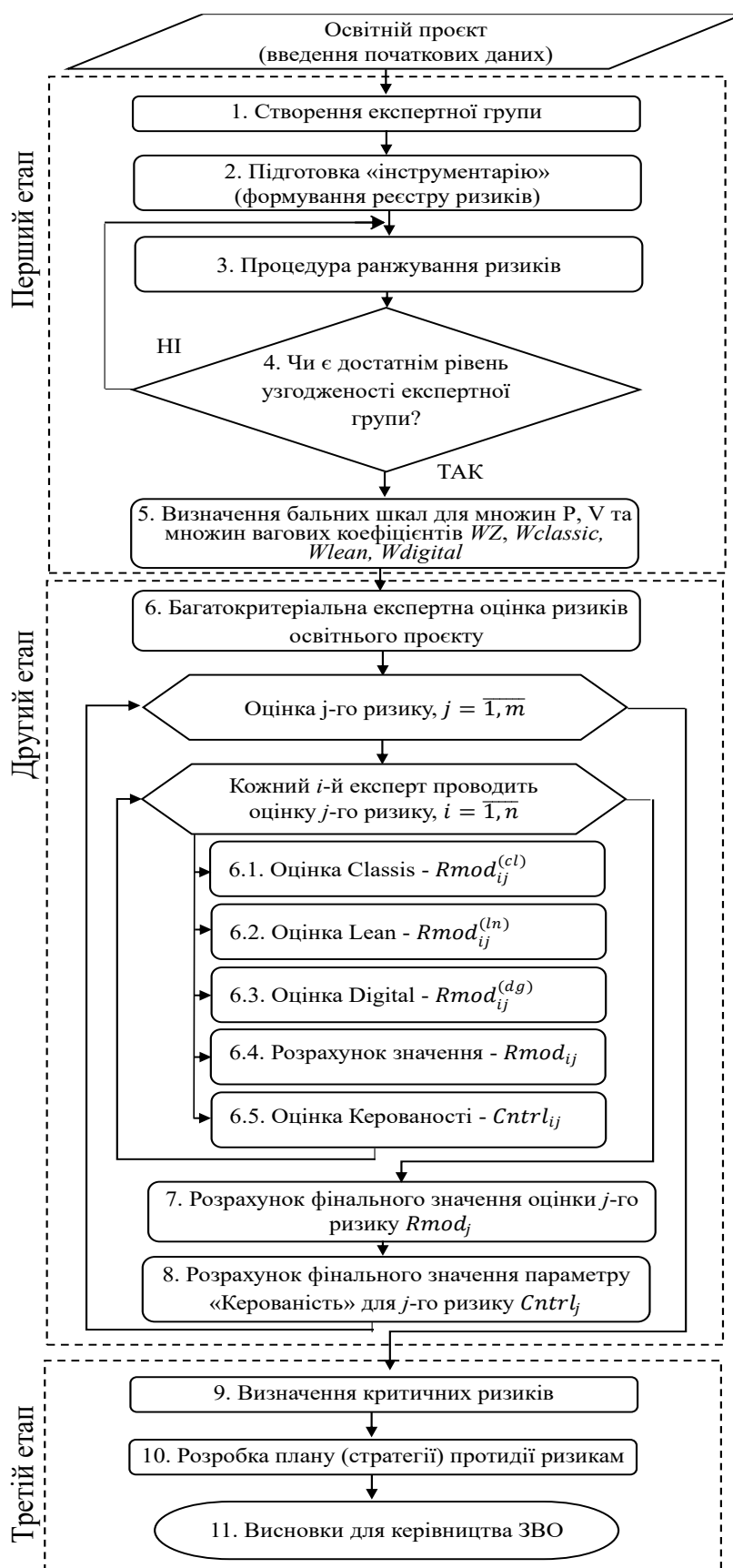


Рисунок 2.6 – Схема алгоритму методу Lean управління ризиками освітніх проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації [розроблено автором]

- узгоджує бальну шкалу оцінювання ймовірності та впливу оцінки ризику освітніх проєктів ЗВО, як наведено в прикладі (таблиця 2.2).

Другий етап передбачає процедуру багатокритеріальної оцінки ризиків освітнього проєкту.

Крок 6. Багатокритеріальна експертна оцінка ризиків проєкту полягає в наступному.

Для кожного j -го ризику кожен i -й член експертної групи, відповідно до сформованої множини ризиків $\{R_j\}$, проводить експертну оцінку, яка складається з декількох етапів. Розраховується модифікована інтегральна оцінка j -го ризику на основі класичного підходу, що враховує коригувальний коефіцієнт та значенням ваги відповідної групи ризиків за формулою (2.14).

6.1.1. Кожним i -м експертом визначається ймовірність j -го ризику $p_{ij}^{(cl)}$;

6.1.2. Кожен i -й експерт для кожного j -го ризику проводить оцінку впливу $vq_{ij}, vc_{ij}, vt_{ij}$ для розрахунку $v_{ij}^{(cl)}$ за формулою (2.15);

6.1.3. Обраховується значення $Rmod_{ij}^{(cl)}$ для j -го ризику відповідно до формули (2.14).

6.2 Розраховується модифікована інтегральна оцінка j -го ризику на основі Leap підходу, що враховує коригувальний коефіцієнт та значення ваги відповідної групи ризиків за формулою (2.18).

6.2.1 Кожним експертом визначається ймовірність $p_{ij}^{(ln)}$;

6.2.2 Кожен експерт проводить оцінку впливу $v_{ij}^{(ln)}$.

6.2.3 Експертом встановлюються значення $(Indl_{ij})_h$ – індикаторів наявності/інтенсивності h -ї категорії Muda для j -го ризику для розрахунку коефіцієнту $kcor_{ij}^{(ln)}$

6.2.4 Обраховується значення коригувального коефіцієнту $kcor_{ij}^{(ln)}$ відповідно до формули (2.21);

6.2.5 Проводиться розрахунок для j -го ризику значення $Rmod_{ij}^{(ln)}$ за

формулою (2.18).

6.3 Проводиться розрахунок модифікованої інтегральної оцінки j -го ризику як враховує зміни цифрової трансформації, що враховує коригувальний коефіцієнт та значення ваги відповідної групи ризиків.

6.3.1 Експертом визначається ймовірність $p_{ij}^{(dg)}$;

6.3.2 Експертом визначається вплив $v_{ij}^{(dg)}$.

6.3.3 Експертом визначається значення $(Inddg_{ij})_f$ – індикаторів наявності/інтенсивності f -ї категорії для розрахунку коефіцієнту $kcor_{ij}^{(dg)}$;

6.3.4 Обчислюється коригувальний коефіцієнт $kcor_{ij}^{(dg)}$ за формулою (2.23);

6.3.5 Розраховується для j -го ризику значення $Rmod_{ij}^{(dg)}$ за формулою (2.22).

6.4 Розраховується значення $Rmod_{ij}$ для j -го ризику за формулою (2.12).

6.5 Експертом визначається параметр «Керованість» $Cntrl_{ji}$ для j -го ризику.

Крок 7. Розрахунок фінального значення $Rmod_j$. Розрахунок фінального значення j -го ризику $Rmod_j$ відбувається за формулою за результатами експертних оцінок (2.28).

Крок 8. Розрахунок фінального значення $Cntrl_j$. Розрахунок фінального значення параметру «Керованість» для j -го ризику за результатами експертних оцінок $Cntrl_j$ за формулою (2.30).

На третьому етапі здійснюється інтерпретація результатів оцінки ризиків:

Крок 9. Формування профілю ризиків освітнього проєкту. За результатами експертного оцінювання (крок 6) та розрахованих значень $Rmod_j$ та $Cntrl_j$ для кожного j -го ризику (крок 7 та 8), експертна група формує підсумкову інформацію про результати оцінки ризиків, з рекомендаціями щодо критичних ризиків, які мають найбільше фінальне значення оцінки та потребують першочергової уваги.

Крок 10. Розробка плану (стратегії) протидії. Експертна група розробляє конкретні заходи, плани та стратегію для пом'якшення, уникнення, передачі або

прийняття ідентифікованих критичних ризиків.

Крок 11. Висновки для керівництва ЗВО. Фіксація підсумків роботи експертної групи, висновків щодо критичних ризиків проєкту та надання рекомендацій для зменшення цих ризиків.

Таким чином запропонований метод, що базується на одночасному врахуванні трьох груп ризиків освітніх проєктів (класичних, Lean-ризиків та цифрових), дозволяє проводити багатокритеріальну оцінку ризиків. Вона не лише ідентифікує загрози, але й враховує їхню взаємозалежність, специфічну вагу та рівень керованості, що є важливим для розробки плану протидії та підвищення ефективності реалізації освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

2.5. Висновки за другим розділом

За результатами проведених досліджень у другому розділі можна дійти таких висновків:

1. Проведений ґрунтовний аналіз сучасних методологій управління проєктами, зокрема PMBoK, стандартів управління ризиками (принципи та настанови, IEC 31010:2019 Risk management – Risk assessment techniques, ДСТУ ISO Guide 73:2013, ДСТУ ISO/IEC 31010:2013 та інші), що дозволило визначити концептуальні засади та актуальний інструментарій для подальшого оцінювання ризиків освітніх проєктів.

2. На основі систематизації теоретико-нормативних джерел сформовано надійну методологічну базу, яка стала фундаментом для розроблення комплексної архітектури дисертаційного дослідження та забезпечила системний підхід до вирішення поставлених завдань дисертаційного дослідження.

3. Розроблена концептуальна модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, дозволяє застосовувати підходи ризик-менеджменту, Lean-підходів та особливості цифрової трансформації, виявити їх взаємозв'язки та взаємовпливи.

4. Розроблена математична модель Lean управління ризиками освітніх

проектів закладів вищої освіти в умовах цифрової трансформації, дозволяє за допомогою вагових та коригувальних коефіцієнтів врахувати вплив кожної групи ризиків.

5. Запропонований метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, дозволяє досліджувати не лише класичні ризики, а враховує втрати в проєкті згідно філософії Lean, та стійкість цифрового середовища, що покращує успішність реалізації проєкту.

Результати досліджень другого розділу опубліковані в роботах [43, 49, 52, 57].

Список використаних джерел до розділу 2

1. Медвідь В. Ю., Данько Ю. І., Коблянська І. І. Методологія та організація наукових досліджень (у структурно-логічних схемах і таблицях) : навч. посіб. Суми : ШНАУ, 2020. 220 с. URL: https://agro.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2020/11/20201113_100711.pdf (дата звернення: 09.10.2023)
2. Йолон П. Філософський енциклопедичний словник / В. І. Шинкарук (гол. редкол.) та ін. Київ : Інститут філософії імені Григорія Сковороди НАН України : Абрис, 2002. 751 с. ISBN 966-531-128-X. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shynkaruk_Volodymyr/Filosofskyi_entsyklopedychnyi_slo_vnyk.pdf (дата звернення: 19.10.2023).
3. Тихомиров Д. Наукові методологічні підходи під час дослідження державної політики у сфері безпеки. *Теорія держави і права*. 2020. № 3 С. 230-234. DOI: <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2020.3.39> (дата звернення: 09.10.2023).
4. Селіванов В. Право і влада суверенної України: методологічні аспекти : монографія / за заг. наук. ред. О. Святоцького. Київ : Ін-Юре, 2002. 724 с. URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/jspui/bitstream/316497/11871/1/195-198.pdf> (дата звернення: 09.10.2023).
5. Бруханський Р. Ф. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. (для

студ. спец. 071 Облік і оподаткування) / Р.Ф. Бруханський. Тернопіль : Осадца Ю.В., 2022. 208 с. URL: https://document.kdu.edu.ua/info_zab/072_1324.pdf (дата звернення: 16.10.2023).

6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition [Текст] / USA. PMI, 2021. 370 p. URL: <https://lnk.ua/RVdK3gke3> (дата звернення: 10.10.2023).

7. Єрохін К.Я. Lean підхід до організації роботи фінансового департаменту. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2020. №3 (59). С. 30-37. ISSN 2307-6968 (Print), ISSN 2663-2209(Online). DOI: 10.31732/2663-2209-2020-59-30-37 (дата звернення: 16.10.2023).

8. Башинська І.О., Макарець Д.О. Управління ризиками в проєктах. *Економіка. Фінанси. Право*. 2017/ № 5/2/ С. 38-40. URL: https://www.researchgate.net/publication/317284445_Upravlinna_rizikami_v_proektah/stats (дата звернення: 16.10.2023).

9. Ризик-менеджмент – Принципи та настанови. 2009. 32 с. URL: <https://metrology.com.ua/ntd/skachat-iso-iec-ohsas/iso/iso-31000-2009/> (дата звернення: 09.11.2023).

10. IEC 31010:2019 Risk management – Risk assessment techniques URL: <https://www.iso.org/standard/72140.html> (дата звернення: 09.11.2023).

11. ISO/AWI 31004 Risk management – Guidance for the implementation of ISO 31000. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:31004:ed-1:v1:en> (дата звернення: 09.11.2023).

12. ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines URL: <https://www.iso.org/standard/65694.html> (дата звернення: 09.11.2023).

13. Risk management standard. URL: <https://www.ferma.eu/app/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-english-version.pdf> (дата звернення: 09.11.2023).

14. Герасименко О. М. Національні стандарти з ризик-менеджменту: концептуальні аспекти. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2018. №2(14). С. 84–93. DOI: 10.25140/2411-5215-2018-2(14)-84-93 (дата звернення:

09.10.2023).

15. Словник термінів (ISO Guide 73:2009, IDT). Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 17 с. URL: <https://lnk.ua/zN2KEoa47> (дата звернення: 14.11.2023).

16. Керування ризиком (ISO / IEC 31010:2009, IDT). Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 80 с. URL: <https://lnk.ua/pVJq6O9eP> (дата звернення: 14.11.2023).

17. Mulyana I. J., Hartanti L. P. S., Herdianto V. A., Gunawan I., Herwinarso H. Lean Waste Identification in Higher Education Institution Using Waste Assessment Model. *Management Systems in Production Engineering*. 2022. Vol. 30 (3). P. 200–206. DOI: <https://doi.org/10.2478/mspe-2022-0025> (дата звернення: 07.11.2023).

18. Pieńkowski M. Waste measurement techniques for lean companies. *International Journal of Lean Thinking*. 2014. Vol. 5(1). P. 9-24. URL: https://www.researchgate.net/publication/343083406_Waste_Measurement_Techniques_For_Lean_Companies (дата звернення: 09.11.2023).

19. Єрмакова С. С., Іванова О. С. Лін-технології як імперативи елітарної освіти. *World Science*. 2020. № 4 (56). С. 31–36. ISSN 2413-1032 (Print). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30042020/7036 (дата звернення: 09.10.2023).

20. Kostango <https://www.kostango.com/definition/3m-muda-mura-muri> (дата звернення 12.01.2024).

21. Emil Ratter E., Kalbarczyk M., Pietrzyk-Wiszowaty K. The Utilization of Lean Management Tools in the Application of Risk Management Methods According to ISO 31000:2018. *European Research Studies Journal*. 2024. Vol. XXVII, Issue 1. P. 65–81. DOI: 10.35808/ersj/3349 (дата звернення: 09.01.2024).

22. Данченко О. Б., Семко О. В., Мазуркевич А. Г. Методи оптимізації бізнес-процесів компанії в умовах діджиталізації. Project, Program, Portfolio Management. РЗМ-2021 : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції : у 2 т. / відп. за вип. П. О. Тесленко. Одеса : ШІПР, 2021. Т. 1. С. 72–75. URL.: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/4600> (дата звернення: 19.01.2024).

23. Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men. *Psychol Rev*. 1948. Vol. 55(4)/ P. 189. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0061626> (дата звернення: 25.01.2024).

24. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton : University Press, 1976. 404 p. URL: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt13x0vw3> (дата звернення: 24.01.2024).
25. Roberts F. S. Discrete mathematical models with applications to social, biological and environmental problems. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice–Hall, 1976. URL: <https://archive.org/details/discretemathemat0000robe> (дата звернення: 25.01.2024).
26. Atkin R., Casti J. L. Polyhedral Dynamics and the Geometry of Systems. IIASA Research Report RR–77–006. Laxenburg, Austria : IIASA, 1977. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/709/1/RR-77-006.pdf> (дата звернення: 09.02.2024).
27. Bakhtavar E., Valipour M., Yousefi S. et al. Fuzzy cognitive maps in systems risk analysis: a comprehensive review. *Complex Intell. Syst.* 2021. Vol. 7. P. 621–637. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00228-2> (дата звернення: 10.02.2024).
28. Cole J. R., Persichitte K. A. Fuzzy cognitive mapping: applications in education. *Int J Intell Syst.* 2000. Vol. 15 (1). P. 1–25. URL http://levis.sggw.pl/~rew/scenes/pdf/Cole_Persichitte.pdf (дата звернення: 10.03.2024).
29. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies.* 1986. Vol. 11. P. 65–75. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2) (дата звернення: 10.03.2024).
30. Dickerson J., Kosko B. Virtual Worlds as Fuzzy Dynamic Systems. *Technology for Multimedia.* New York : IEEE Press, 1998. P. 567–603. URL: https://www.researchgate.net/publication/2729086_Virtual_Worlds_as_Fuzzy_Dynamic_al_Systems (дата звернення: 12.03.2024).
31. Aguilar J. Fuzzy Cognitive Map Based on the Random Neural Model. Berlin, Heidelberg : Springer, 2001. P. 333–338. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-45517-5_37 (дата звернення: 12.03.2024).
32. Румик І. І. Застосування когнітивного інструментарію у дослідженнях економічних моделей продовольчого забезпечення. *Формування ринкових відносин в Україні.* 2020. № 2 (225). С. 70–80. URL: <https://lnk.ua/KVvd0634E> (дата звернення: 19.03.2024).

33. Zaika V. I., Zihunov O. M., Kyshenko V. D. Cognitive modeling of behavior dynamic technological processes sugar juice production. *Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh i biznes-protsesiv*. 2014. Vol. 4. P. 78–84. DOI: 10.15673/2312-3125 (дата звернення: 19.03.2024).
34. Tkachenko O. Cognitive Modeling of Composite Systems. *Tsyfrova platforma: informatsiini tekhnolohii v sotsiokulturnii sferi*. 2019. Vol. 2. P. 11–19. DOI: 10.31866/2617-796x.2.1.2019.175650 (дата звернення: 20.03.2024).
35. Yaldin I. V. Cognitive modeling in the forecast of strategy scenarios of steady development of business integrated structure. *Problemy ekonomiky*. 2011. P. 142–150. URL: <https://www.problecon.com/thematic-search/?theme=mathematical-methods-and-models-in-economy> (дата звернення: 20.03.2024).
36. Гожий О. П. Побудова динамічних моделей на основі нечітких когнітивних карт для вирішення задач сценарного планування. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. Львів, 2013. Вип. 7. С. 13–17. URL: https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/2_10.pdf (дата звернення: 09.04.2024).
37. Carvalho J. Rule Based Fuzzy Cognitive Maps: Fuzzy Causal Relations. *Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation: Evolutionary Computation and Fuzzy Logic for Intelligent Control, Knowledge Acquisition and Information Retrieval*. URL: www.Inescid.pt/pt/indicadores/Ficheiros/1894.pdf (дата звернення: 09.04.2024).
38. Salmeron J. Modelling grey uncertainty with fuzzy grey cognitive maps. *Expert Syst. Appl.* 2010. Vol. 37 (12). P. 7581–7588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.085> (дата звернення: 10.04.2024).
39. Kandasamy V., Smarandache F. Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps. Phoenix : Xiquan, 2003. URL: <https://arxiv.org/pdf/math/0311063> (дата звернення: 10.04.2024).
40. Miao Y., Liu Z. Q., Siew C. K., Miao C. Y. Dynamical cognitive network: An extension of fuzzy cognitive map. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*. 2001. Vol. 9 (5). P. 760–770. DOI: 10.1109/91.963762 (дата звернення: 10.04.2024).

41. Салієва О.В. Моделі та засоби оцінювання рівня захищеності систем захисту інформації на основі когнітивного моделювання : дис. ... доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 125 Кібербезпека / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2021. 208 с. URL: <https://lpnu.ua/rada-phd/df-35052054> (дата звернення: 12.04.2024).
42. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки : схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 лютого 2022 р. № 286-р. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2022/04/15/VO.plan.2022-2032/Stratehiya.rozv.VO-23.02.22.pdf> (дата звернення: 12.04.2024).
43. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті України. *Інформаційні технології в освіті, науці й техніці (ІТОНТ-2022)* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, ЧДТУ, 2022 р.). Черкаси : ЧДТУ, 2022. С. 161–164. URL: https://itest.chdtu.edu.ua/Збірник_тез_ІТОНТ-2022_макет_26_06.pdf.
44. Куртов А. І., Полікашин О. В., Потіхенський А. І., Александров В. М. Експертні оцінки. Метод «Делфі» як технологія прийняття управлінських рішень. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 1 (50). С. 118–122. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/487884> (дата звернення: 29.04.2024).
45. Ющенко Н. Л. Порівняння методів ідентифікації ризиків комплексних проєктів з модернізації теплових джерел і теплових мереж. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*. 2020. № 6 (117). С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-6-5> (дата звернення: 29.04.2024).
46. Lukianov D., Mazeika M., Gogunskii V., Kolesnikova K. SWOT Analysis as an Effective Way to Obtain Primary Data for Mathematical Modeling in Project Risk Management (No. 4768). EasyChair, 2020. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2711/paper7.pdf> (дата звернення: 29.04.2024).
47. Glasserman P. Monte Carlo Methods in Financial Engineering. New York, NY : Springer New York, 2003. DOI:10.1007/978-0-387-21617-1 (дата звернення:

29.04.2024).

48. Bagshaw K. B. PERT and CPM in project management with practical examples. *American Journal of Operations Research*. 2021. Vol. 11 (4). P. 215–226. URL: https://www.scirp.org/pdf/ajor_2021072915205399.pdf (дата звернення: 30.04.2024).

49. Семко І. Б., Грабіна К. В., Мокієнко Ю. М. Інноваційна модель керівництва університетом – LEAN-ЗВО. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Project, Program, Portfolio Management. РЗМ-2022». Праці. Одеса : ІШІР, 2022. С. 73–77. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4631/1/Одеса%2022-23.pdf>.

50. Бушуєв С. Д., Бушуєва Н. С., Неизвестный С. И. Механізми конвергенції методології управління проектами. *Управління розвитком складних систем* : зб. наук. праць / гол. ред. П. П. Лізунов. Київ : КНУБА, 2012. № 11. С. 5–13. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/7829> (дата звернення: 04.05.2024).

51. Денчик О. Р. Модель інтегрованого управління ризиками проектів агропромислового комплексу. *Управління розвитком складних систем* : зб. наук. праць / гол. ред. П. П. Лізунов. Київ : КНУБА, 2019. № 37. С. 18–24. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/1852> (дата звернення: 09.05.2024).

52. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Меленчук В. М. Концептуальна модель Lean управління проектами у ЗВО. Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». Київ : КНУБА, 2023. С. 217–222. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4632/1/Тези%20Київ-2023.pdf>.

53. Бойко Є. Г., Забродська О. О. Методологія компетентнісно-орієнтованого ощадливого виробництва в управлінні проектами розвитку закладу освіти. Тези доповідей «Управління проектами у розвитку суспільства. Тема: Управління проектами в умовах пандемії COVID-19». Київ : КНУБА, 2021. С. 105–112. URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4599/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%86%D1%96%D1%97%20PMKyiv_21.pdf (дата звернення: 12.05.2024).

54. Данченко О. Б. Практичні аспекти реінжинірингу бізнес-процесів. Київ : Університет економіки та права «КРОК», 2017. 238 с. URL: <https://library.krok.edu.ua/ua/kategoriji/navchalni-posibniki/529-praktychni-aspekty-reinzhyrynihu-biznesprotsesiv> (дата звернення: 12.05.2024).
55. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів : навч. посіб. Київ : НАУ, 2017. 392 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2020/Pavlenko_2017_392.pdf (дата звернення: 15.05.2024).
56. Максишко Н. К. Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем [Електронний ресурс] : електрон. навч. курс. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. URL: <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/2692/view/1641> (дата звернення: 21.03.2025).
57. Семко І., Мокієнко Ю. М., Харута В. Математична модель LEAN управління освітніми проєктами у закладах вищої освіти. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами* : зб. праць Міжнар. наук.-практ. конф. (Коблево, 12–15 верес. 2023 р.). Харків : ХНУРЕ, 2023. С. 186–191. URL: <https://mmp-conf.org/documents/archive/proceedings2023.pdf>.
58. Siegel S., Castellan N. J. Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2nd ed.). New York : McGraw-Hill, 1988. URL: <https://archive.org/details/nonparametricsta00sieg> (дата звернення: 25.10.2024).
59. Грабіна К. В. Моделі та методи інформаційної технології управління ризиками в ІТ-проєктах : дис. ... д-ра філософії : 122. Суми, 2024. 185 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97100> (дата звернення: 15.10.2024).
60. Cox A. L., Jr.: What's Wrong with Risk Matrices? Risk Analysis (28), 497–512. (2008). doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x> (дата звернення: 15.10.2024).
61. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Sixth Edition. 2017. URL: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok> (дата звернення: 15.10.2024).

05.10.2024).

62. Kaplan R. S., Mikes A. Managing Risks: A New Framework. *Harvard Business Review*. 2012. Vol. 90 (6). P. 48–60. URL: <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=42549> (дата звернення: 25.10.2024).

РОЗДІЛ 3. КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ ЗВО В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

3.1. Когнітивна модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації

Ефективне функціонування ЗВО в умовах сьогодення об'єктивно потребує адаптації до постійних зовнішніх та внутрішніх змін у конкурентному середовищі, що вимагає використання новітніх підходів. Сучасні ЗВО є складними об'єктами управління, для яких характерно відчувати кризу, пов'язану з багатьма ризиками на різних рівнях.

Оцінка ризиків являє собою процес систематичного контролю та оцінювання ефективності діяльності освітнього закладу, крім того, цей процес спрямований на запобігання та згладжування ризиків. Нині зовнішнє середовище є найбільш непередбачуваним через пандемію, війну, реформи, зміни в суспільстві, що лише додають нестабільності ЗВО. Тому класична методологія оцінювання ризику в умовах неповноти інформації та існуванні різноманітних альтернатив не завжди підходить для цих умов.

Одним з найважливіших завдань оцінювання ризиків загалом, є виявлення загроз, оцінювання ефективності дії, попередження або мінімізація наслідків ризиків. Для розв'язання таких задач можна застосовувати методи статистичного аналізу, зокрема, кореляційно-регресійного та дисперсійного аналізу. Але ці методи потребують наявності достатньо повної статистичної інформації, складних розрахунків, тривалого часу для опрацювання даних. Враховуючи зазначені недоліки, варто звернутись до когнітивного підходу, за допомогою якого можна розв'язувати задачі, що не підлягають строгій формалізації, наочно представляти досліджувану систему або проблему, використовувати нечітку, неповну інформацію та суб'єктивні судження експертів предметної області, будувати конструктивні, гнучкі моделі, які адекватно реагують на зміни [1].

Когнітивний підхід дозволяє зрозуміти логіку розвитку ризиків за умови впливу систему багатьох взаємозалежних ризиків та поєднувати формалізовані наукові знання з досвідом експертів і творчим потенціалом осіб, що приймають рішення.

За допомогою когнітивно-діагностичного оцінювання можна отримати детальну інформацію про діагноз ризику, що відіграє провідну роль у розробці структури когнітивного оцінювання.

Дослідження сценаріїв виникнення кризових ситуацій та умов і шляхів їх подолання допомагає експерту розробити найефективнішу стратегію управління, основу на впорядкованих, структурованих і верифікованих знаннях про складну систему на основі проведеного аналізу, а не лише власної думки. У зв'язку з цим, використання когнітивного моделювання у дослідженнях ризиків освітніх проєктів ЗВО та вибір оптимального сценарію розвитку є надзвичайно актуальним завданням, яке потребує застосування відповідних теоретико-методологічних підходів та методів розв'язування задач розвитку складних систем в умовах невизначеності.

Згідно з літературними джерелами, перше застосування нечіткої когнітивної карти (НKK) у випадку аналізу системних ризиків належать дослідженню Choi [2] та іншим. Вони провели дослідження у сфері нанотехнологій з використанням когнітивної карти ризиків для визначення ризиків і переваг технологій. В різноманітних галузях використовують НKK в дослідженнях, пов'язаних з діагностикою несправностей, аналізом ризиків проєктів інформаційних систем, ризиків дисморфічних розладів тіла в косметичній хірургії, визначенням пріоритетних рішень для покращення управління відновлювальними джерелами енергії, визначенням та пріоритизацією ризиків для здоров'я та безпеки на робочому місці.

Сучасні дослідження неможливо уявити без використання когнітивних моделей, які надають можливість зосередитись не лише на чітких статистичних даних, а й врахувати вплив «людського фактору», інтерпретуванням невизначеності, евристиці, зокрема: інтерактивність, спільний доступ до даних, швидкий обмін

текстовою, звуковою та відеоінформацією у реальному часі, оперативний зворотний зв'язок, сумісне використання технічних ресурсів та інше [3].

НKK, які були вперше введені Kosko В. [3], являють собою результат узагальнених бінарних когнітивних карт, запропонованих Axelrod R. [5], які, на відміну від простих когнітивних карт, являють собою нечіткий орієнтований граф зі зворотним зв'язком, вузли якого є нечіткими множинами. Вершини графу G , позначаються як R_i , відповідають вхідним і вихідним змінним, які враховуються в моделі. Спрямовані ребра графу не тільки відображають причинно-наслідкові зв'язки між вершинами графа – ризиками, а й визначають ступінь впливу (вагу/силу) vp_{ij} зміни одного ризику r_x на зміну іншого r_y .

У загальному випадку нечітка когнітивна карта являє собою множину G , яка є сукупністю трьох множин [6] і представлені у вигляді (3.1):

$$G = \{R, F, VP\}, \quad (3.1)$$

де R – множина (вершин) ризиків освітнього проєкту;

F – множина (ребер) зв'язків між ризиками;

VP – множина сили впливу між ризиками.

Розглянемо детально кожен з множин.

Ризики освітнього проєкту (R) можна описати за допомогою множини (3.2):

$$R = \{r_1, \dots, r_j, \dots, r_m\}, j = \overline{1, m} \quad (3.2)$$

де r_j – j -й ризик освітнього проєкту;

m – загальна кількість ризиків.

Оскільки зв'язок встановлюється між двома ризиками r_x та r_y відповідно множина F складається з упорядкованих пар (якщо зв'язок спрямований) або неупорядкованих пар (якщо зв'язок не спрямований) елементів з множини R . У контексті моделювання, як правило, використовують спрямовані зв'язки, що позначається як декартовий добуток та представлені за допомогою формули (3.3):

$$F \subseteq R \times R, \quad (3.3)$$

де множину всіх можливих зв'язків опишемо за допомогою формули (3.4):

$$R \times R = \{(r_x, r_y) | r_x \in R, r_y \in R\}. \quad (3.4)$$

Зв'язок між двома ризиками r_x та r_y позначимо як елемент $b \in F$, який є парою (r_x, r_y) . Вони формують множину ступенів впливу VP (3.5), що описує зв'язок зміни одного ризику на зміну іншого:

$$VP = \{vp_b | b \in F\}, \quad (3.5)$$

де vp_b – ступінь впливу (вага) для зв'язку b , що є елементом підмножини дійсних чисел і приймає значення в інтервалі $[-1; 1]$.

Множина взаємозв'язків між ризиками характеризується вагою vp_b , яка описує ступінь причинно-наслідкових зв'язків між двома ризиками і вказує на ступінь впливу, а саме:

- знак ваги вказує на позитивну каузальність (посилення) $vp_b > 0$ між двома ризиками r_x та r_y (якщо стається r_x , то ймовірність r_y зростає), що означає, що збільшення/зменшення ризику r_x призведе до збільшення/зменшення ризику r_y .
- наявність від'ємного значення $vp_b < 0$ (послаблення) між двома ризиками r_x та r_y , означає, що збільшення/зменшення концепту r_x призведе до зменшення/збільшення концепту r_y (якщо стається r_x , то ймовірність r_y падає);
- коли між ризиками не має зв'язку, тоді $vp_b = 0$ [7].

Термін «когнітивний» вказує на те, що вихідними даними для моделювання є суб'єктивні думки експерта, висловлені словами, такими як «підвищується» або «знижується». У бінарних когнітивних картах «збільшення» оцінюється як «+1», а «зменшення» – як «-1». Термін «нечіткі» означає те, що причинні зв'язки можуть набувати не тільки значення, що дорівнює 0 або 1, а лежать у діапазоні дійсних чисел з інтервалів $[0; 1]$ та $[-1; 0]$, що відображають «силу» впливу (зв'язку) одного

концепту на інший [9] через термінологію «слабо», «середньо», «сильно» і так далі, які використовуються в теорії нечітких множин [9]. В таблиці 3.1 наведена відповідність лінгвістичної оцінки і її числового значення.

Таблиця 3.1 – Оцінка сили впливу, що використовується для суб'єктивної думки експерта [розроблено автором]

Лінгвістичні оцінки	Числові значення
Підсилює сильно	1
Підсилює середньо	0.7
Підсилює слабо	0.35
Впливу немає	0
Послаблює слабо	-0.35
Послаблює середньо	-0.7
Послаблює сильно	-1

Таким чином, НКК об'єднує в собі властивості нечітких систем і нейронних мереж. Проте даний тип НКК має деякі обмеження, які пов'язані з тим, що значення ризиків являють собою чіткі числа. Отже, когнітивна карта є різновидом математичного моделювання, що використовується для формалізації складної системи у вигляді множини ризиків, які відображають системні зміни та причино-наслідкові зв'язки між ними з урахуванням характеру їх взаємодії.

Останні роки система вищої освіти зазнає великого впливу як ззовні, так і з середини. Зрозуміло, що правильною реакцією на ці виклики є виявлення, аналіз та протидія. Тож питання запобігання ризикам завжди є актуальним для керівництва ЗВО. Для впровадження відповідних стратегій необхідно проводити періодичний детальний аналіз та розробляти сценарії розвитку подій за визначеними умовами. За допомогою методів НКК можна змодельовати та побудувати когнітивну модель без наявності великої бази знань.

В роботі [10] автор описує методику когнітивного моделювання оцінки та взаємозв'язків ризиків, що виникає в освітньому проєкті «Річне навантаження кафедри», в дослідженні проаналізовані залежності між кадровим ризиком та

контингентом студентів, технічним, інформаційним ризиком та іншими, що виникають під час організаційної роботи кафедри.

Моделювання НКК для оцінки ризиків освітнього проекту формування навантаження кафедри представлено на рис. 3.1., де послідовні кроки є «цеглинами» побудови НКК для освітнього проекту.

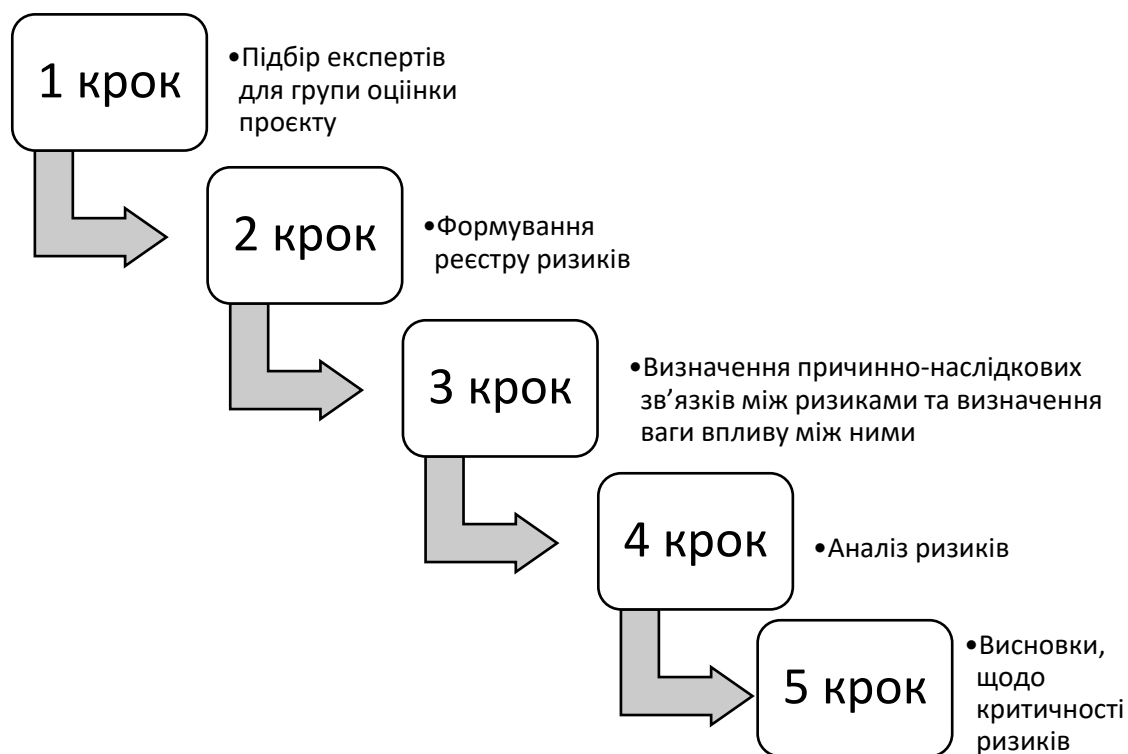


Рисунок 3.1 – Процес побудови когнітивної моделі для проекту формування навантаження кафедри [розроблено автором]

На першому кроці формують групу експертів, до якої входять замовник, керівник експертної групи та експерти. До участі в проєкті рекомендується залучати керівників структурних підрозділів ЗВО, НПП, фахівців відділів, експертів-стейкхолдери з відповідними фаховими компетенціями та практичним досвідом, що дасть можливість провести детальний аналіз.

Наступний крок – експерти здійснюють ідентифікацію ризиків та формують реєстр ризиків освітнього проєкту, які можуть вплинути на досягнення цілей проєкту. Для складання переліку використаємо метод брейнрайтингу за допомогою цифрового інструменту онлайн-дошка (приклад: Miro або Mural). Брейнрайтинг –

це удосконалений вченими Інституту Баттеля метод групового пошуку рішень 6-3-5 який запропонував Берид Рорбах, що базується на письмовій генерації ідей у повній тиші замість їх усного обговорення. Цей підхід забезпечує високу результативність завдяки нівелюванню соціально-психологічних бар'єрів, таких як страх публічного виступу, та створенню рівних умов для творчості через анонімність процесу. Одночасна активність усіх учасників та обов'язкова фіксація пропозицій сприяють максимізації кількості ризиків і запобігають втраті інформації, що робить метод ефективнішим за традиційний мозковий штурм.

В результаті експерти отримали множину ризиків R (3.6):

$$R = \bigcup_{i=1}^n R_i, \quad (3.6)$$

де R_i – перелік ризиків запропонованих i -м експертом;

Сформований реєстр ризиків освітнього проєкту умовно можна розділити на декілька груп (підмножин). Для проведення когнітивної оцінки ризиків запропонованому освітньому проєкту «Річне навантаження кафедри» розподілимо реєстр ризиків проєкту на дев'ять груп. В результаті для дослідження ризиків проєкту формування навантаження кафедри отримали множину яку позначимо – $R_{НKK}$ (формула (3.7)) [11] :

$$R_{НKK} = \{R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9\}, \quad (3.7)$$

де $R1$ – група кадрових ризиків;

$R2$ - група студентських ризиків;

$R3$ - група ризиків нерівномірності навантаження;

$R4$ - група ризиків виконавця;

$R5$ - група інформаційних ризик;

$R6$ - група організаційних ризик;

$R7$ - група технологічних ризик;

R8 - група часових ризик;

R9 - група форс-мажорних ризик.

Ризик є наслідком певних подій і тому зазвичай його важко проаналізувати та оцінити як єдине ціле. За своєю структурою кожен з перелічених ризиків має дочірні складові.

Підмножина кадрових ризиків є однією з ключових елементів. Кадровий склад кафедри, це один з основних показників кафедри. До викладача окремо, так і до кафедри в цілому, у ЗВО існують вимоги відповідно до постанови КМУ від 30.12.2015 № 1187 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності» в п. 38 зазначено перелік досягнення у професійній діяльності, які включені до кадрових вимог [12]. Також від кваліфікації викладача напряму залежить якість підготовки студентів і рівень кваліфікації підготовленого фахівця після закінчення університету. Для запропонованого проєкту експертами визначені такі елементи групи ризиків *R1*:

R1₁ – ризик недостатньої кваліфікації (або компетентності) НПП;

R1₂ – ризик недостатньої кількості НПП для забезпечення якісного освітнього процесу;

R1₃ -ризик значної та неконтрольованої зміни НПП, що призводить до втрати досвіду, знань та порушення стабільності роботи.

До наступної підмножини ризиків можна віднести так звані студентські ризики. Чисельна кількість студентів є фундаментальною основою для освітнього проєкту «Річне навантаження кафедри». Кількісний показник контингенту студентів прямо впливає на кількість ставок НПП в ЗВО. До сформованого реєстру ризиків групи *R2* увійшли:

R2₁ – ризик недобору студентів (недосягнення запланованої кількості нових студентів на бюджетну чи контрактну форму здобуття освіти, що спричинить недофінансування або низьке завантаження НПП);

R2₂ – ризик низького рівня успішного випуску за ознакою фахового працевлаштування випускників;

R2₃ - ризик високого рівня відсіву (плинності) студентів;

$R2_4$ - ризик різкого (незапланованого) скорочення загальної чисельності студентів (контингенту) ЗВО;

$R2_5$ – ризик дисбалансу між кількістю студентів на денній та заочній формами здобуття освіти, що вимагає перерозподілу ресурсів (штату НПП, аудиторного фонду та ін.);

$R2_6$ – ризик зміни співвідношення між кількістю студентів, що навчаються за рахунок бюджетних коштів та контрактним фінансуванням.

Сучасному здобувачу вищої освіти відкриваються нові можливості для формування власної освітньої траєкторії навчання. Законом визначена можливість самостійно обрати не менше 25% навчальних компонент [13]. Це зобов'язує ЗВО запроваджувати процедури вибору освітніх компонентів, а їх результати безпосередньо впливають на навантаження кафедри та викладача. НПП більш ретельно готують свої курси вибіркового компонента, щоб зацікавити студента та записати до себе на курс якомога більшу кількість здобувачів. Тому для структурного дослідження наявних дисциплін, експертами сформована група ризиків нерівномірності навантаження $R3$, що складається з:

$R3_1$ – за умови читання кафедрою дисциплін загальної підготовки (історія України, філософія, безпека життєдіяльності та ін.), ризик низького рівня загальних навчальних дисциплін виникає в результаті недосягнення запланованої кількості груп студентів;

$R3_2$ – ризик низького рівня фахових (профільних) навчальних дисциплін (на випускаючій кафедрі не на всіх рівнях, курсах та / або формах здобуття вищої освіти наявні студенти),

$R3_3$ – ризик низького рівня вибору здобувачами вибіркового компонента загального блоку (дисципліни які може обрати здобувач будь якої спеціальності);

$R3_4$ – ризик низького рівня вибору здобувачами вибіркового компонента професійного блоку (дисципліни які може обрати здобувач спеціальності профільної для конкретної кафедри)

$R3_5$ – ризик дисбалансу дисциплін між семестрами, в результаті чого виникає дисбаланс навантаження НПП.

Сьогодні в ЗВО для роботи з навантаженням кафедр використовують різноманітні програмні засоби. Нажаль учасниками цих процесів, іноді стають співробітники ЗВО які не мають достатньої кваліфікації та досвіду. Також не виключений ризик людських помилок. Тому під час наповнення баз даних виникає група ризиків виконавця *R4*, до якої входять:

R4₁ – ризиків технічних помилок;

R4₂ – цифрової некомпетентності;

R4₃ – методичної неграмотності.

Під час цифрової трансформації ЗВО та реалізації освітніх проєктів може виникати група інформаційних ризиків *R5*. До цієї групи експерти віднесли такі:

R5₁ – кіберзагрози (несанкціоноване проникнення в комп'ютерну мережу ЗВО, DDoS-атаки, фішинг надсилання шахрайських електронних листів на робочі адреси працівників ЗВО);

R5₂ – ризик повної чи часткової відсутності інформації в базах даних різних інформаційних систем після синхронізації даних;

R5₃ – втрата інформації в наслідок зовнішніх (вимикання світла) та внутрішніх (вийшов з ладу внутрішній сервер) технічних збоїв;

R5₄ – наповнення баз даних ЗВО інформацією, що містить помилки (методичні, технічні, розрахункові).

Внутрішня структура ЗВО має складну будову, велику кількість внутрішніх і зовнішніх зв'язків, тому роботи по її налагодженню ведуться безперервно. Неочікувані зміни зовнішнього середовища ЗВО (політичні, законодавчі) викликаються внутрішні в середовищі ЗВО та організаційних ризики *R6*, серед них:

R6₁ – неочікувані зміни у законодавстві (державне регулювання, ліцензування, акредитація) – законодавчий;

R6₂ – зміни у державній політиці, фінансуванні освіти або політичній стабільності – політичний;

R6₃ – помилковий вибір стратегії, неадаптованість до змін потреб ринку, нездатність досягти довгострокових цілей – стратегічний;

R6₄ – втрата позицій на ринку освітніх послуг, поява сильних конкурентів,

зниження привабливості освітніх програм – конкурентний.

$R6_4$ – неефективні внутрішні процеси, помилки в адмініструванні, складності через складну будову та велику кількість внутрішніх зв'язків – операційні або управлінські ризики.

Окремо експертами виділена група технологічних ризиків $R7$:

$R7_1$ – доступ до мережі Інтернет;

$R7_2$ – складність налаштування спеціалізованих програм;

$R7_3$ – зношеність матеріально-технічної бази, застаріле обладнання;

$R7_4$ – відмова ІТ-систем.

Повсякденні затримки узгодження та затвердження документації формують групу часових ризиків $R8$:

$R8_1$ – процес узгодження й затвердження внутрішньої та/або зовнішньої документації відповідальними сторонами – простій обладнання чи втрата робочого часу НПП;

$R8_2$ – невчасне або неточне планування термінів.

Надзвичайні та невідворотні обставини, які об'єктивно унеможливають виконання зобов'язань можуть супроводжувати проєкти. З них експертами сформована група форс-мажорних ризиків $R9$.

$R9_1$ – епідемії, пандемія;

$R9_2$ – військові дії, введення воєнного стану;

$R9_3$ – стихійні лиха, негода.

За результатами роботи експертної групи сформовано реєстр із 34 ризиків розподілених на дев'ять груп. Для побудови НКК проєкту «Річне навантаження кафедри» для розвантаження графічної моделі (графа), експертами прийнято рішення вибрати по одному ризику з кожної групи. Всього дев'ять ризиків.

Наступним кроком в роботі експертів – є визначення причинно-наслідковий зв'язків між кожною парою ризиків з зазначенням сили впливу, яку можна описати за допомогою множини (3.8):

$$VP = \{ vp_{xy} \}, \quad (3.8)$$

де vp_{xy} – числове значення сили впливу ризику r_x на r_y , що приймає одне із значень «не впливає», «слабка», «сильна».

Для визначення сили впливу використаємо нечітку лінгвістичну шкалу, що являє собою впорядковану множину лінгвістичних значень (термів) оцінок настання ймовірнісних наслідків, отриманих у результатів дії одного ризику на інший. Кожному із цих значень встановимо відповідність деякий числовий діапазон, що належить відрізку $[0; 1]$ для додатніх зв'язків і відрізку $[-1; 0]$ для від'ємних зв'язків використавши шкалу, що наведена в таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Шкала сили впливу, що використовується для проекту навантаження кафедри [розроблено автором]

Діапазон значення	Лінгвістичне значення сили зв'язку
$(-0.7; -1]$	максимально зменшує вплив
$[-0.7; -0.35)$	середньо зменшує вплив
$[-0.35; 0)$	ледь послаблює вплив
0	не впливає
$(0; 0.35]$	ледь посилює вплив
$(0.35; 0.7]$	середньо збільшує вплив
$(0.7; 1]$	максимально збільшує вплив

Математичним представленням моделі НКК є матриця суміжності, в якій на перетині рядка і стовпця вказуємо силу зв'язку між компонентами, в якому врахований весь опосередкований взаємовплив ризиків один на одного. Тобто в рядках вказані ризики-причини, а в стовпцях – ризики-наслідки. Матриця суміжності $VP = [vp(r_x, r_y)]_{m \times m}$ наведена в таблиці 3.3.

Одним із інструментів графічного моделювання НКК у вигляді графу є веб-орієнтований додаток Mental Modeler [14]. Результати проілюстровано рис 3.2, де представлений граф, зображений з причинно-наслідковими зв'язками та враховує характер взаємодії зазначених ризиків [11].

Таблиця 3.3 – Приклад матриці суміжності ризиків для освітнього проєкту «Річне навантаження кафедри» [розроблено автором]

	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>	<i>R6</i>	<i>R7</i>	<i>R8</i>	<i>R9</i>
<i>R1</i>		-0.8	0.51	-0.39	-0.24			-0.52	
<i>R2</i>	-0.75		0.69					-0.28	
<i>R3</i>	-0.59			0.3	0.24			0.14	
<i>R4</i>			-0.31		-0.19			0.75	
<i>R5</i>	-0.31	-0.34	-0.27	-0.27				-0.33	
<i>R6</i>	0.46	0.42	0.19	0.21				-0.51	
<i>R7</i>		0.16	0.11					0.18	
<i>R8</i>				-0.38	-0.37				
<i>R9</i>	-0.43	-0.41	-0.26	-0.44	-0.38	-0.32	-0.25	0.42	

Оскільки дана модель «нечітка», а для визначення сили впливу використовуються лінгвістичні змінні, розподіл на групи дає можливість провести статистичний та динамічний аналіз. В результаті його отримано кількісне значення для вершин трьох типів.

- проміжні вершини, тип «Ordinary» – вершини (ризики), які одночасно піддаються впливу і самі впливають на інші елементи (ризики) моделі;
- вхідні вершини, тип «Driver» – вершини (ризики), які тільки самі впливають на інших, але самі не піддаються впливу;
- цільові вершини, тип «Receiver» – це вершини (ризики), які тільки самі отримують вплив від інших.

Відповідно до запропонованої моделі дев'ять вершин графу розділили наступним чином:

- тип «Ordinary» – вісім;
- тип «Driver» – одна;
- типу «Receiver» – модель не має вершин (ризиків) такого типу.

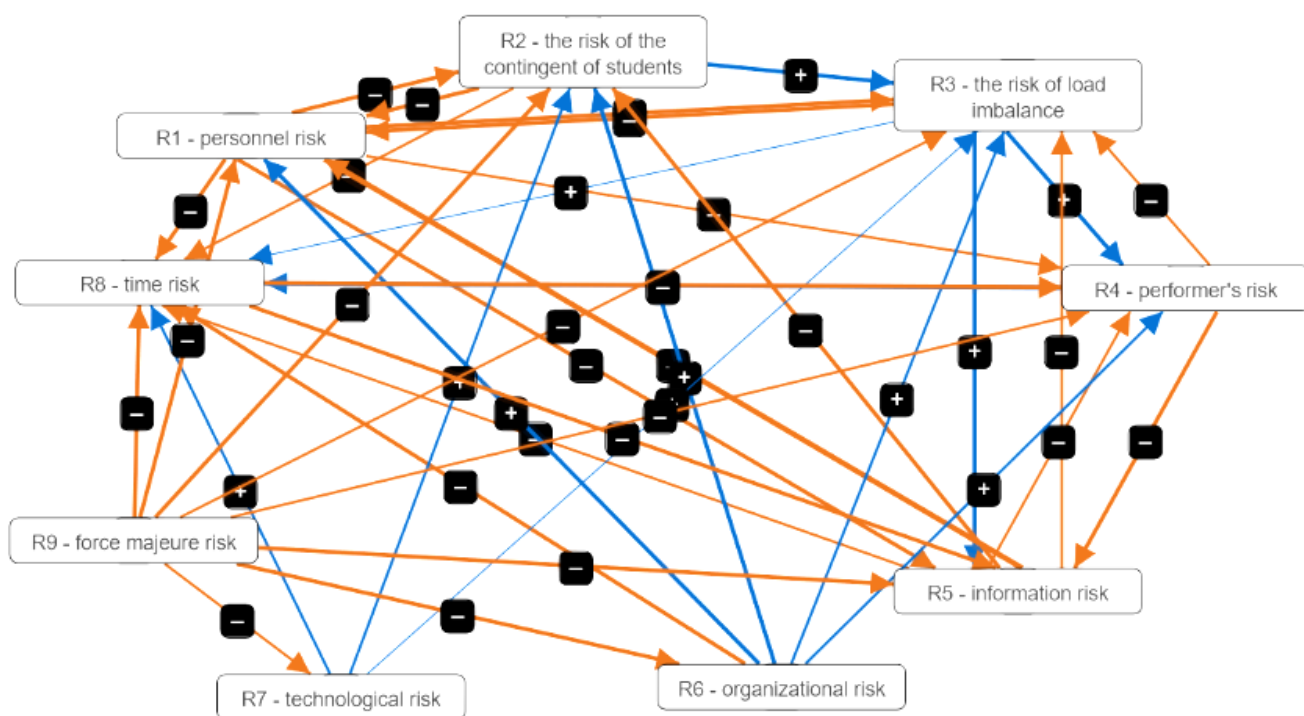


Рисунок 3.2 – НРК ризиків освітнього проєкту з формування кафедрального навантаження

Для визначення структурно-топологічних властивостей НРК проведений розрахунок показників структурної складності моделі, а саме центральності ризику, щільності НРК, складності та індексу ієрархії. [16].

Центральність ризику характеризує ступінь взаємодії у-го ризику НРК з його сусідами і обчислюється для наступних типів:

- вихідна центральність (активний вплив – це сума по рядку) – показує сукупну силу зв'язків (vp_{xy}), що виходять з ризику r_x , і розраховується за формулою (3.9):

$$D_x^{out} = \sum_{z=1}^m |vp_{xy}|, \quad (3.9)$$

- вхідна центральність (пасивний вплив – це сума по стовпцю) – показує сукупну силу зв'язків (vp_{xy}), що входять до ризику r_x , аналізується по формулі (3.10):

$$D_x^{in} = \sum_{z=1}^m |vp_{xy}|. \quad (3.10)$$

Загальна центральність ризиків обчислюється за формулою (3.11):

$$D_x^{cen} = D_x^{in} + D_x^{out}. \quad (3.11)$$

Розрахунок показників центральності показав, найбільш високу структурну значимість мають ризики R_1 ($D_1^{cen} = 5$), а також ризики R_2, R_4, R_8 . Це говорить про те, що ці ризики є центрами впливу в НКК і мають найбільшу кількість зв'язків.

В таблиці 3.4 представлено кількісне значення основних функціональних індексів розробленої НКК для освітнього проєкту «Річне навантаження» (D_x^{in} – Indegree, D_x^{out} – Outdegree, D_x^{cen} – Centrality):

Таблиця 3.4 – Експериментально розраховані основні функціональні індекси НКК освітнього проєкту [розроблено автором]

Component ▼	Indegree ▼	Outdegree ▼	Centrality ▼
R1 - personnel risk	2.54	2.46	5
R2 - the risk of the contingent of students	2.13	1.72	3.8499999999999996
R3 - the risk of load imbalance	2.34	1.27	3.61
R4 - performer's risk	1.9899999999999998	1.25	3.2399999999999998
R5 - information risk	1.42	1.52	2.94
R6 - organizational risk	0.32	1.79	2.11
R7 - technological risk	0.25	0.44999999999999996	0.7
R8 - time risk	3.1300000000000003	0.75	3.8800000000000003
R9 - force majeure risk	0	2.9099999999999997	2.9099999999999997

Взявши за основу загальну кількість ризиків та кількість зв'язків, розраховується щільність розробленої НКК за формулою (3.12):

$$DD = \frac{zv}{m(m-1)}, \quad (3.12)$$

де m – кількість вершин (ризиків),

zv – фактична кількість зв'язків моделі (графа).

Для проєкту «Річне навантаження кафедри» $m=9$, $zv=38$, в результаті розрахунку отримаємо $DD=0.5278$. Цей показник показує, що ступінь зв'язаності графа і кількість зв'язків між ризиками для досліджуваної НКК достатня.

Складність НКК (M) вираховується через співвідношення кількості вершин (ризиків) типу «Receiver» до «Driver» за формулою (3.13):

$$M = \frac{rreceiver}{rdriver}, \quad (3.13)$$

де $rreceiver$ – кількість цільових вершин (ризиків), тип «Receiver»;

$rdriver$ – кількість вхідних вершини, тип «Driver».

Значення даного коефіцієнта визначає складність карти, тому що припускають, що міститься більше корисних результатів та менше контрольованих впливів на зовнішнє середовище.

Для НКК освітнього проєкту «Річне навантаження кафедри»: $M = \frac{0}{1} = 0$, що вказує на недостатню складність системи.

Для визначення приналежності моделі до структурованого чи мережевого типу необхідно розрахувати індекс ієрархічності (Hi) за формулою (3.14):

$$Hi = \frac{12}{m^3 - m} \sum_{x=1}^m \left[D_x^{out} - \frac{\sum_{y=1}^m D_y^{out}}{m} \right]^2, \quad (3.14)$$

де m – загальна кількість ризиків (вершин) моделі графа;

D_x^{out} – кількість або сумарна вага зв'язків, що виходять з x -ї вершини.

$\frac{\sum_{y=1}^m D_y^{out}}{m}$ – середнє значення D_x^{out} для цієї НКК.

Якщо $Hi \rightarrow 1$, то модель має високу ієрархічність. Система має чітку структуру «зверху вниз», наявні ключові фактори (ризик), які керують більшістю процесів,

але самі не піддаються впливу.

Якщо $Hi \rightarrow 0$, модель є демократичною. Фактори (ризики) мають приблизно однакову кількість вихідних зв'язків та багато циклів зворотного зв'язку. Така НКК легше адаптується до змін, але має складнішу будову.

Для проєкту «Річне навантаження кафедри» $Hi=0.35$, що свідчить про вищу за середню демократичність досліджуваної НКК.

Провівши аналіз значень показників структурно-топологічних властивостей проєкту «Річне навантаження кафедри» слід зробити висновок, що до найвагоміших ризиків досліджуваної моделі слід віднести такі ризики, як кадровий, ризик контингенту студентів, ризик виконавця та інформаційний. В той же час, найменший вплив на систему має технологічний ризик.

Для проведення подальшого сценарного аналізу ризиків НКК пропонуємо провести сценарне моделювання для визначення відносної зміни ризиків системи при максимальному значеному впливу на них найвагоміших ризиків.

Змоделюємо наступні сценарії, змінивши значення сили впливу деяких ризиків.

Першим промоделюємо кадровий ризик. Розглянемо, як зміниться стан моделі при максимальному збільшенні значення кадрового ризику R_1 .

Як вже було відмічено, кадровий склад кафедри, це один найвагоміший показник існування та роботи кафедри. Робота викладача сьогодні має багато складових і оцінюється щорічним рейтингуванням, яке є основою якості надання освітніх послуг й показника рейтингу кафедри, та на пряму залежить від рівня кваліфікації викладача. На наш погляд. Також до складової кадрового ризику слід віднести показники плинності та кількості кадрів, що взаємопов'язані між собою і говорять про деяку стабільність роботи кафедри, дбайливість, «вирощування» та спадковість.

В освітньому проєкті «Річне навантаження кафедри» кадровий ризик R_1 безпосередньо впливає на R_2, R_3, R_4, R_5, R_8 . В результаті максимального збільшення значення впливу кадрового ризику значення показників інших ризиків моделі також збільшились, а саме контингенту студентів на 0.25, ризик розбалансованості

на 0.19, виконавчий на 0.12, інформаційний на 0.07, а часовий на 0.18 (рис.3.3).

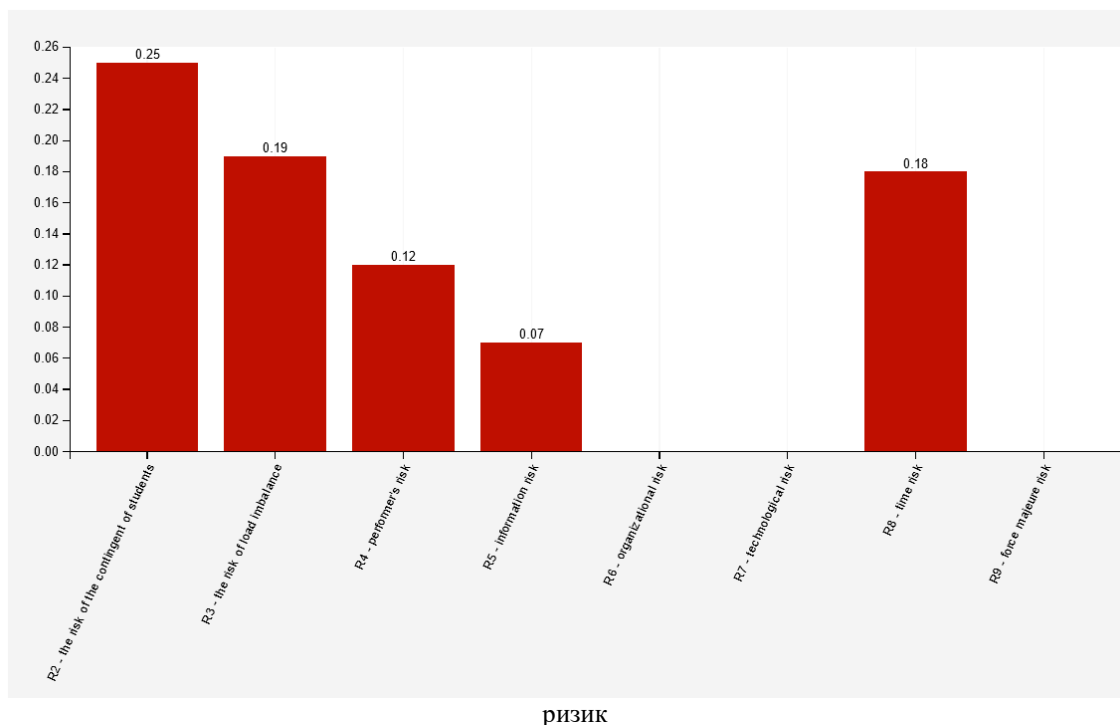


Рисунок 3.3 – Сценарій, що відображає реакцію системи на максимальне збільшення значення кадрового ризику R1 [отримано автором в результаті експерименту]

Натомість, якщо змінити полярність кадрового ризику на позитивну, він допоможе знизити ризики за вже зазначеним показникам (рис.3.4).

Кадри НПП – це основа роботи кафедри. Всі інші процеси або здійснюються самими кадрами безпосередньо, або напряду залежать від них. Тому керівники кафедр та університету в цілому приділяють максимум уваги питанням набору висококваліфікованих кадрів, звертають увагу на наукову активність, методичну забезпеченість, комунікаційні здібності.

Наступним змодельюємо ризик контингенту студентів. Розглянемо, як зміниться стан системи при максимальному збільшенні значення ризику контингенту студентів R_2 .

Штатна чисельність випускової кафедри на пряму залежить від чисельності здобувачів освіти які навчаються на відповідній спеціальності, яку готує кафедра.

Тому кожен день працівники кафедр докладають максимум зусиль, щоб їх чисельність була максимальною. Профорієнтаційна робота серед майбутніх абітурієнтів розпочинається задовго до початку вступної кампанії, продовжується

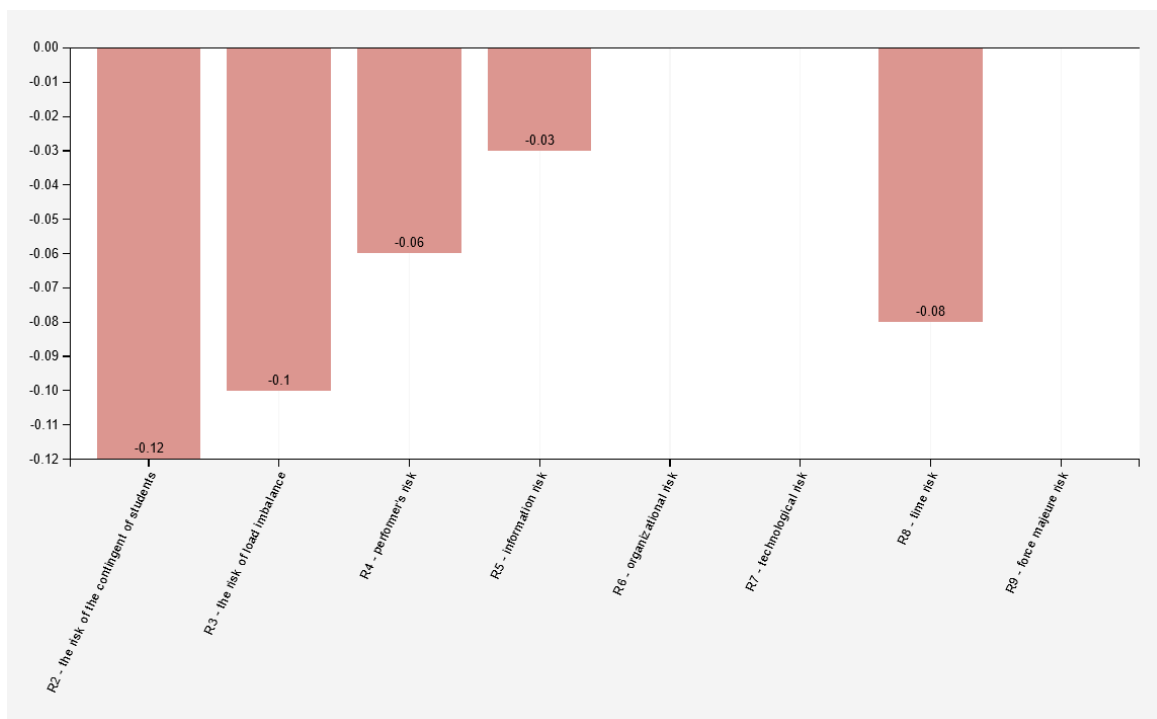


Рисунок 3.4 – Сценарій, що відображає реакцію системи на максимально позитивне збільшення значення кадрового ризику R_1
[отримано автором в результаті експерименту]

під час її проведення і планується на майбутнє після її закінчення. Протягом навчального року викладачі докладають максимум зусиль, щоб якісно підготувати майбутніх фахівців, підвищити інтерес до обраної спеціальності, сформувати всебічно розвинену особистість.

В результаті сценарію, що відображає реакцію системи на максимальне збільшене значення ризику R_2 збільшився кадровий ризик на 0.29, часовий на 0.05, а виконавчий, інформаційний та ризик розбалансованості навантаження знизиться на 0.05, 0.03, 0.24 відповідно(рис. 3.5).

Тож, збільшення кількості майбутніх здобувачів вищої освіти саме в українських закладах, дасть змогу не лише зберегти закладам вищої освіти свої позиції на ринку освітніх послуг, а й виховувати майбутніх фахівців для розвитку України.

На наступному кроці сценарного аналізу представлений сценарій комплексного посилення ризику.

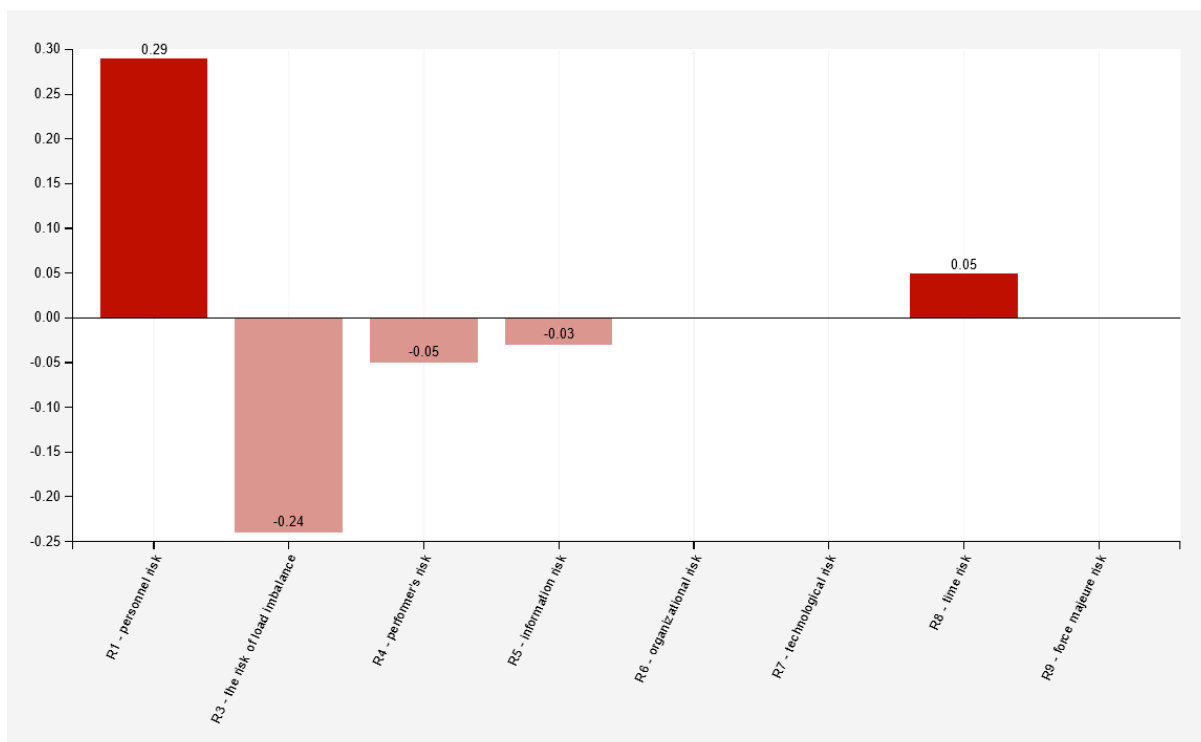


Рисунок 3.5 – Сценарій, що відображає реакцію системи на максимально збільшене значення ризику R_2 – ризик контингенту студентів [отримано автором в результаті експерименту]

Оскільки кафедра працює під впливом різного роду ризиків, змодельємо одночасне посилення кадрового, інформаційного, виконавчого та часового ризиків.

На рис. 3.6. наведені результати сценарію максимального збільшення значення ризиків R_1 , R_4 , R_5 , R_8 , що входять до переліку внутрішніх ризиків.

Отримана гістограма показує, що при максимально позитивному впливі ризиків кадрового, виконавчого, інформаційного та часового ризиків знизяться ризики контингенту студентів та розбалансованості навантаження. Разом з тим на організаційний, технологічний та форс-мажорні це не матиме жодного впливу.

Проведене дослідження з використанням когнітивного підходу для розв'язання задачі аналізу та оцінки ризиків освітнього проєкту з формування річного навантаження кафедри, базується на використанні нечітких когнітивних карт, яким властива наочність, простота, адаптація до невизначених вхідних даних, конструктивність, гнучкість, використання досвіду і знань експертів предметної області.

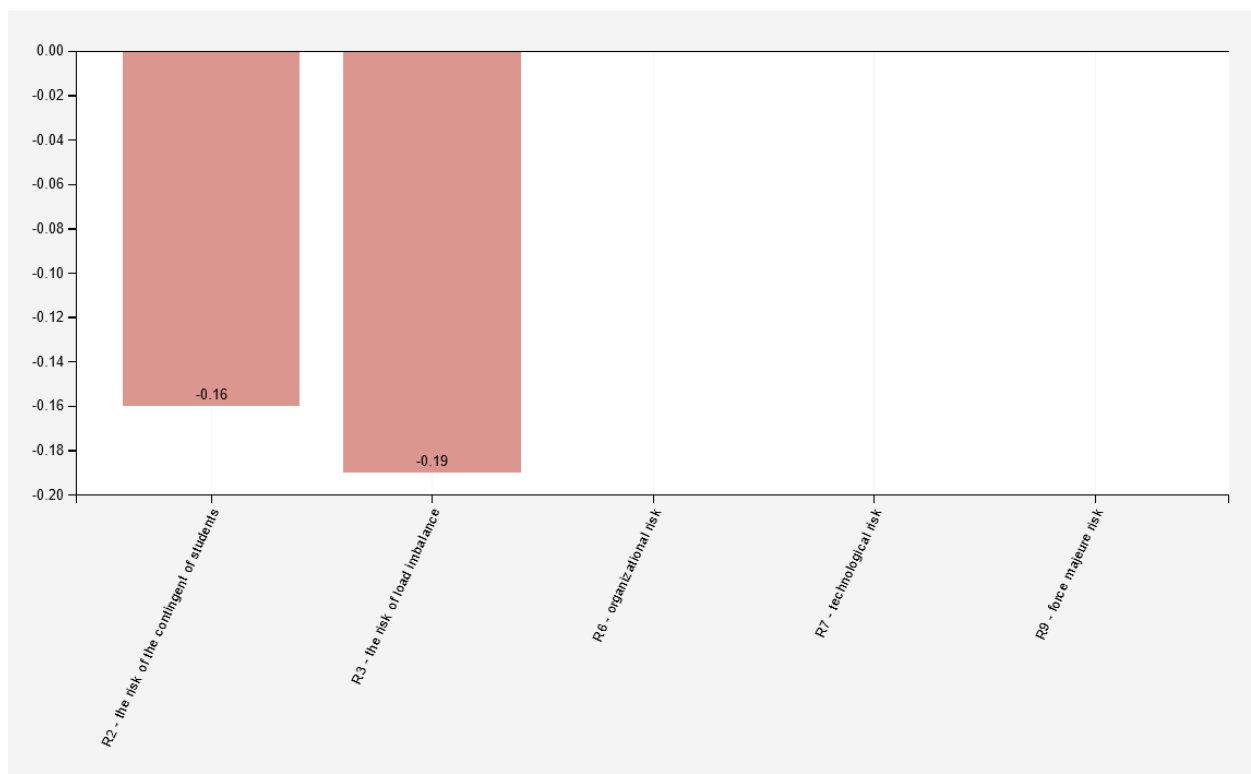


Рисунок 3.6 – Сценарій, що відображає реакцію системи на максимальне збільшення значення ризиків R_1 , R_4 , R_5 , R_8 [отримано автором в результаті експерименту]

Когнітивна методологія і програмна система Mental Modeler є інструментом, який допомагає відформатувати знання, системно і всебічно проводити дослідження різних взаємопов'язаних ризиків системи. Але не дозволяє провести групову оцінку.

Проведений структурно-топологічний аналіз побудованої НКК, свідчить про високу щільність моделі, простоту та демократичність. Як результат, розроблена когнітивна карта є адаптивною до змін завдяки високому рівню їх зв'язаності й інтеграції.

Проведене сценарне моделювання, що дозволяє оцінити зміни стану досліджуваних ризиків та оцінити стан розробленої системи. Візуалізація моделювання має змогу проілюструвати не тільки результати експертних оцінок, а й підказати експертам способи аналізу та напрямки рішень. Когнітивна модель пояснює, на який ризик або взаємозв'язок необхідно впливати, з якою силою і в якому напрямку, щоб отримати бажану зміну цільових ризиків, досягти мети з

найменшими втратами.

3.2. Метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації

На підставі розробленої когнітивної моделі оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації (підрозділ 3.1) [11, 15] запропонований метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації.

Метод когнітивного моделювання оснований на моделюванні ментальних процесів для вирішення прикладних задач проєктним менеджером за допомогою графоаналітичних моделей, що можуть бути комп'ютеризовані і автоматизовані. Однак, не існує усталеної методології розробки когнітивних моделей.

В розділі 3.1 даного дослідження було викладено історію появи «когнітивних карт» та запропоновано дослідження ризиків освітнього проєкту «Річне навантаження кафедри» в ЗВО за допомогою НКК. Дослідники часто застосовують метод когнітивного аналізу для експертного оцінювання. Існує велика кількість методів експертної оцінки, серед яких метод асоціацій, метод бінарних порівнянь, метод векторів уподобань, метод фокальних об'єктів, індивідуальне експертне опитування, метод середньої точки.

У даному дослідженні був запропонований метод групової експертної когнітивної оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, який полягає в ідентифікації ризиків з подальшою їх оцінкою, сценарному моделюванні на основі побудованої НКК, наданні експертних рекомендацій, щодо зменшення ризиків та розробкою управлінських заходів реагування на ризикові ситуації. Метод має на меті систематично виявляти, оцінювати, моделювати та розробляти управлінські рішення для мінімізації негативних наслідків ризиків. Схематично метод представлений на рис 3.7.

Метод когнітивної оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації включає у себе наступні етапи:

Етап 1. Початковий етап, який включає в себе декілька кроків.

Крок 1. Формування експертної групи. Формування експертної групи для оцінювання ризиків освітнього проєкту ЗВО. Для освітнього проєкту в залежності від його різновиду (освітнього, організаційного, наукового та інші) формується експертна група. Рекомендована кількість учасників в експертній групі має бути в межах від трьох до семи учасників. Кожен член групи експертів може бути представником з різних освітніх галузей та сфер знань, повинен володіти необхідними компетенціями та досвідом у сфері освітніх проєктів та управління ризиками. На даному етапі створюється компетентна та досвідчена група, яка перевіряється на узгодженість щоб уникнути можливості домінування думок кількох експертів, які можуть впливати на результати опитування.

Крок 2. Формування реєстру ризиків освітнього проєкту . Визначення ризиків освітнього проєкту та формування реєстру ризиків R експертною групою (формула 3.6). Експерти здійснюють ідентифікацію ризиків методом брейнрайтингу. Головна перевага цього методу дозволяє експертній групі за короткий час, шляхом безперервного, письмового, інклюзивного взаємного доповнення реєстру згенерувати велику кількість ризиків.

Крок 3. Ранжування ризиків. На цьому кроці експерти визначають ранг кожного ризику з множини R , застосовуючи метод попарного порівняння, який детально описаний в розділі 2. Для кожного окремого ризику обчислюється загальна сума рангів (формула (2.4)), визначається середнє значення суми рангів (формула (2.5)) та значення суми квадратів відхилень рангів (S) (формула (2.6)). Для визначення ступеня узгодженості експертної групи щодо вагомості досліджуваних ризиків розраховується коефіцієнт конкордації Кендалла K_{pr} за формулами (2.7) або (2.9).

Крок 4. Перевірка узгодженості експертної групи. Цей крок необхідний для оцінки якості роботи експертів, мінімізації суб'єктивізму та упередженості, виявлення прихованих конфліктів, підвищення довіри до достовірності результатів оцінки та прийнятих рішень. Для цієї перевірки розраховується значення коефіцієнта конкордації Кедалла. Якщо отримане значення $K_{pr} > 0.5$, то

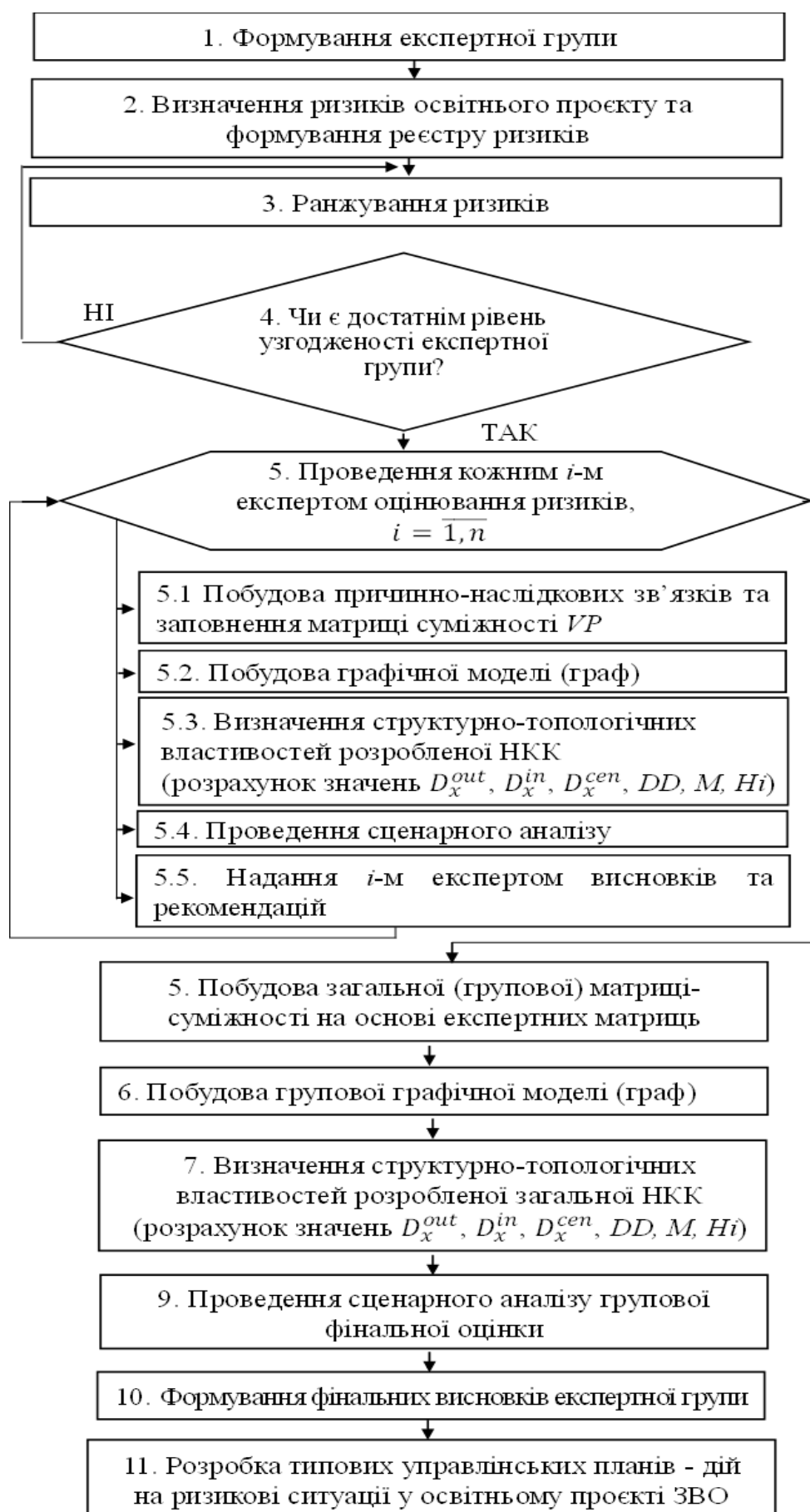


Рисунок 3.7 – Схема методу когнітивної оцінки ризиків освітніх проектів ЗВО в умовах цифрової трансформації [розроблено автором]

узгодженість вважається достатньою для подальшого аналізу. Якщо $K_{pr} < 0.5$, то необхідно провести повторний раунд опитування або змінити склад експертної групи.

Етап 2. Експертне оцінювання .

Крок 5.1. Оцінка експертів. Кожним окремим експертом проводиться персональна оцінка ризиків. Кожен i -й експерт заповнює матрицю суміжності VP визначаючи всі зв'язки між ризиками (факторами), як наведено в формулах (3.8), де вказує ваги впливу vp_{xy} , що коливаються у проміжку $[-1;1]$.

Крок 5.2. Побудова графічної моделі. Побудова графічної моделі когнітивної карти ризикових подій освітнього проєкту. На цьому кроці на основі даних матриці суміжності розмірністю $m \times m$, будується граф. Така візуалізація дає можливість швидко побачити архітектуру проєкту, напрямки впливу. На від мінус від дерева рішень дає можливість моделювати цикли, або зациклені причинно-наслідкові ланцюжки, одночасно додавши на ребра чіткі числові ваги.

Крок 5.3. Визначення структурно-топологічних властивостей розробленої НКК. На цьому кроці система розраховує значення функціональних індексів центральності НКК D_x^{out} (формула 3.9), D_x^{in} (формула 3.10) та D_x^{cen} (формула 3.11), щільність (формула 3.12), , індекс складності M (формула 3.13) та індекс ієрархії Hi (формула 3.14).

Крок 5.4. Проведення сценарного аналізу. Кожен i -й експерт за допомогою своєї НКК та результатів значень функціональних індексів проводить експерименти, шляхом реалізації певних сценаріїв, під час яких кардинально змінює значення ключових ризиків, аналізуючи як змінить вся модель в цілому.

Крок 5.5. Надання експертом висновків та рекомендацій. На основі отриманих результатів моделювання та аналізу, проведених експериментів кожен експерт готує своє рішення, що до ризиковості освітнього проєкту. У персональному звіті експерт зазначає найбільш проблемні місця проєкту, які потребують негайного вирішення.

Етап 3. Фінальні судження.

Крок 6. За для уникнення суб'єктивних думок і перевірки адекватності

експертних оцінок, на основі експертних матриць-суміжності, будуємо загальну (або групову) матрицю суміжності. Кожен елемент отримуємо шляхом розрахунку середньоарифметичних значень впливів (експертних оцінок) відповідної пари r_x та r_y .

Крок 7. Побудова графічної моделі групової НКК. Проводиться візуальний аналіз отриманої моделі та порівняння з графічними моделями окремих експертів.

Крок 8. Визначення структурно-топологічних властивостей групової НКК. На цьому кроці експертна група отримує значення функціональних індексів центральності фінального НКК: D_x^{out} (формула 3.9), D_x^{in} (формула 3.10) та D_x^{cen} (формула 3.11), щільність (формула 3.12), , індекс складності M (формула 3.13) та індекс ієрархії Hi (формула 3.14) для фінальної матрицю, що дасть можливість порівняти з окремими результатами експертів.

Крок 9. Проведення сценарного аналізу групової фінальної оцінки. Для проведення серії сценарних експериментів можна використати початкові завдання персональних експертних експертиз. Порівняти отримані результати, підготувати висновки.

Крок 10. Формування фінальних висновків експертної групи. За результатами моделювання сценаріїв експертна група пропонує адекватну протидію, розробивши ефективні заходи щодо зменшення взаємовпливів між ризиками, розробляє заходи із зменшення ризиків.

Крок 11. Розробка типових управлінських планів - дій на ризикові ситуації у освітньому проєкті ЗВО. Розробка типових управлінських планів дій на ризикові ситуації у освітньому проєкті ЗВО. На основі наданих експертних висновків керівництво проєкту розробляє плани, щодо усунення або зменшення впливу ризиків на освітній проєкт з подальшим моніторингом.

Таким чином, запропонований метод когнітивної оцінки освітніх проєктів, що є продовженням попередніх досліджень з управління ризиками освітніх проєктів ЗВО , який дозволяє проаналізувати причинно-наслідкові зв'язки між ризиками освітнього проєкту, оцінити їх вплив один на одного та розробити план дій щодо їх запобігання та усунення.

3.3. Висновки за третім розділом

На основі результатів, отриманих у третьому розділі, сформувані такі висновки:

1. Удосконалено когнітивну модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, яка відображає причинно-наслідкові зв'язки між факторами ризику через побудову когнітивного графу. Це спрощує візуальне сприйняття структури ризиків та дозволяє виокремити критичні вузли для проведення системного аналізу.;

2. Отримав подальший розвиток метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. Застосування сценарного моделювання в межах запропонованого методу дозволяє прогнозувати динаміку ризикових ситуацій та оцінювати ефективність управлінських рішень до моменту їх фактичної реалізації, що загалом підвищує стійкість освітніх проєктів.

Результати досліджень третього розділу опубліковані у таких роботах [11, 15].

Список використаних джерел до розділу 3

1. Данченко О. Б. Методологія інтегрованого управління відхиленнями в проєктах : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22. Київ : КНУБА, 2015. 45 с. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/items/d8a907b7-98b2-4b03-b345-4348740452f4> (дата звернення: 25.11.2024).

2. Choi C. W., Jeong J. Y., Hwang M. S., Jung K. K., Lee H. M., Lee K. H. Risk communication study for nanotechnology using risk cognitive map. *J Environ Toxicol*. 1986. Vol. 25, № 3. P. 187–195. DOI: 10.1007/s40747-020-00228-2 (дата звернення: 25.11.2024).

3. Салієва О. В. Моделі та засоби оцінювання рівня захищеності систем

захисту інформації на основі когнітивного моделювання : дис. ... д-ра філософії : 125. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2021. 208 с. URL: <https://lpnu.ua/rada-phd/df-35052054> (дата звернення: 12.04.2024).

4. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1986. Vol. 11. P. 65–75. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2) (дата звернення: 10.03.2024).

5. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton : University Press, 1976. 404 p. URL: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt13x0vw3> (дата звернення: 24.01.2024).

6. Ткач Ю. М. Побудова нечітких когнітивних карт для оцінки інформаційних ризиків вищого навчального закладу. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки*. 2014. № 2 (73). С. 149–153. URL: <http://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/7451> (дата звернення: 25.11.2024).

7. Stylios C. D. et al. Mathematical formulation of fuzzy cognitive maps. *Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Control and Automation* (Nicosia, Cyprus, 1999). Nicosia : Mediterranean Control Association, 1999. P. 2251–2261. URL: https://www.researchgate.net/publication/228567505_Mathematical_formulation_of_fuzzy_cognitive_maps (дата звернення: 25.11.2024).

8. Єрохін К.Я. Lean підхід до організації роботи фінансового департаменту. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2020. №3 (59). С. 30-37. ISSN 2307-6968 (Print), ISSN 2663-2209(Online). DOI: 10.31732/2663-2209-2020-59-30-37 (дата звернення: 16.10.2023).

9. Zadeh L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8, Iss. 3. P. 338–353. URL: https://www.dcsc.tudelft.nl/~sc4081/2016/Materials/Zadeh_1965_fuzzy_sets.pdf (дата звернення: 26.11.2024).

10. Брейнрайтинг як ефективний метод генерування ідей. URL: <https://junist.com.ua/images/naukovo-metodychna/Breinraityng.pdf> (дата звернення: 15.07.2025)

11. Carlsson A., Mokiienko I., Semko I., Mylnichenko S., Haidaienko O. Application of Cognitive Modeling for Qualitative Analysis of Educational Projects' Risks in Higher Education Institutions. *International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics»*. Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. P. 370–384. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71804-5_25.
12. Про затвердження Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності : постанова Кабінету Міністрів України від 30 груд. 2015 р. № 1187. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1187-2015-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.11.2024).
13. Про вищу освіту : Закон України від 01 лип. 2014 р. № 1556-VII. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2014. № 37–38. Ст. 2004. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 15.01.2024).
14. Mentalmodeler. URL: <https://www.mentalmodeler.com/> <https://dev.mentalmodeler.com/>. (дата звернення 20.12.2024).
15. Carlsson A., Мокієнко Ю., Семко І., Мильніченко С., Гайдаєнко О. Застосування когнітивного моделювання для якісного аналізу ризиків освітніх проєктів у ЗВО. *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці й техніці» (ІТОНТ-2024)*. Черкаси : ЧДТУ, 2024. С. 316–319. URL: https://knsa.chdtu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/Conference-Proceedings-ITEST-2024_25_06.pdf.
16. Carvalho J. Rule Based Fuzzy Cognitive Maps: Fuzzy Causal Relations. *Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation: Evolutionary Computation and Fuzzy Logic for Intelligent Control, Knowledge Acquisition and Information Retrieval*. URL: www.Inescid.pt/pt/indicadores/Ficheiros/1894.pdf. (дата звернення: 05. 01.2025).

РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

4.1. Структура інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації

Закономірним етапом еволюції освітньої галузі, зумовленої низькою соціальною, технологічною та економічною ситуацією, є трансформація освітніх проєктів під впливом цифрових тенденцій. Узагальнюючи визначення терміну «інформаційна технологія» (ІТ), слід зазначити, що інформаційна технологія повинна забезпечити швидку обробку великих обсягів даних за допомогою методів, процесів і програмно-технічних засобів, об'єднаних у технологічний процес, що забезпечує виконання технологічних операцій над інформацією [1]. Використання ІТ дозволяє автоматизувати рутинні та складні процеси, приймати обґрунтовані рішення й ефективно управляти освітніми проєктами.

Запропонована інформаційна технологія управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації включає в себе систему управління ризиками освітніх проєктів, що забезпечує ЗВО можливістю аналізувати великі обсяги даних, враховувати вплив факторів, операційні втрати, та, за результатами оцінки ризиків проєктів, приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Проектування архітектури інформаційної технології є складним етапом розробки будь-якої web-орієнтованої інформаційної системи управління ризиками освітніх проєктів. Добре продумана архітектура допомагає створити ефективний, гнучкий та надійний продукт, який можна буде вдосконалювати в подальших версіях.

Для проектування архітектури необхідно виконати наступні кроки.

На першому кроці ретельно розглядаються всі вимоги до інформаційної системи. Визначаються ключові характеристики вхідних та вихідних даних, функціональні потреби замовника програмного продукту.

На другому кроці визначаються базові компоненти та їх взаємодія між собою. Такими компонентами можуть бути бази даних, користувацький інтерфейс, графічний движок, ігрова логіка тощо [2].

На наступному кроці обирається архітектурний підхід структури інформаційної системи (монолітна архітектура, мікросервіси, Model-View-Controller (MVC)).

На четвертому кроці обирається технологічний стек – технології та інструменти для реалізації кожного компонента, які включають вибір мов програмування, бібліотек, фреймворків та інших технологій.

Особлива увага приділяється забезпеченню безпеки інформаційної системи, захисту від злому та захисту конфіденційної інформації. Для реалізації цих задач розробляється стратегія забезпечення безпеки інформаційної системи.

Для реалізації функції взаємодії інформаційної системи або інтеграції сторонніх сервісів для передачі даних розробляються протоколи взаємодії з іншими сервісами.

Перевірка архітектури на відповідність вимогам та проведення тестування є наступним кроком, який дає можливість впевнитися в ефективності та стійкості інформаційної системи.

Розробка детальної документації архітектури інформаційної системи забезпечить однозначне розуміння команди розробників та користувачів – функціональних задач окремих модулів і web-орієнтованої інформаційної системи управління ризиками освітніх проєктів в цілому, що полегшить його модернізацію та використання в майбутньому.

На останньому кроці проводиться аналіз щодо поліпшення, вдосконалення та розширення функціоналу web-орієнтованої інформаційної системи управління ризиками освітніх проєктів.

Процес проєктування архітектури інформаційної системи є надзвичайно важливим етапом у розробці будь-якого програмного продукту, від нього залежить якість, продуктивність та майбутні можливості розробленого web-орієнтованої

інформаційної системи управління ризиками освітніх проєктів у форматі веб-застосунку.

На рис. 4.1. представлені головні аспекти, які підкреслюють важливість проєктування архітектури.

Правильно розроблена архітектура дозволяє ефективно організувати та оптимізувати роботу вебзастосунку, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та зменшення часу відгуку.



Рисунок 4.1 – Головні аспекти проєктування архітектури

[розроблено автором]

Гнучка архітектура допомагає додавати новий функціонал та компоненти, не порушуючи вже існуючий код. Добре спроектована архітектура допомагає попереджати та виправляти помилки, забезпечуючи стійку та надійну роботу інформаційної системи. Чітка архітектура дозволяє легко проводити тестування, допомагає керівникам проєкту та розробникам зрозуміти, як компоненти взаємодіють та діють, що полегшує управління проєктом. Завчасно продумані питання забезпечення безпеки та захисту даних в архітектурі сприяють створенню якісного та надійного програмного продукту.

На основі розроблених методів та моделей даного дисертаційного дослідження запропонована архітектура інформаційної технології управління

освітніми проектами, структура якої представлена на рис. 4.2. Представлена архітектура оптимізує обмін даними й управління ризиками, підвищує масштабованість платформи.

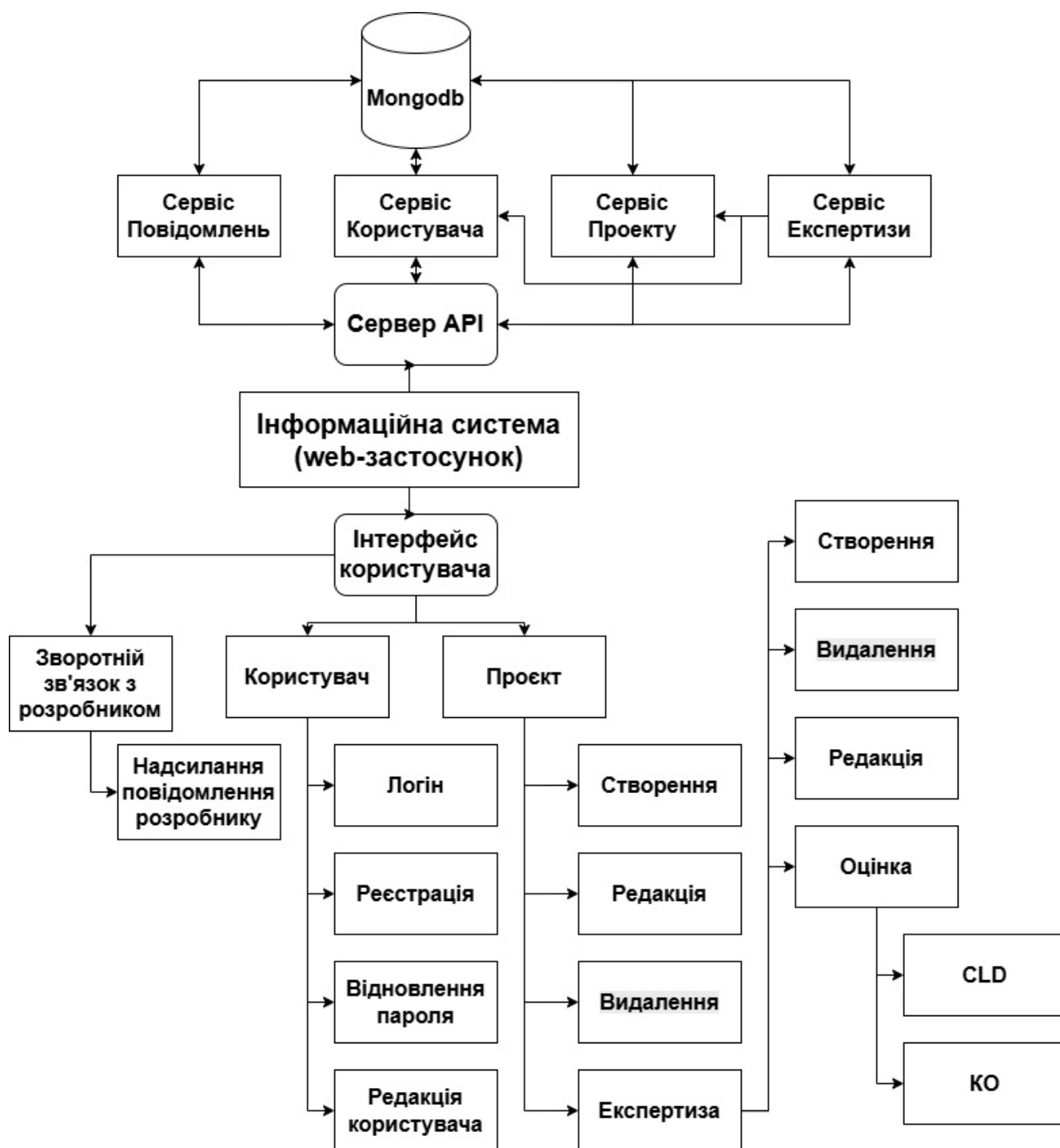


Рисунок 4.2 – Схема архітектури інформаційної технології управління освітніми проектами [розроблено автором]

Центром збереження інформації виступає сервер, що забезпечує користувачам централізований доступ до актуальних даних.

Відповідно до цієї схеми інформаційна технологія складається з інтерфейсу користувача, що забезпечує його взаємодію з функціональним вебзастосунком, дозволяючи створювати користувачів, проекти, експертизу, а також підтримувати зворотний зв'язок з користувачем та серверним API, який коригує та зберігає дані до бази даних.

Серверна частина складається з 4 сервісів для користувача, проекту, експертизи та повідомлення, які через сервіси взаємодіють з базою даних. Централізована архітектура забезпечує контроль доступу до даних та різні доступу для різних ролей (власник або замовник, керівник експертної групи та експерт).

Обов'язковою умовою процесу проектування інформаційної технології управління освітніми проектами є забезпечення незалежності прикладного програмного забезпечення від структури бази даних (БД). Цей принцип реалізується шляхом впровадження системи керування базами даних (СКБД). Це обумовлено тим, що при будь-якій зміні апаратно-технічної бази, тобто зміни методів зберігання даних в БД, шляхів доступу до даних, структури і формату даних та зв'язків між ними, перенесення БД у хмарне середовище чи то на інший сервер, зміни методів індексування даних, а також з метою забезпечення ефективного обслуговування користувачів, не вимагатимуть модифікації вихідного коду модулів вебзастосунку. Якщо не застосовувати спеціальні підходи, то при будь-якій зміні в БД для перелічених випадків буде необхідно корегувати текст програми користувача, що потребує значних витрат.

Незалежність інформаційної системи від даних забезпечується засобами СКБД. Цей підхід базується на тому, що користувачі, застосовуючи БД, не знають внутрішнє представлення даних.

До сучасних систем керування базами даних висувуються такі вимоги [3]:

- простота і гнучкість створення додатків. СКБД має значно полегшувати процес створення і супроводу додатків, що працюють з базами даних;
- багаторазове й багатоаспектне використання даних. Користувачі, які інакше розуміють одні й ті самі дані, мають отримати змогу використовувати їх по-різному;

- простота, легкість і гнучкість у використанні. Користувачі мають легко дізнаватися, які дані є в їхньому розпорядженні, й отримувати простий доступ до даних (усі складнощі бере на себе СКБД);
- простота і гнучкість зміни, розширення й налаштування бази даних. Будь-які зміни в БД, додавання до неї інформації чи її розширення повинні виконуватися незалежно від додатків, що вже існують і використовують базу даних. До того ж ці операції мають виконуватися максимально просто й ефективно;
- ефективність і гнучкість зберігання й обробки даних. СКБД має забезпечувати можливість простого й ефективного збільшення обсягів даних без порушення наявних способів їхнього використання, а також легкого виконання реорганізації і реструктуризації даних. СКБД повинна підтримувати заплановану надлишковість даних або надавати можливість її знижувати;
- низька вартість зберігання й використання даних. СКБД мають забезпечувати нижчу вартість зберігання і використання даних, ніж будь-які інші інформаційні системи;
- захист від несанкціонованого доступу, викривлення і знищення. Система має забезпечувати необхідний рівень захисту даних. Інформація має бути захищена від перебоїв, впливу форс-мажорних ситуацій, а також від некомпетентного чи зловмисного звернення до даних осіб, які можуть оновити, викривити або ж видалити їх;
- підтримання необхідного рівня незалежності даних. Як правило, від СКБД вимагається наявність механізмів підтримання логічної та фізичної незалежності даних;
- підтримання необхідного рівня цілісності даних. Засоби опису і підтримання обмежень цілісності мають бути достатніми для опису правил, законів і обмежень, що діють у предметній області. Якщо ті чи інші обмеження не підтримуються безпосередньо, то СКБД має надавати можливості для їхнього опису і підтримання через відповідні засоби програмування;
- розвинені засоби адміністрування. Передбачається, що СКБД надає всі необхідні інструменти для підтримання функцій адміністрування баз даних.

На рис. 4.3 ми можемо побачити діаграму бази даних інформаційної

технології управління освітніми проектами.

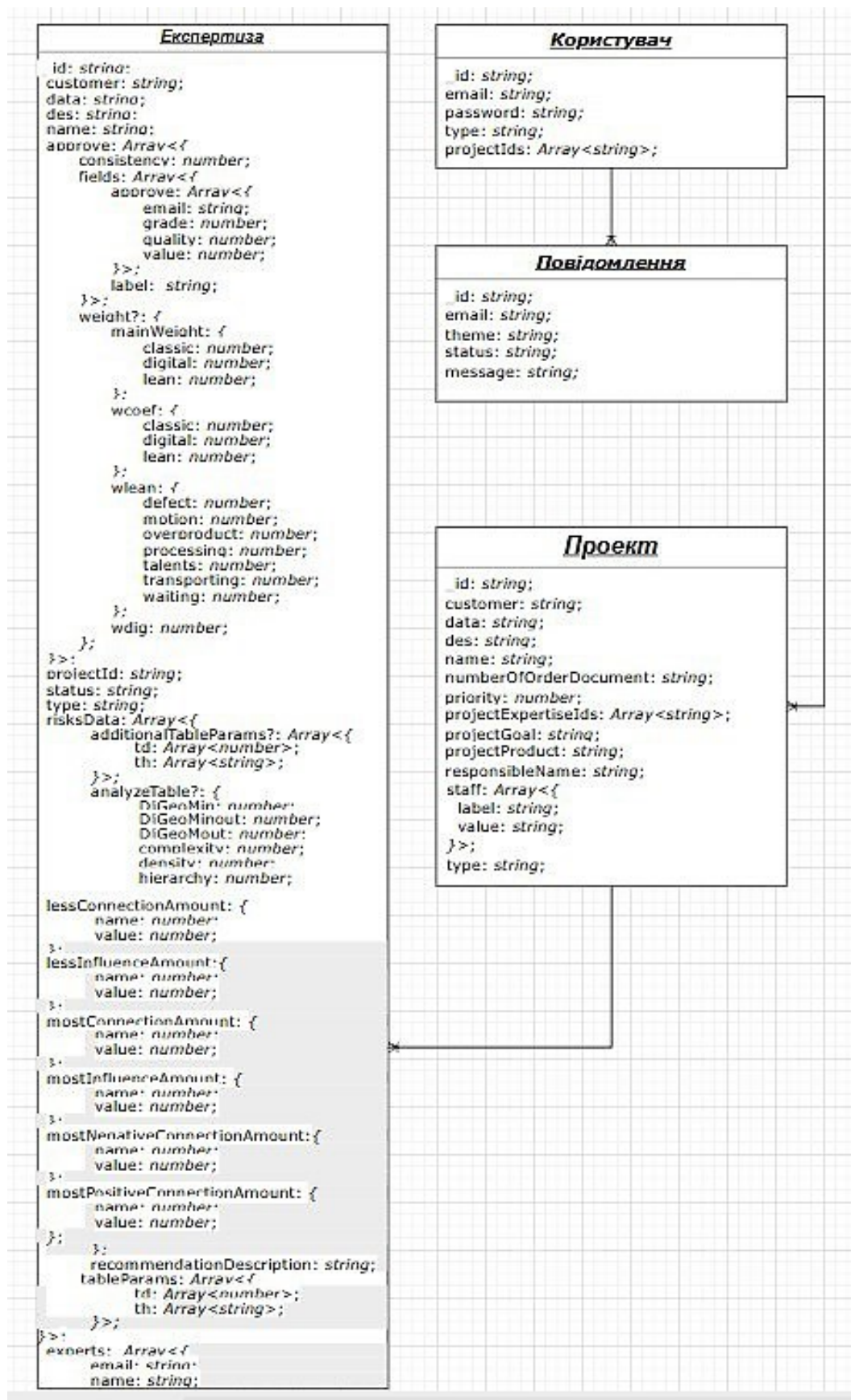


Рисунок 4.3 – Діаграма бази даних інформаційної технології управління освітніми проектами [розроблено автором]

Запропонована діаграма бази даних інформаційної технології забезпечує програмну реалізацію методів та моделей управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації, розроблених у другому та третьому розділах даного дослідження.

Моделювання інформаційної технології на початкових етапах розробки є важливим кроком у створенні якісного програмного продукту. Цей процес допомагає визначити, на яких платформах працюватиме майбутній програмний продукт, визначити вимоги до інтерфейсу та з'ясувати, які інструменти будуть використовуватися під час розробки для досягнення запланованих результатів.

Щоб краще зрозуміти функціональність додатку, потрібно визначити, як користувач буде використовувати продукт проєкту. Визначення варіантів використання додатку допомагає представити:

- як інформаційна система взаємодіє з користувачами;
- роль і важливість кожного окремого процесу в інформаційній системі;
- обсяг розробки інформаційної системи.

Щоб зрозуміти, що саме необхідно майбутнім користувачам, для початку необхідно виділити основні функціональні розділи, а саме:

- взаємодія з користувачем;
- головна частина;
- завантаження даних та їх подальша обробка;
- вибудовування даних у таблиці та графіки;
- побудова прогнозів на основі моделей, описаних у другому та третьому розділі.

Далі визначаємо, які основні дії користувач буде робити в кожному з розділів. Після цього можна визначити, які функції необхідно розробити, щоб задовольнити очікування користувачів. Визначивши основні функції, можна сформулювати додаткові, які не є критично важливими для роботи додатку і виконання основних дій в ньому користувачами, але ці функції необхідні для більш комфортного використання та є привабливими для майбутніх користувачів.

Алгоритм функціонування інформаційної технології управління освітніми проєктами передбачає наступні етапи:

- введення і передача даних. Керівник освітнього проєкту вводить початкові дані про проєкт. Група експертів, для визначеного проєкту, вводить дані про ризики, плани щодо їх зменшення через клієнтське інтерфейсне середовище (веб-додаток). Введені дані передаються на веб-сервер через Інтернет, на якому обробляються та зберігаються дані;
- обробка даних. На веб-сервері відбувається обробка даних, розрахунок за визначеними методами та алгоритмами;
- зберігання даних. Після розрахунків, на сервері зберігаються результати експертизи, що дозволяє експертам та керівнику освітнього проєкту мати онлайн доступ до даних експертної оцінки та їх результатів.

Запропонована структура бази даних інформаційної технології управління освітніми проєктами забезпечує комплексне зберігання та обробку даних, що сприяють ефективному плануванню, управлінню та контролю діяльності закладів вищої освіти.

4.2 Опис процесу практичної реалізації інформаційної системи управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації

Під час дисертаційного дослідження розроблено програмний вебзастосунок, який реалізує запропоновані підходи та рішення. Реалізація проєкту досягла 91% і знаходиться на етапі створення прототипу інформаційної системи. Прототип інформаційної системи має весь запланований функціонал та попередній варіант дизайну. Розглянемо результат виконання проєкту більш детально.

Для початку роботи із вебзастосунком потрібно зареєструватися новому користувачу, визначивши свій статус (керівник – власник або замовник освітнього проєкту; керівник експертної групи та експерт). Екранна форма сторінки реєстрації представлена на рисунку 4.4 – введення нового користувача для цієї програми. Для

зручності користування кожне поле або кнопка має підказки, які інтуїтивно підказують користувачу особливості використання вебзастосунку.

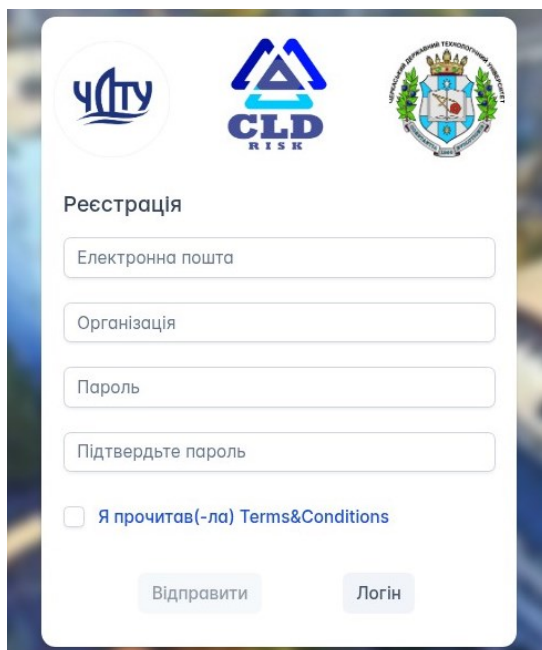


Рисунок 4.4 – Екранна форма сторінки реєстрації [розроблено автором]

Під час реєстрації зазначається роль та права користувача. Передбачено кілька типів користувачів, таких «Власник» та «Експерт», де серед експертів одному з членів групи надають права керівника експертної групи. Учасник експертизи з роллю «Власник» має права на створення нового проєкту, управління даними вже створеного та доступного йому проєкту, тоді як експерти не можуть вносити зміни в початкові дані освітнього проєкту, а лише проводити експертизу.

Після реєстрації відкривається сторінка входу в програму для вже зареєстрованих користувачів, де необхідно ввести персональні дані – логін та пароль (рис. 4.5), після чого користувач переходить на основне вікно програми.

У випадку втрати пароля для входу в програму, вебзастосунком передбачено функцію відновлення пароля, яка представлена на екрані (рис. 4.6 а), де після заповнення вхідних даних, керуючись спливаючими повідомленнями, здійснюється перехід на вікно зі створення нового пароля (рис. 4.6 б).

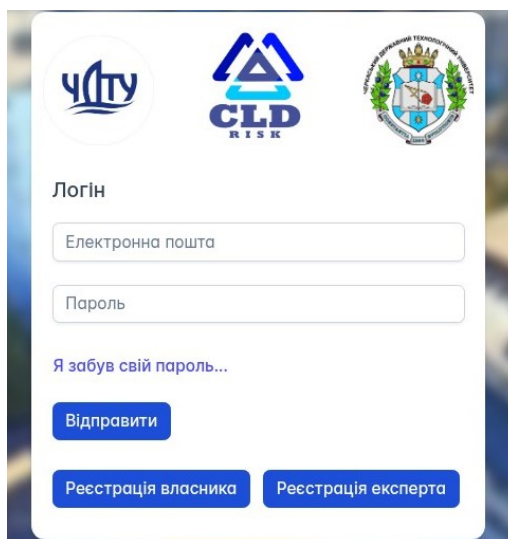
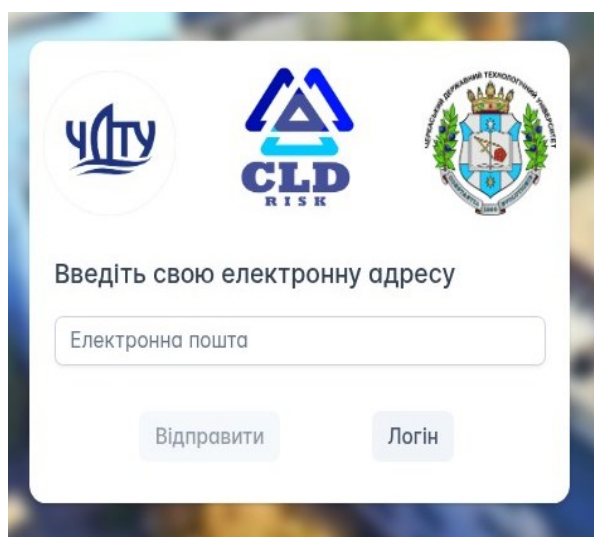
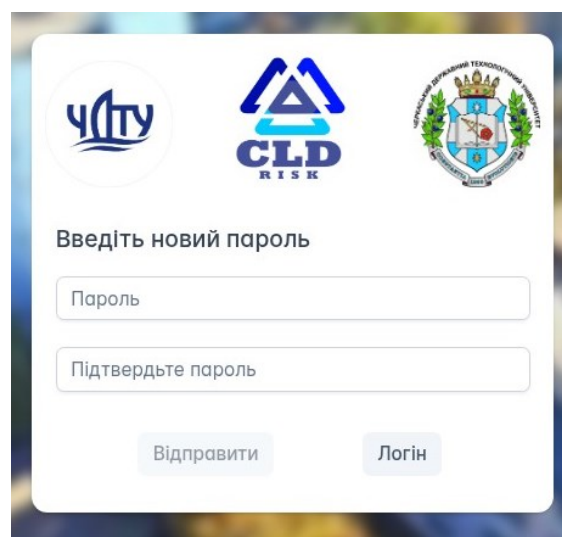


Рисунок 4.5 – Екранна форма сторінки логіну [розроблено автором]

Для надання гнучкості вебзастосунку, передбачена можливість змінити особистих даних користувача на сторінці профілю (рис. 4.7).



а) введення логіну



б) створення нового паролю

Рисунок 4.6 – Екранна форма сторінки відновлення пароля [розроблено автором]

Для підтримки зв'язку з розробниками в вебзастосунку передбачена функція «Зворотного зв'язку», за допомогою якої користувач може залишити свої відгуки та побажання під час використання системи на сторінці контактів (рис. 4.8).

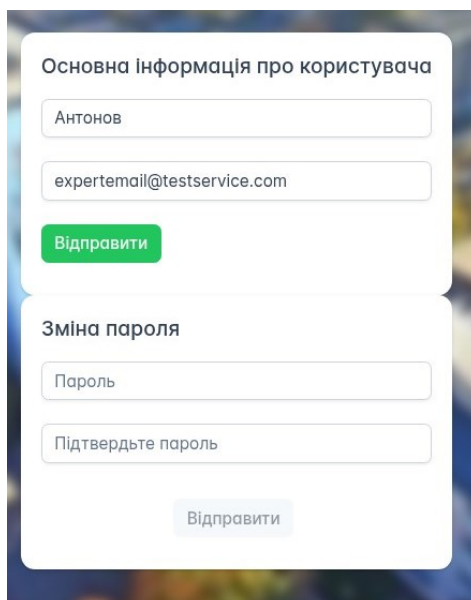


Рисунок 4.7 – Екранна форма сторінки зміни персональних даних профілю
[розроблено автором]

Для створення запиту на проведення експертизи власнику необхідно ввести податкові дані освітнього проєкту. Після успішного входу у власний профіль користувачу відкривається головна сторінка, де в хедері програми представлений логотип додатку та поля управління (навігації) програмою.

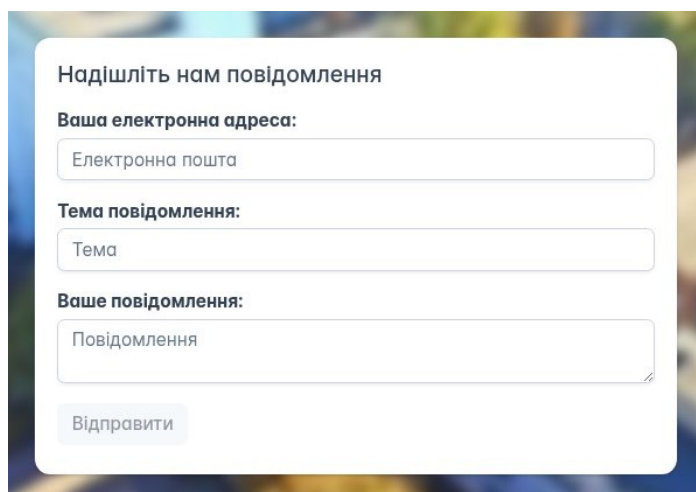


Рисунок 4.8 – Екранна форма сторінки контактів [розроблено автором]

На робочому столі користувача (Власника) розміщено декілька блоків: створення нового проєкту, раніше створені проєкти цього користувача та пошук.

Інформацію по кожному проєкту можна переглядати детальніше, змінювати чи видаляти.

На рис. 4.9 показано екранну форму головної сторінки для власника.

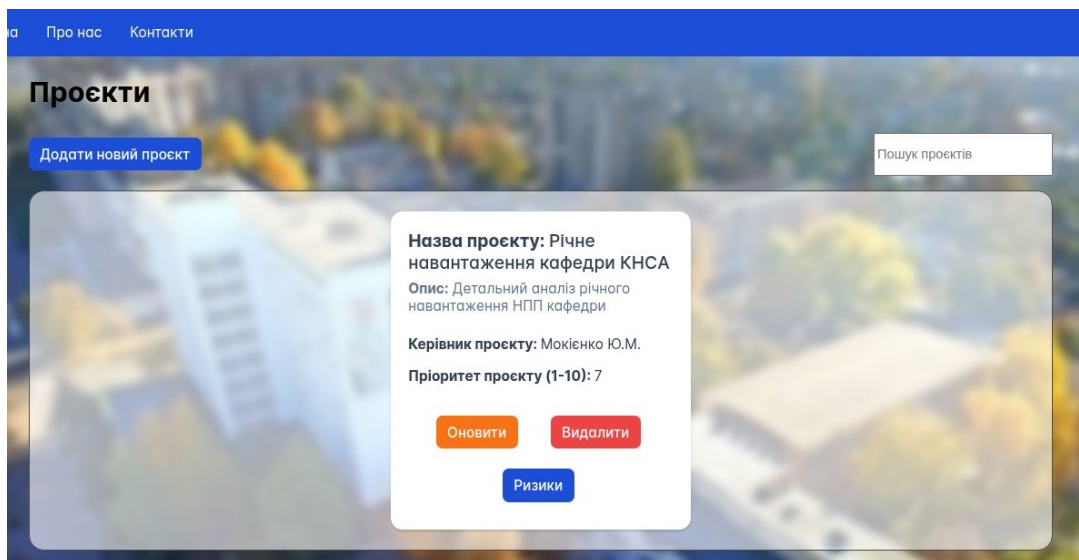


Рисунок 4.9 – Екранна форма головної сторінки для власника [розроблено автором]

На головній сторінці власника розміщено всі створені ним освітні проєкти, для яких передбачена функція перегляду початкових даних. Кожен користувач матиме свій персональний набір створених освітніх проєктів, для яких можна редагувати початкові дані або видаляти вже застарілі експертні оцінки, за потреби. [Додаток Д1. Фрагмент коду сервісу обробки проєкту]

Для виконання запиту на проведення експертної оцінки освітнього проєкту необхідно створити новий проєкт та ввести початкові дані. На рис. 4.10 представлена екранна форма модального вікна введення даних освітнього проєкту.

Після збереження початкових даних можна переглянути ці дані створеного проєкту, натиснувши на елемент картки цього проєкту, в результаті чого перед користувачем відкривається модальне вікно інформації про освітній проєкт. На рис. 4.11 показано екранну форму модального вікна інформації про освітній проєкт.

Після внесення основних даних освітнього проєкту, Власник створює експертизу, додавши до картки освітнього проєкту експертів, вибравши лише серед

Рисунок 4.10 – Екранна форма модального вікна створення освітнього проекту [розроблено автором]

zareestrovanih u webzastosunku, a takozh zaznachae tip modeli ekspertnoї oціnki, sho predstavleni u drugomu ta tret'omu rozдіlah disertsatsiynogo doslidzhennya.

Рисунок 4.11 – Екранна форма модального вікна інформації про освітній проект [розроблено автором]

В вебзастосунку реалізовано два методи:

- метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, що має назву CLD (Classic-Lean-Digital) [4, 5, 6];

- метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів в закладах вищої освіти в умовах цифрової трансформації, що має назву КО [7].

На рис. 4.12 показано екранну форму головної сторінки експертиз.

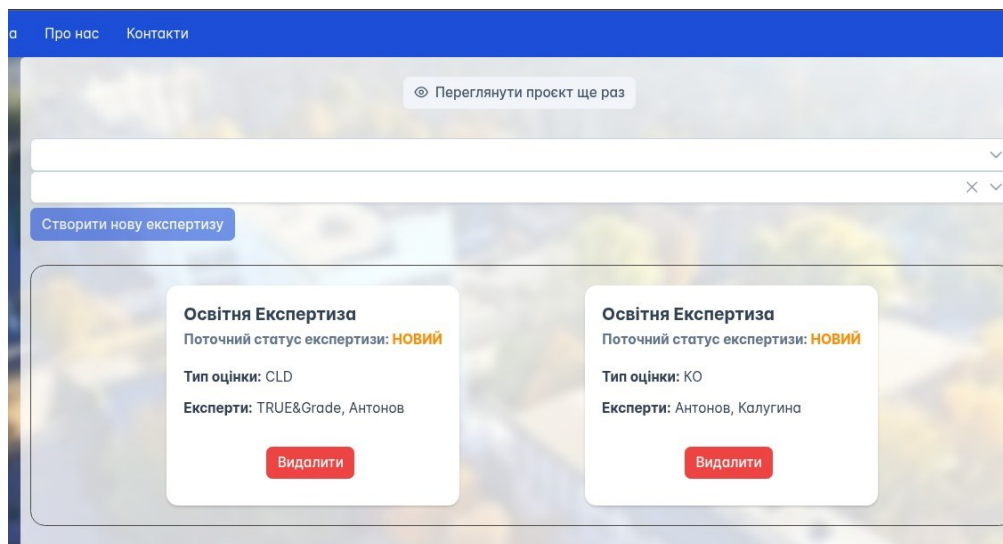


Рисунок 4.12 – Екранна форма головної сторінки експертиз [розроблено автором]

Після успішної реєстрації та входу в вебзастосунок користувача з роллю «Експерт» на робочому столі експерта будуть розміщені інформаційні картки освітніх проєктів, до яких залучений експерт. На інформаційній картці освітнього проєкту зазначена назва проєкту, поточний статус експертизи, тип методу, обраний для оцінки, та перелік експертів, що входять до групи експертів для обраного освітнього проєкту. На рис. 4.13 показано екранну форму головної сторінки експерта.

Користувач з роллю «Експерт» не може створювати, видаляти чи оновлювати дані освітнього проєкту. До доступних функцій експерта належать: проведення експертизи й ознайомлення з результатами експертних оцінок експертів групи та погодження їх результатів.

Власнику доступна вся інформація про проведені експертизи, тоді як експертам доступні лише ті експертизи, частиною яких вони є.

Перед початком проведення експертизи для обох методів експертною групою готується перелік ризиків. Він унікальний для кожного освітнього проєкту і

доповнюється кожним експертом методом брейнраїтинг, що описаний у розділі 3 дослідження.

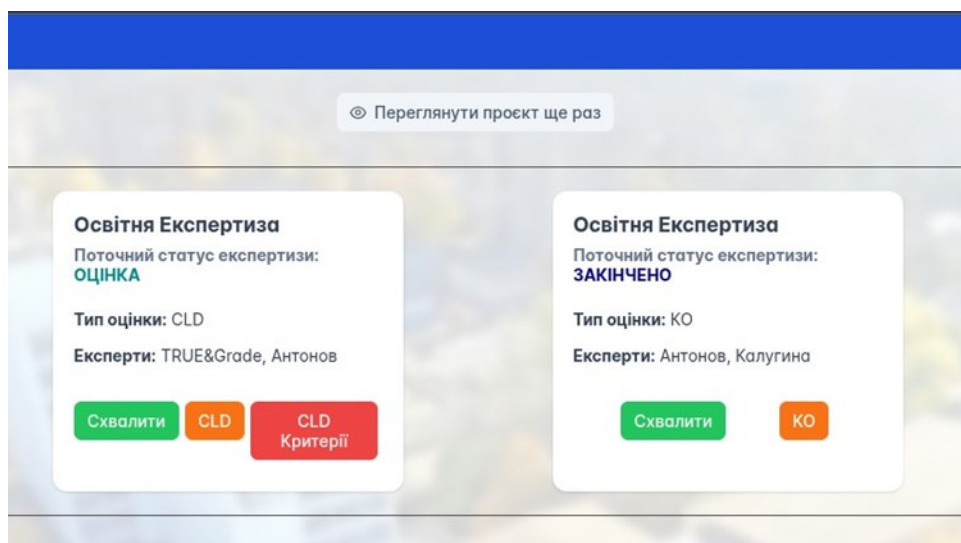


Рисунок 4.13 – Екранна форма головної сторінки експерта [розроблено автором]

Для проведення експертизи моделі CLD необхідно вибрати головного експерта, для якого доступна опція внесення початкових параметрів для цієї експертизи. На рис. 4.14, 4.15 показано частини екранної форми сторінки введення ключових критеріїв головним експертом для CLD експертизи, розділену на дві частини для кращого відображення деталей.

Перед тим як експертна група перейде до безпосередньої оцінки, важливим кроком у роботі є перевірка її на узгодженість. Детальний опис моделі подано в підрозділі 2.3 дисертаційного дослідження.

На рис. 4.16 та 4.17 показано екранну форму процедури перевірки на узгодженість для експертної групи. Для цієї експертизи рисунок розділений на дві частини для кращого відображення деталей. Щоб перейти до наступного кроку, всі експерти повинні ввести результати власних суджень. Якщо показник узгодженості ≥ 0.5 , експертам відкривається доступ до проведення експертизи, в протилежному випадку перевірку на узгодженість проходять ще раз [Додаток Д2. Фрагмент коду сервісу обробки експертизи].

Попередня сторінка

Вага значущої категорії (Wz) 0-100: 110%

Wlean
— 30 +

Wdigital
— 40 +

Wclassic
— 40 +

Класичні вагові коефіцієнти 0-100: 100%

Якість
— 30 +

Гроші
— 40 +

Час
— 30 +

Рисунок 4.14 – Екранна форма сторінки введення ключових критеріїв головним експертом для CLD експертизи (частина 1) [розроблено автором]

Вагові коефіцієнти LEAN 0-100: 100%

Дефекти
— 20 +

Очікування
— 20 +

Надвиробництво
— 20 +

Зайві переміщення
— 15 +

Зайва обробка
— 5 +

Зайве транспортування
— 10 +

Нереалізований потенціал працівників
— 10 +

Ваговий коефіцієнт DIGITAL 0-100: 70%

— 70 +

Оновити експертизу

© Copyright 2026

Рисунок 4.15 – Екранна форма сторінки введення ключових критеріїв головним експертом для CLD експертизи (частина 2) [розроблено автором]

The screenshot shows a web interface for 'Expertise' (Експертиза). At the top, there is a navigation bar with links: Головна, Про нас, Контакти, and a 'Вийти' (Logout) button. Below the navigation bar, there is a section titled 'Експертиза' with a sub-section 'Виберіть критерії експертизи' (Select expertise criteria). This section includes a dropdown menu labeled 'Виберіть критерії експертизи' and a form to 'Введіть новий критерій експертизи' (Enter new expertise criterion) with a text input field labeled 'Критерія' and a 'Додати критерій' (Add criterion) button. Below this is a section titled 'Реєстр ризиків (1 - 11)' (Risk Register (1 - 11)). It contains a table with 8 rows of risk criteria, each with a red 'X' icon, a text description, and a numerical value in a field with minus and plus buttons.

Критерій	Вартість
Якість контенту	11
Якість персоналу	6
Кількість персоналу	11
Вихідні показники	7
Коефіцієнт успішності	8
Недостатній набір	9
Людський фактор компетенції НПП	9
Рівень компетентності НПП	4

Рисунок 4.16 – Екранна форма сторінки узгодженості ризиків для експертизи (частина 1) [розроблено автором]

The screenshot shows a continuation of the 'Risk Register' (Реєстр ризиків) section. It displays a list of 8 criteria, each with a red 'X' icon, a text description, and a numerical value in a field with minus and plus buttons. Below the list is a blue button labeled 'Зберегти реєстр' (Save register). At the bottom, there is a status bar showing 'Узгодженість: Достатньо (41.29)' (Consistency: Enough (41.29)).

Критерій	Вартість
Коефіцієнт успішності	8
Недостатній набір	9
Людський фактор компетенції НПП	9
Рівень компетентності НПП	4
Забезпечення кількості НПП	3
Логістика	6
Інфраструктура	3

Зберегти реєстр

Узгодженість: Достатньо (41.29)

© Copyright 2026

Рисунок 4.17 – Екранна форма сторінки узгодженості ризиків для експертизи (частина 2) [розроблено автором]

На рис. 4.18–4.21 показана екранна форма CLD експертизи, розділена на чотири частини для кращого відображення деталей (Додаток Д5. Фрагмент коду

інтерфейсу створення CLD експертизи – Додаток Д6. Фрагмент коду компонента створення CLD експертизи).

Рисунок 4.18 – Екранна форма CLD експертизи (частина 1) [розроблено автором]

Рисунок 4.19 – Екранна форма CLD експертизи (частина 2) [розроблено автором]

Вплив поля 'Кількість персоналу'
●●●●●●●●○

Ймовірність ризику 'Кількість персоналу'
— 50 +

Кількість персоналу
— 30 +

Моделюючий коефіцієнт цифровізації
Системний ▾

Моделюючий коефіцієнт lean
Дефекти: 0 ☒ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Очікування: 0 ☒ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Надвиробництво: 0 ☒ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Зайві переміщення: 0 ☐ 0.25 ☒ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Зайва обробка: 0 ☐ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Зайве транспортування: 0 ☐ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Нереалізований потенціал працівників: 0 ☐ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☒ 1

Моделюючий коефіцієнт classic
Вплив на якість: 0 ☒ 0.5 ☐ 1
Вплив на гроші: 0 ☒ 0.5 ☐ 1
Вплив на час: 0 ☐ 0.5 ☒ 1

Керованість ризику 'Кількість персоналу'
— 90 +

Вплив поля 'Якість управління'
●●●●●●○○○

Ймовірність ризику 'Якість управління'

Рисунок 4.20 – Екранна форма CLD експертизи (частина 3) [розроблено автором]

0 ☒ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1
Зайва обробка: 0 ☐ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☒ 1
Зайве транспортування: 0 ☐ 0.25 ☐ 0.5 ☐ 0.75 ☒ 1
Нереалізований потенціал працівників: 0 ☐ 0.25 ☒ 0.5 ☐ 0.75 ☐ 1

Моделюючий коефіцієнт classic
Вплив на якість: 0 ☐ 0.5 ☒ 1
Вплив на гроші: 0 ☒ 0.5 ☐ 1
Вплив на час: 0 ☒ 0.5 ☐ 1

Керованість ризику 'Людський фактор'
— 90 +

Оновити експертизу

/	Rclassicj	Rleanj	Rdigj	Rmodj	Керованість
Вплив поля 'Якість контенту'	0.4590	0.2160	0.0821	0.7571	0.80
Вплив поля 'Якість персоналу'	0.2800	0.2750	0.0960	0.6510	0.80
Вплив поля 'Кількість персоналу'	0.2475	0.1294	0.1080	0.4849	0.90
Вплив поля 'Якість управління'	0.0810	0.2565	0.1296	0.4671	0.80
Вплив поля 'Людський фактор'	0.3150	0.3150	0.1512	0.7812	0.90

Рекомендація
Необхідний перерозподіл ресурсів між персоналом.

Оновити експертизу

© Copyright 2026

Рисунок 4.21 – Екранна форма CLD експертизи (частина 4) [розроблено автором]

На рис. 4.22 показано екранну форму інформаційної сторінки CLD, яка є основним інструментом візуалізації результатів експертного оцінювання. Авторизованим користувачам вебзастосунку, власнику та експертам, архітектура інтерфейсу надає доступ до загальних висновків за результатами роботи всієї групи експертів, так і до індивідуальних оцінок кожного окремого експерта. Такий підхід гарантує прозорість процесу верифікації моделі та дозволяє відстежувати вплив індивідуальних оцінок на формування фінального результату. [Додаток Д7. Фрагмент коду інтерфейсу КО/CLD експертизи – Додаток Д8. Фрагмент коду компонента КО/CLD експертизи].

Попередній крок

Узгодженість: Достатньо (10.58)

Середнє значення за всіма експертами

/	Rclassicj	Rleanj	Rdigj	Rmodj	Керованість
Вплив поля 'Якість контенту'	0.3927	0.1649	0.1049	0.6719	0.8000
Вплив поля 'Якість персоналу'	0.2839	0.2814	0.0911	0.6567	0.8000
Вплив поля 'Кількість персоналу'	0.2968	0.1628	0.1082	0.5695	0.9000
Вплив поля 'Якість управління'	0.1764	0.2828	0.1221	0.6155	0.7483
Вплив поля 'Людський фактор'	0.3985	0.4015	0.1513	0.9548	0.8485

Дані експертизи від експерта: TRUE&Grade

/	Rclassicj	Rleanj	Rdigj	Rmodj	Керованість
Вплив поля 'Якість контенту'	0.4590	0.2160	0.0821	0.7571	0.80
Вплив поля 'Якість персоналу'	0.2800	0.2750	0.0960	0.6510	0.80
Вплив поля 'Кількість персоналу'	0.2475	0.1294	0.1080	0.4849	0.90
Вплив поля 'Якість управління'	0.0810	0.2565	0.1296	0.4671	0.80
Вплив поля 'Людський фактор'	0.3150	0.3150	0.1512	0.7812	0.90

Дані експертизи від експерта: Антонов

/	Rclassicj	Rleanj	Rdigj	Rmodj	Керованість
Вплив поля 'Якість контенту'	0.3360	0.1260	0.1344	0.5964	0.80
Вплив поля 'Якість персоналу'	0.2880	0.2880	0.0864	0.6624	0.80
Вплив поля 'Кількість персоналу'	0.3560	0.2047	0.1082	0.6689	0.90
Вплив поля 'Якість управління'	0.3840	0.3120	0.1152	0.8112	0.70
Вплив поля 'Людський фактор'	0.5040	0.5119	0.1512	1.1671	0.80

Рекомендація експерта: Зрештою людський фактор надає занадто сильний вплив на систему, як і якість управління.

Рисунок 4.22 – Екранна форма інформаційної сторінки [розроблено автором]

В нижній частині представленого вікна розміщені рекомендації надані експертами, щодо усунення ризиків.

Наступним інструментом, впровадженим у програмне середовище вебзастосунку, є когнітивна модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. На робочій сторінці експерта відповідний модуль експертизи ідентифікується як «КО».

Перш ніж розпочати побудову нової когнітивної карти для проведення експертної оцінки, кожен член експертної групи наповнює реєстр ризиків шляхом вибору серед переліку запропонованих ризиків або додає свій варіант та зберігає його в реєстр (рис. 4.23). Після того як всі експерти наповнили реєстр ризиків вони переходять до процедури перевірки на узгодженість.

The screenshot shows a web interface for an expert. At the top, there is a blue button labeled "Експертиза". Below it, a section titled "Виберіть критерій експертизи" contains a dropdown menu with the text "Виберіть критерій експертизи". Below this is a section titled "Введіть новий критерій експертизи" with a text input field labeled "Критерія" and a green button labeled "Додати критерій".

The main section is titled "Реєстр ризиків (1 - 4)". It contains a list of four risk criteria, each with a red 'X' icon and a corresponding numerical value in a box with minus and plus buttons:

- Якість контенту: 3
- Якість персоналу: 2
- Кількість персоналу: 4
- Якість управління: 1

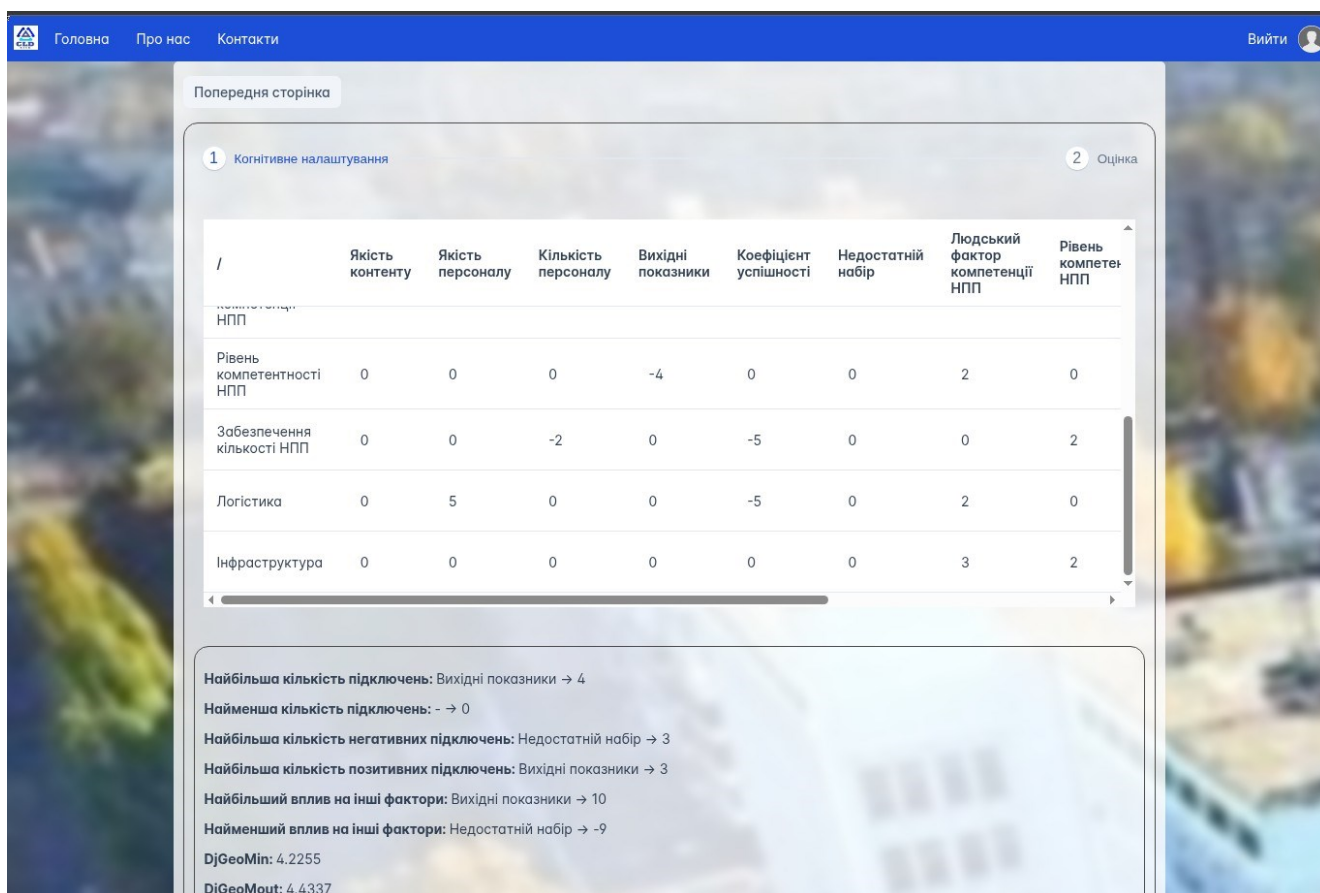
At the bottom left of this section is a blue button labeled "Зберегти реєстр". At the bottom of the page, there is a status bar that says "Узгодженість: Недостатньо ()".

Рисунок 4.23 – Екранна форма інформаційної сторінки експерта для наповнення реєстру ризиків та перевірки на узгодженість [розроблено автором]

Цей крок є обов'язковим, і лише після отримання результату на узгодженість достатнього рівня, експертам доступний перехід на головне вікно експертизи «КО». взаємозв'язок між якими будуть досліджувати. На наступному кроці експерти заповнюють індивідуальну матрицю суміжності, яку детально описано в

підрозділі 3.1 даного дослідження. На рис. 4.24–4.26 показана екранна форма КО експертизи розділена на три частини для кращого відображення деталей.

При заповненні матриці суміжності слід пам'ятати, експерт вказує причинно наслідкові зв'язки через міру впливу один на одного. Якщо значення на перетині двох ризиків більше нуля, то це означає, що якщо стається один ризик, то він посилює другий ризик. Якщо значення менше нуля, то це означає, що при настанні першого ризику вплив другого – послаблюється. Значення дорівнює нулю – коли між ризиками не має зв'язку.



Попередня сторінка

1 Когнітивне налаштування 2 Оцінка

/	Якість контенту	Якість персоналу	Кількість персоналу	Вихідні показники	Коефіцієнт успішності	Недостатній набір	Людський фактор компетенції НПП	Рівень компетенції НПП
Рівень компетентності НПП	0	0	0	-4	0	0	2	0
Забезпечення кількості НПП	0	0	-2	0	-5	0	0	2
Логістика	0	5	0	0	-5	0	2	0
Інфраструктура	0	0	0	0	0	0	3	2

Найбільша кількість підключень: Вихідні показники → 4
 Найменша кількість підключень: - → 0
 Найбільша кількість негативних підключень: Недостатній набір → 3
 Найбільша кількість позитивних підключень: Вихідні показники → 3
 Найбільший вплив на інші фактори: Вихідні показники → 10
 Найменший вплив на інші фактори: Недостатній набір → -9
 DjGeoMin: 4.2255
 DjGeoMout: 4.4337

Рисунок 4.24 – Екранна форма КО експертизи (частина 1) [розроблено автором]

Після введення всіх значень матриці суміжності експерту стають доступні програмно розраховані значення функціональних індексів центральності індивідуальної НКК: D_x^{out} (формула 3.9), D_x^{in} (формула 3.10) та D_x^{cen} (формула 3.11), значення щільності (формула 3.12), індекс складності M (формула 3.13) та індекс ієрархії H_i (формула 3.14). результати виводяться у вигляді таблиці де розраховані D_j^{out} , D_j^{in} та D_j^{cen} для кожного ризику з реєстру для даного освітнього проєкту.

DjGeoMout: 4.4337
DjGeoMinout: 8.6592
Щільність НКК: 5.0000
Складність НКК: 1.1111
Індекс ієрархічності НКК: 6.6681

/	Djin	Djout	Djinout
Якість контенту	4	0	4
Якість персоналу	3	12	15
Кількість персоналу	4	1	5
Вихідні показники	10	-8	2
Коефіцієнт успішності	3	-14	-11
Недостатній набір	-9	0	-9
Людський фактор компетенції НПП	7	13	20
Рівень компетентності НПП	-2	6	4
Забезпечення кількості НПП	-5	-2	-7

Рисунок 4.25 – Екранна форма КО експертизи (частина 2) [розроблено автором]

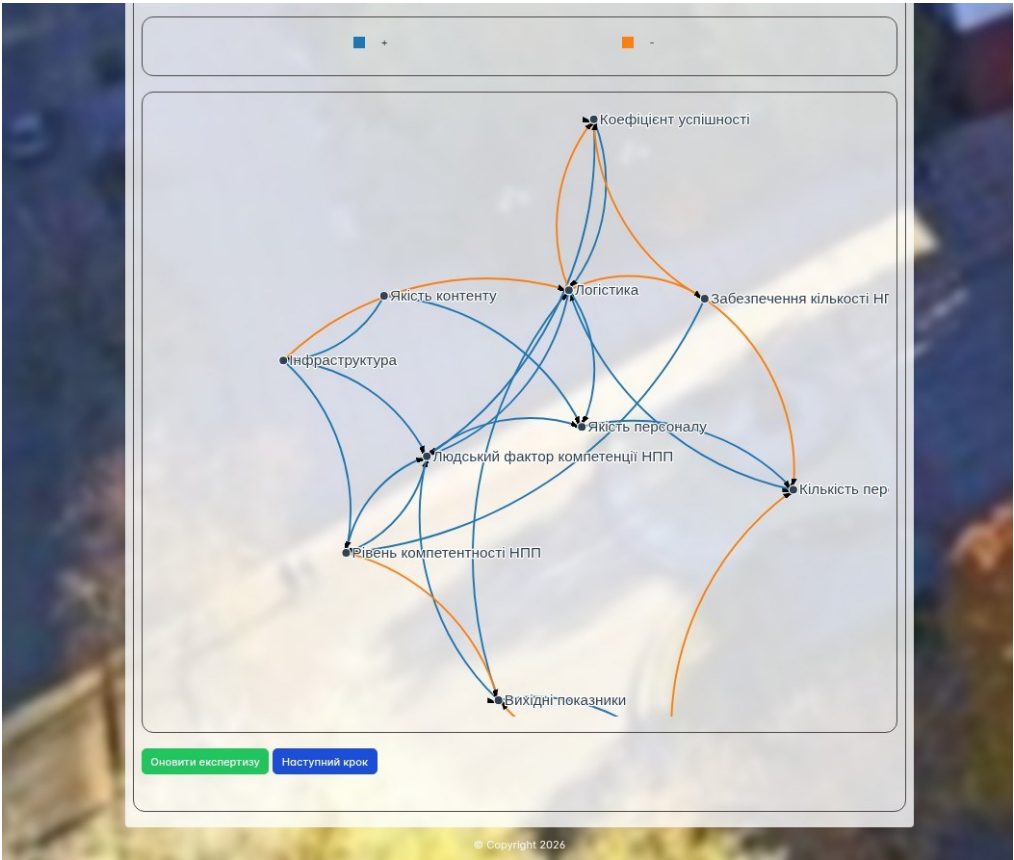


Рисунок 4.26 – Екранна форма КО експертизи (частина 3) [розроблено автором]

Також дані з матриці суміжності взаємовідносин ризиків використовуються для будівництва графа.

Модель та метод когнітивного моделювання викладено у третьому розділі даного дисертаційного дослідження (Додаток ДЗ. Фрагмент коду інтерфейсу

створення КО експертизи - Додаток Д4. Фрагмент коду компонента створення КО експертизи). Експерт може у будь-який момент часу змінити значення експертної оцінки і вони в режимі онлайн відобразяться на графі та розрахунках.

На рис. 4.27–4.29 показано екранну форму інформаційної сторінки вже завершеної експертизи КО, яка розділена на 3 частини для кращого відображення деталей. Власник та експерти можуть ознайомлюватись з результатами проведеної експертизи. На рис. 4.27 представлена матриця суміжності, розрахована на основі

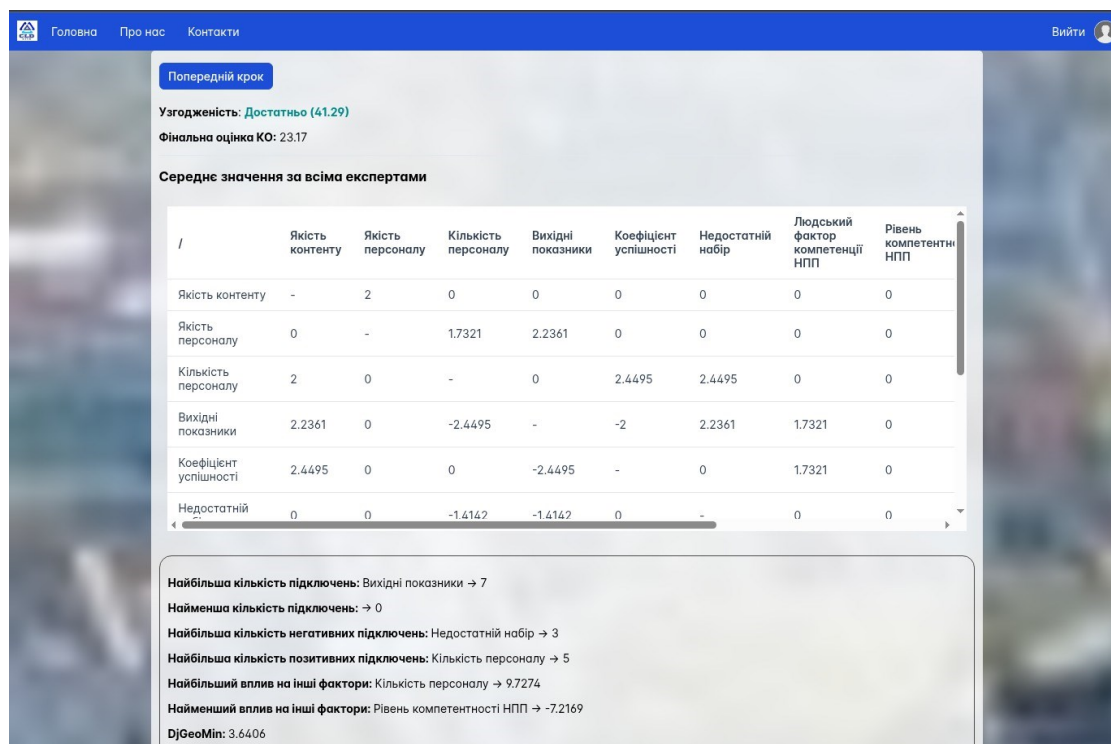


Рисунок 4.27 – Екранна форма КО експертизи (частина 1) [розроблено автором]

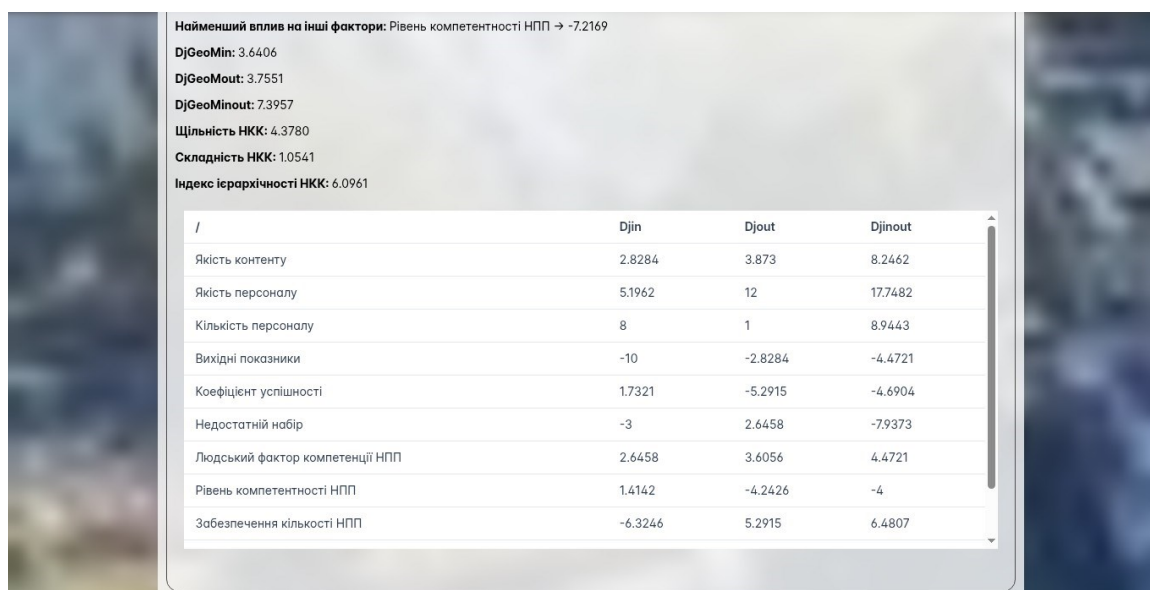


Рисунок 4.28 – Екранна форма КО експертизи (частина 2) [розроблено автором]

експертних оцінок. Відповідно до неї побудовано новий граф та проведені розрахунки індексів центральності фінального НКК.

Порівнявши рис 4.26 та 4.29 можна зробити висновок, що кількість взаємозв'язків збільшилась, а граф став складніший.

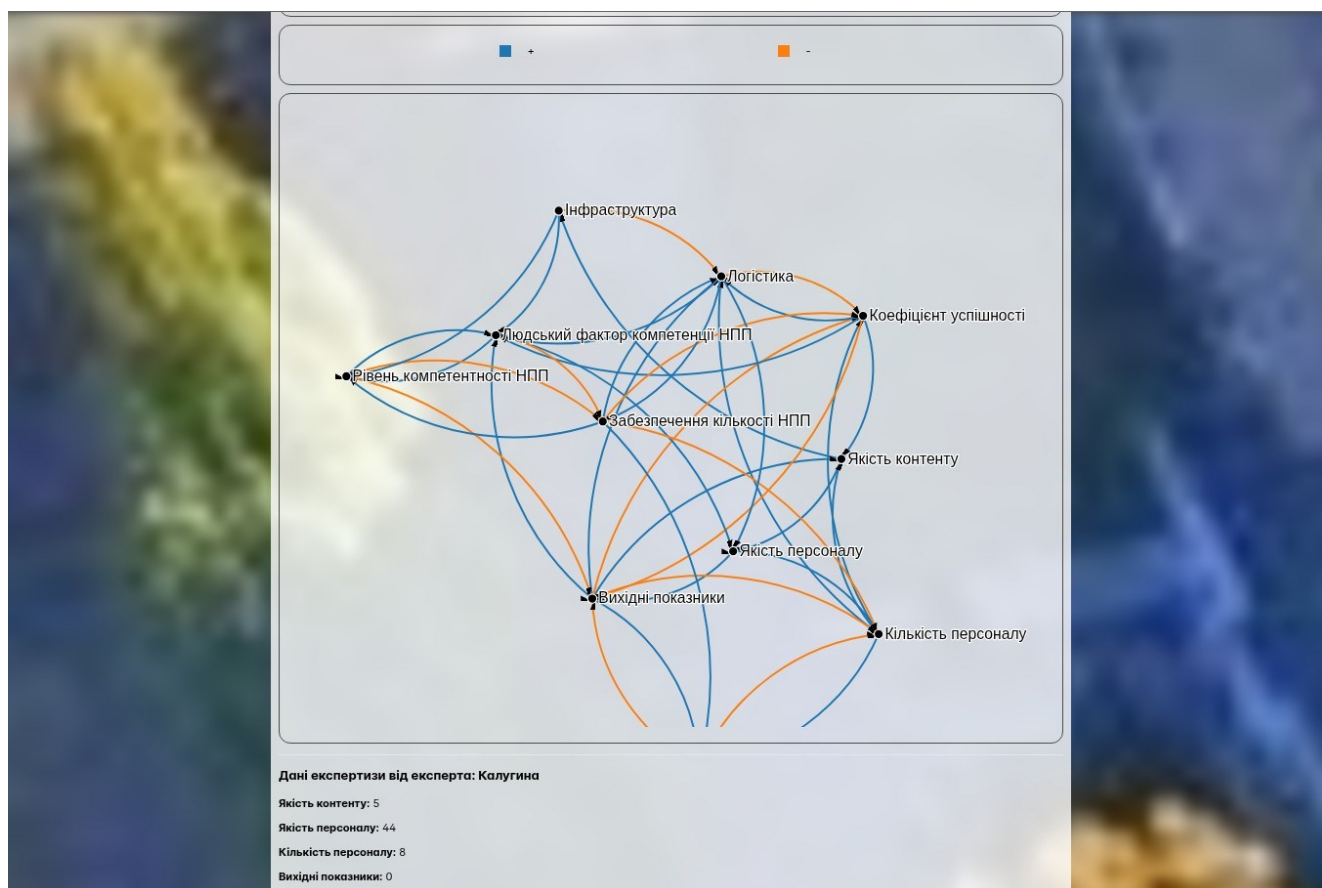


Рисунок 4.29 – Екранна форма КО експертизи (частина 3) [розроблено автором]

Розроблені модулі когнітивної оцінки «КО» та Lean – «CLD» є потужними інструментами для дослідження ризиків. «КО» дає змогу моделювати складні системи зі зворотними зв'язками, що дозволяє експерту побачити повну картину взаємодії між факторами ризику. Також дозволяє проводити сценарне моделювання та динамічний аналіз, змінюючи початкові стани певних факторів. «CLD» враховує не лише класичні, а й операційні та цифрові ризики, їх вплив на освітній проєкт. Існуючий алгоритм, який дозволяє коректно об'єднувати оцінки, побудовані різними експертами, в одну загальну модель, згладжуючи протиріччя та підвищуючи об'єктивність аналізу.

4.3 Засоби розробки програмного продукту

Для розробки програмного продукту застосовували різні інформаційні засоби, серед яких найбільш популярними є:

Angular – це фреймворк від компанії Google для створення просунутих безшовних (односторінкових) веб-додатків – SPA (Single Page Applications) – мовами програмування TypeScript, JavaScript, Dart [8]. У фреймворку відкритий вихідний код. Продукт розповсюджується безкоштовно. Знайти вихідні файли та додаткову інформацію можна в офіційному репозиторії фреймворку на GitHub. Фреймворк назвали на честь кутових дужок, якими обрамляють HTML-теги. Нова версія – Angular 2.x і наступні – написана на TypeScript і несумісна з AngularJS.

До основних будівельних блоків або сервісів фреймворку Angular відносяться: компоненти – це великі частини програми, які не залежать один від одного (стрічка новин, шапка сайту); модулі – це також складові програми, але вони керують компонентами (для компонента область програми, модуль відповідає за керування); форми – це структура, в яку користувач вводить якісь дані, а потім відправляє їх на сервер (більшість програм використовують Angular – form-based); сервіси – схожі на компоненти, але більш вузькоспеціалізовані, можуть визначатися як на рівні модуля, так і на рівні компонента або програми, в них реалізується спеціальна логіка; директиви – це складові програми, які змінюють структуру або поведінку сторінки. Вони потрібні, щоб застосувати дію до всіх екземплярів одного компонента, наприклад, зміна валюти у всіх картках товару.

Серед переваг Angular слід відмітити: широкі можливості (прив'язка компонентів програми один до одного, передача даних, анімування інтерфейсу та ін.); універсальне застосування (фреймворк дозволяє створювати не лише веб-застосунки); детальний style guide – докладна документація містить рекомендації до побудови та розробки додатків, style guide – зручний стиль програмування для новачків. До недоліків Angular відносяться: складність у вивченні (для початку роботи потрібно знати не тільки «чистий» JavaScript, але й TypeScript і AngularJS); відсутність сумісності між старою та новою версіями.

TypeScript – мова програмування, представлена Microsoft і позиціонується як засіб розробки веб-додатків, що розширює можливості JavaScript. Специфікації мови відкриті та опубліковані в рамках угоди Open Web Foundation Specification Agreement (OWFa 1.0) і є сумісними з JavaScript і компілюються в останній. Але відрізняється можливістю явного статичного призначення типів, підтримкою використання повноцінних класів (як у традиційних об'єктно-орієнтованих мовах), а також підтримкою підключення модулів [9, 10], що покликане підвищити швидкість розробки, полегшити читання, полегшити пошук, здійснювати рефакторинг і повторне використання на етапі розробки та компіляції, і, можливо, прискорити виконання програм.

RxJS – це бібліотека для роботи з потоками даних у JavaScript, яка базується на концепції реактивного програмування [11]. Один із головних принципів реактивного програмування полягає в тому, що потік даних вважається послідовністю подій, яка може змінюватися з часом. Оператори в RxJS – це функції, які дозволяють здійснювати різноманітні операції з потоками даних, такі як фільтрування, перетворення, злиття та багато інших. Використання операторів дозволяє зменшити кількість коду та спростити роботу з потоками даних.

Переваги використання операторів в RxJS: зручне та ефективне управління потоками даних; найкраща читабельність коду; підтримка асинхронного програмування; розширення функціональності. Оператори в RxJS можуть розширити функціональність вашого коду та дозволити зробити складні операції простішими; оператори RxJS можуть також допомогти зробити ваш код більш безпечним та масштабним.

HTML5 (англ. HyperText Markup Language, version 5) – мова для структурування і подання вмісту всесвітньої павутини [12]. Це п'ята версія HTML. Мета її розробки – поліпшення рівня підтримки мультимедіа-технологій з одночасним збереженням зворотної сумісності, зручності читання коду для людини і простоти аналізу для парсерів. Одним із завдань HTML5 стало знизити потребу у Flash – за допомогою HTML5 video, SVG та холстів. Як у HTML5 [10], так і в CSS3 [11] додані механізми перевірки сайтів під мобільні пристрої та

сторінкові медіа (електронна книга, друкований документ). Все більше поширюються AJAX і односторінкові сайти, і додано API для управління історією в них.

З'ясувалося, що веб-майстри не надають актуальної та достовірної інформації в DOCTYPE. Підтримка хибних документів уніфікована і в інших місцях.

CSS – це мова опису зовнішнього вигляду документа, тобто вона відповідає за те, як виглядають веб-сторінки: колір фону та декоративних елементів, розмір та стиль шрифтів. Термін розшифровується як Cascading Style Sheets (каскадні таблиці стилів). CSS взаємодіє з іншою мовою розмітки – HTML, яка відповідає за розміщення елементів на сторінці. Використання тегів для форматування тексту в HTML захащує вихідний код, ускладнює його, а значить, ймовірність припуститися в ньому помилки стає вищою. Для того, щоб цього уникнути, створили окрему мову для стильової розмітки CSS. Крім розміру та кольору шрифтів, ця мова розмітки регулює поділ заголовків, підзаголовків та основного тексту, розмір полів та відступів, окремі колірні кадри для виділення тексту, колір основного фону, шапки та підвалу. Методологія CSS – це стандарт написання CSS таким чином, щоб його можна було підтримувати та читати іншим членам команди або стороннім розробникам [13].

Bootstrap почала розроблятися як внутрішня бібліотека компанії Twitter під назвою Twitter Blueprint. [15]. Основними нововведеннями стали 12-колонова сітка та підтримка адаптивності. Тобто з цієї миті фреймворк дозволяє створювати сторінки, які підлаштовуються під ширину екрана. Було здійснено перехід до концепції mobile first, оптимізації насамперед під мобільні пристрої.

Особливості Bootstrap:

- зниження часу на розробку – фреймворк дає готові рішення, які дозволяють створювати макети сайтів швидше. Для швидкого запуску проєктів є безліч прикладів. Для верстки будь-яких прототипів (альбомів, слайдерів, панелі входу тощо) потрібні файли index.html, які знаходяться в кожній папці з прикладами, та відповідний CSS-файл;

- адаптивність та кросбраузерність – сайт коректно відображатиметься в сучасних браузерах та на екранах пристроїв різних розмірів, незалежно від діагоналі;
- легкість у використанні та відкритість – bootstrap дуже простий для освоєння та роботи. Крім того, до фреймворку є безліч уроків та інструкцій. Відкритий вихідний код дозволяє адаптувати Bootstrap під свої потреби;
- зрозумілий код – за допомогою Bootstrap можна писати простий та якісний код, який буде зрозумілий іншим розробникам. Це полегшує роботу у команді;
- єдність стилів – елементи фреймворку гармонійно поєднуються один з одним, що дозволяє створювати сайти та сторінки в єдиному стилі;
- шаблонність – сайти, створені за допомогою Bootstrap, мають однакову навігацію, структуру, кнопки. Щоб вирішити проблему, можна змінювати шаблон в залежності від ідей дизайнерів та побажань замовника;
- відсутність підтримки застарілих версій браузерів – оскільки Bootstrap постійно оновлюється, сайти Bootstrap можуть некоректно відображатися у старих браузерах.

Node.js (Node) – це платформа з відкритим вихідним кодом для роботи з мовою JavaScript, побудована на базі рушія Chrome V8. Вона дозволяє писати серверний код для вебзастосунків і динамічних веб-сторінок, а також програм командного рядка [16]. Платформа розроблена програмістом Райан Дал, працює на движку V8, що транслює JavaScript в машинний код [17, 18]. На Node.js можна писати будь-які комп'ютерні програми. Платформа дозволяє користуватися єдиною мовою JavaScript для написання коду на стороні клієнта (Frontend), і на сервері (Backend). Ці можливості Node.js є важливими для розробки програм реального часу, які базуються на подіях.

Платформу використовують frontend-розробники, backend-розробники та інші. Вона дозволяє написати програму для різних ОС: Linux, OS X і Windows, може використовуватися для створення API. Також Node.js застосовується для розробки крос-платформних програм: наприклад, списку завдань, який повинен

працювати на різних платформах, синхронізувати дані в реальному часі та відправляти на мобільний пристрій. Node.js є основою Internet of Things, чи навіть IoT. Платформа допомагає керувати приладами та створювати сервери, здатні одночасно обробляти велику кількість запитів. Багато великих компаній використовують Node.js. Особливості [16-18]:

- висока швидкість. JavaScript-код, який виконується в середовищі Node.js, може бути в кілька разів швидше, ніж написаний мовами, наприклад Ruby або Python. У Node.js використовується модель асинхронного програмування. Модель дозволяє продовжити обробку інших завдань, не чекаючи завершення передачі. Коли потрібно виконати операцію введення-виведення на кшталт доступу до файлової системи або бази даних, Node.js не блокує головний потік очікуванням результатів. Платформа ініціює її виконання та продовжує виконувати інші завдання, доки результати попередньої операції не будуть отримані;

- універсальність та гнучкість. У Node.js виконується код написаний на JavaScript;

- велика кількість модулів і бібліотек;

- робота на движку Chrome V8. Node.js працює на JavaScript-движку V8 від Google. V8 – движок JavaScript з відкритим вихідним кодом, що розповсюджується за ліцензією BSD. Він застосовується у браузерях на основі Chromium. Це означає, що в Node.js використано напрацювання тисяч інженерів. Двигун написаний C++, має відкритий вихідний код і просунуті бібліотеки.

Electron JS [19] – Express.js, або просто Express, — це фреймворк вебзастосунків для створення RESTful API за допомогою Node.js, випущений як безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом за ліцензією MIT. Він розроблений для створення вебзастосунків та API. Його називають фактичним стандартним серверним фреймворком для Node.js.

Express — це бекенд-компонент популярних стеків розробки, таких як стек MEAN, MERN або MEVN, разом із програмним забезпеченням бази даних MongoDB та фронтенд-фреймворком або бібліотекою JavaScript.

NestJS, або просто Nest, [20] — це серверний веб-фреймворк на базі Node.js, випущений як безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом за ліцензією MIT.

NestJS пропонує кілька функцій для обробки запитів та відповідей. Проміжне програмне забезпечення базується на Express та виконується перед обробником маршрутів. Захисні елементи використовуються для контролю доступу до маршрутів, визначаючи, чи відповідає запит певним умовам. Перехоплювачі дозволяють виконувати додаткову логіку до або після виконання методу. Перехоплювач повинен реалізувати метод перехоплення `NestInterceptor`.

NestJS використовується Sanofi, Adidas, Autodesk, Mercedes-Benz, GitLab, Red Hat, BMW, Roche, IBM, Decathlon, Société Générale, JetBrains, TotalEnergies, Capgemini, REWE digital та іншими.

MongoDB [21] — це кросплатформна програма для роботи з базами даних, доступна з вихідним кодом, орієнтована на документи. Класифікована як NoSQL-продукт баз даних, MongoDB використовує JSON-подібні документи з додатковими схемами. Підтримує такі функції, як шардування, реплікація та транзакції ACID (введені у версії 4.0). MongoDB Atlas, її керований хмарний сервіс, працює на AWS, Google Cloud Platform та Microsoft Azure. Поточні версії ліцензовані за Server Side Public License (SSPL). MongoDB є членом MACH Alliance.

4.4 Тестування

Для перевірки стану додатка використовується кілька основних видів тестування [22]:

1. Unit - модульне тестування, іноді блочне тестування або юніт-тестування (англ. unit testing) — процес програмування, що дозволяє перевірити на коректність окремі модулі вихідного коду програми, набори з одного або більше програмних модулів разом з відповідними керуючими даними, процедурами використання та обробки. Ідея полягає в тому, щоб написати тести для кожної нетривіальної функції або методу. Це дозволяє досить швидко перевірити, не

привело чи чергове змінення коду до регресії, то є до виявлення помилок у вже перевірених місцях програм, а також облегчає виявлення та усунення таких помилок. Наприклад, оновити використовувану в проєкті бібліотеку до актуальної версії можна в будь-який момент, прогнавши тести та виявивши несумісність.

2. End-2-End – це форма тестування, яка перевіряє працездатність програмного продукту від початку до кінця, створює реальні сценарії використання та перевіряє взаємодію між різними компонентами системи. На відміну від інших видів тестування, які можуть фокусуватися на окремих компонентах або функціях, наскрізне тестування перевіряє взаємодію та узгодженість між усіма компонентами системи. Основна ціль наскрізного тестування – переконатися, що система працює коректно в реальних умовах і функціональність системи інтегрована правильно.

3. Навантажувальне тестування – це один із тестів продуктивності, який проводиться при створенні додатка. Він отримує доступ до виробничих додатків, коли кілька користувачів намагаються його використовувати, імітуючи цю умову. Це важливо на етапах розробки внутрішньої або зовнішньої системи, оскільки дає представлення про їх продуктивність в умовах високого трафіку. Навантажувальне тестування надає інформацію про існуючі проблеми та дозволяє їх покращити. Щоб отримати максимальну віддачу від навантажувального тестування, під час виконання тесту у вас повинен бути інтенсивний і надійний трафік. Навантажувальне тестування проводиться за допомогою генераторів навантаження. Вони генерують трафік і навантажують систему, щоб можна було протестувати її масштабність і продуктивність. Генератор навантажень пересилає запити в систему і отримує відповідь. Вимірюється час відклику і на основі цих даних збирається інформація. Потім ця інформація використовується для оцінки якості системи в цілому та її якості під навантаженням. Завдяки цьому необхідні корекції будуть очевидні і зафіксовані.

У таблиці 4.1 представлені приклади деяких проведених тестів, їх опис, очікувані результати та результати самих.

Таблиця 4.1 – Приклади деяких сценаріїв проведених тестів [розроблено автором]

Опис тесту	Очікуваний результат	Результат тестування
Покриття юніт-тестами	Має бути в діапазоні від 60 до 90%	Покриття $\pm 75\%$
<p>E2E сценарій 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Початок тесту – завантаження сторінки. 2. Знайти елемент переходу на сторінку реєстрації та натиснути на нього. 3. Перевірка наявності елемента заголовка “Реєстрація власника”. 4. Введення тестових даних користувача та натиснути реєстрацію. 5. Перевірка надсилання запиту на реєстрацію. 6. Надсилання фейкової відповіді помилки. 7. Перевірка відображення помилки на сторінці. 8. Закінчення тесту. 	<p>8 кроків 3/3 перевірок пройдено Тест завершено без помилок</p>	<p>8 кроків 3/3 перевірок пройдено Тест завершено без помилок</p>
<p>E2E сценарій 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Початок тесту – завантаження сторінки. 2. Знайти елемент переходу на сторінку реєстрації та натиснути на нього. 3. Перевірка наявності елемента заголовка “Реєстрація власника”. 4. Введення тестових даних користувача та натиснути реєстрацію. 5. Перевірка надсилання запиту на реєстрацію. 6. Надсилання заготовленої успішної відповіді. 7. Перевірка збереження даних сесії. 8. Перевірка переходу на домашню сторінку. 9. Перевірка відображення тексту порожніх проєктів. 10. Знайти та натиснути кнопку переходу на сторінку контактів. 11. Перевірка відображення форми повідомлення. 12. Знайти та натиснути кнопку логіну. 13. Перевірка переходу на сторінку логіну. 14. Перевірка очищення даних сесії. <p>Закінчення тесту.</p>	<p>15 кроків 9/9 перевірок пройдено Тест завершено без помилок</p>	<p>15 кроків 9/9 перевірок пройдено Тест завершено без помилок</p>
<p>E2E сценарій 3:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Початок тесту – завантаження сторінки. 2. Введення даних користувача для логіну. 3. Знайти та натиснути кнопку підтвердження. 4. Перевірка переходу на домашню сторінку. 5. Знайти та натиснути кнопку створення проєкту. 6. Перевірка відображення модального вікна створення проєкту. 	<p>32 кроки 17/17 перевірок пройдено Тест завершено без помилок</p>	<p>32 кроки 17/17 перевірок пройдено Тест завершено без помилок</p>

Продовження таблиці 4.1

<p>7. Заповнення тестових даних для першого проєкту. 8. Знайти та натиснути кнопку підтвердження. 9. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 10. Надсилання тестових даних. 11. Перевірка появи елемента проєкту. 12. Знайти та натиснути на елемент картки проєкту. 13. Перевірка відображення модального вікна інформації про проєкт. 14. Перевірка відображення у модальному вікні інформації про проєкт у порівнянні з введеними тестовими даними. 15. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 16. Надсилання тестових даних. 17. Перевірка появи елемента проєкту. 18. Перевірка кількість елементів проєктів. 19. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 20. Надсилання тестових даних. 21. Перевірка появи елемента проєкту. 22. Перевірка кількість елементів проєктів. 23. Знайти та натиснути на другому проєкті кнопку видалення. 24. Перевірка надсилання запиту на видалення проєкту. 25. Перевірка кількість елементів проєктів. 26. Знайти та натиснути на першому проєкті кнопку оновлення. 27. Заміна тестових даних. 28. Перевірка надсилання запиту на оновлення проєкту. 29. Перевірка кількість елементів проєктів. 30. Знайти та натиснути на елемент картки першого проєкту. 31. Перевірка відображення у модальному вікні інформації про проєкт у порівнянні з нововведеними тестовими даними. Закінчення тесту.</p>		
<p>E2E сценарій 4: 1. Початок тесту – завантаження сторінки. 2. Введення даних користувача для логіну. 3. Знайти та натиснути кнопку підтвердження. 4. Перевірка переходу на домашню сторінку. 5. Знайти та натиснути кнопку створення проєкту. 6. Перевірка відображення модального вікна створення проєкту. 7. Заповнення тестових даних для першого проєкту. 8. Знайти та натиснути кнопку підтвердження. 9. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту.</p>	<p>65 кроків 32/32 перевірок пройдено Тест завершено без помилко</p>	<p>65 кроків 32/32 перевірок пройдено Тест завершено без помилко</p>

Продовження табл. 4.1

10. Надсилання тестових даних. 11. Перевірка появи елемента проєкту. 12. Знайти та натиснути на елемент картки проєкту. 13. Перевірка відображення модального вікна інформації про проєкт. 14. Перевірка відображення у модальному вікні інформації про проєкт у порівнянні з введеними тестовими даними. 15. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 16. Надсилання тестових даних. 17. Перевірка появи елемента проєкту. 18. Перевірка кількість елементів проєктів. 19. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 20. Надсилання тестових даних. 21. Перевірка появи елемента проєкту. 22. Перевірка кількість елементів проєктів. 23. Знайти кнопку Ризики 24. Перевірка переходу на сторінку експертиз. 25. Знайти та вибрати 2 експертів 26. Знайти та вибрати КО 27. Натиснути на кнопку додавання експертизи 28. Перевірка появи елемента експертизи 29. Знайти та натиснути на кнопку логoutu 30. Залогінітися користувачам експерта 31. Знайти та натиснути кнопку Ризики 32. Перевірити перехід на сторінку експертизи 33. Перевірити наявність експертизи 34. Знайти та натиснути кнопку Схвалення 35. Перевірка переходу на сторінку узгодженості 36. Додати 9 ризиків зі списку 37. Перевірити кількість ризиків 38. Видалити 3 перші ризики 39. Знайти поле та заповнити даними 40. Натиснути кнопку додавання ризику 41. Перевірити кількість ризиків 42. Введення даних для кожного ризику 43. Натиснути кнопку узгодженості 44. Перевірка надсилання даних 45. Перевірка наявності полі узгодженості 46. Знайти та натиснути на кнопку повернення 47. Перевірка появи кнопки КО для експертизи 48. Натиснути на кнопку КО 49. Перевірка переходу на сторінку КО оцінки 50. Заповнити таблицю даних відносин 51. Перевірка наявності графа на сторінці		
--	--	--

Продовження табл. 4.1

52. Перевірка додаткової таблиці та перших полів 53. Перевірка наявності поля Складності 54. Перевірка поля Щільності 55. Перевірка наявності поля Ієрархії 56. Натиснути кнопку оновлення даних 57. Перевірка надсилання даних на сервер 58. Перейти на другий крок 59. Заповнити поля ризиків 60. Заповнити поля рекомендації 61. Перевірка фінальної оцінки КО 62. Повернення на сторінку експертиз 63. Знайти та натиснути на саму експертизу 64. Перевірка додаткового відображення загальної моделі для всіх експертів Закінчення тесту.		
Е2Е сценарій 5: 1. Початок тесту – завантаження сторінки. 2. Введення даних користувача для логіну. 3. Знайти та натиснути кнопку підтвердження. 4. Перевірка переходу на домашню сторінку. 5. Знайти та натиснути кнопку створення проєкту. 6. Перевірка відображення модального вікна створення проєкту. 7. Заповнення тестових даних для першого проєкту. 8. Знайти та натиснути кнопку підтвердження. 9. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 10. Надсилання тестових даних. 11. Перевірка появи елемента проєкту. 12. Знайти та натиснути на елемент картки проєкту. 13. Перевірка відображення модального вікна інформації про проєкт. 14. Перевірка відображення у модальному вікні інформації про проєкт у порівнянні з введеними тестовими даними. 15. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 16. Надсилання тестових даних. 17. Перевірка появи елемента проєкту. 18. Перевірка кількість елементів проєктів. 19. Перевірка надсилання запиту на створення проєкту. 20. Надсилання тестових даних. 21. Перевірка появи елемента проєкту. 22. Перевірка кількість елементів проєктів. 23. Знайти кнопку Ризики 24. Перевірка переходу на сторінку експертиз. 25. Знайти та вибрати 2 експертів 26. Знайти та вибрати КО 27. Натиснути на кнопку додавання експертизи	65 кроків 29/29 перевірок пройдено Тест завершено без помилко	65 кроків 29/29 перевірок пройдено Тест завершено без помилко

Продовження таблиці 4.1

28. Перевірка появи елемента експертизи 29. Знайти та натиснути на кнопку логауту 30. Залогінітися користувачам експерта 31. Знайти та натиснути кнопку Ризики 32. Перевірити перехід на сторінку експертизи 33. Перевірити наявність експертизи 34. Знайти та натиснути кнопку Схвалення 35. Перевірка переходу на сторінку узгодженості 36. Додати 12 ризиків зі списку 37. Перевірити кількість ризиків 38. Видалити 3 перші ризики 39. Знайти поле та заповнити даними 40. Натиснути кнопку додавання ризику 41. Перевірити кількість ризиків 42. Введення даних для кожного ризику 43. Натиснути кнопку узгодженості 44. Перевірка надсилання даних 45. Перевірка наявності полі узгодженості 46. Знайти та натиснути на кнопку повернення 47. Перевірка появи кнопки CLD для експертизи 48. Перевірка появи кнопки CLD для головного експерта 49. Перевірка переходу на сторінку основних параметрів 50. Заповнення даних 51. Знайти та натиснути кнопку оновлення експертизи 52. Повернення на сторінку експертизи 53. Перевірка переходу на сторінку CLD оцінки 54. рекомендації 55. Знайти та натиснути кнопку CLD 56. Заповнити поле рекомендацій 57. Заповнити дані для кожного ризику 58. Натиснути кнопку відправлення змін 59. Перевірка надсилання даних на сервер 60. Перевірка заповнення таблиці 61. Перевірка наявності поля керованості у таблиці 62. Повернення на сторінку експертиз 63. Знайти та натиснути на саму експертизу 64. Перевірка додаткового відображення загальної таблиці всім експертів. 65. Закінчення тесту.		
Тестування навантаження сценарій 1 (Проекти). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 1. Час: 3 хвилин.	10000/10000 < 3 хв.	10000/10000 0.98 хв.
Тестування навантаження сценарій 2 (Проекти). Кількість: 1000000 рядків. Користувачів: 1.	1000000 /1000000 < 3 хв.	834959/1000000 7.76 хв. #0045A5 error

Продовження таблиці 4.1

Час: 3 хвилини.		Test time error
Тестування навантаження сценарій 3 (Проекти). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 10 одночасно. Час: 5 хвилини	100000/100000 < 5 хв.	100000/100000 2.23 хв.
Тестування навантаження сценарій 4 (Проекти). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 100 користувачів одночасно. Час: 10 хвилини.	1000000/1000000 < 10 хв.	600623/1000000 16.96 хв. #0048A5 error Test time error
Навантажувальне тестування сценарій 5 (Проекти). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 100 користувачів діапазон 30 секунд. Час: 5 хвилини.	1000000/1000000 < 5 хв.	1000000/1000000 2.96 хв.
Тестування навантаження сценарій 6 (Проекти + Експертиза). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 1. Час: 3 хвилини.	10000/10000 < 3 хв.	10000/10000 1.58 хв.
Тестування навантаження сценарій 7 (Проекти + Експертиза). Кількість: 1000000 рядків. Користувачів: 1. Час: 10 хвилини.	1000000 /1000000 < 10 хв.	1000000/1000000 7.76 хв.
Тестування навантаження сценарій 8 (Проекти + Експертиза). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 10 одночасно. Час: 5 хвилини	100000/100000 < 5 хв.	100000/100000 4.56 хв.
Тестування навантаження сценарій 9 (Проекти + Експертиза). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 100 користувачів одночасно. Час: 10 хвилини.	1000000/1000000 < 10 хв.	376605/1000000 14.23 хв. #0048A5 error Test time error
Навантажувальне тестування сценарій 10 (Проекти + Експертиза). Кількість: 10000 рядків. Користувачів: 100 користувачів діапазон 30 секунд. Час: 10 хвилини.	1000000/1000000 < 10 хв.	1000000/1000000 9.96 хв.

Відповідно до цієї таблиці ми можемо зазначити, що основні компоненти покривають внутрішнє тестування, що зменшує імовірність виникнення нових помилок при подальшій¹ розробці нових модулів. Тестування² перевіряє основні сценарії взаємодії користувача та системи, що дозволяє переконатися в правильній роботі системи. Навантажувальне тестування показує можливі межі роботи нашої системи, її обмеження та правила використання. Для цього прототипу існують обмеження в 1 мільйон записів одночасно, а також в 100 користувачів на ітерацію. Однак якщо розділити цих користувачів через кожні 30 секунд, система працює справно.

4.5 Технічні проблеми та майбутні плани розробки

Розробка продукту супроводжується виникнення помилок через різні чинники. Причини варіюються, починаючи від похибок у роботі системи та закінчуючи людським фактором. Такі помилки прийнято оформляти у особливу документацію технічної проблеми. Це зворот промови програмної інженерії, що означає проблеми у програмному коді чи архітектурі. Вони часто непомітні для кінцевих споживачів, проте нерідко можуть перерости в критичні помилки, якщо тривалий час відкладати їхнє рішення, що може вилитися в години переробок, затримку продукту, а також додаткові фінансові витрати.

Технічні проблеми поточного проєкту містить:

- зміна дизайну програми;
- оптимізація компонентів програми [23];
- оптимізація алгоритмів ризиків.

Плани щодо майбутньої зміни функціоналу:

- додати нові елементи до створення проєктів [24];
- вивести систему на загальне використання (можливе поєднання з іншими системами подібної тематики);
- генерація результату у вигляді pdf [25, 26].

4.6. Висновки за четвертим розділом

За результатами практичної реалізації розроблених моделей та методів інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації можна зробити наступні висновки:

1. Відповідно до розроблених моделей та методів інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації, запропоновано проєкт, у якому були випробувані результати дисертаційного дослідження. Результатом цього проєкту є створення інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації.

2. Визначено, на яких платформах працюватиме майбутній продукт, вимоги до інтерфейсу та виявлено, які інструменти будуть використовуватися під час розробки для досягнення запланованих результатів. Спроектовано архітектуру вебзастосунку та бази даних, яка визначає майбутній успіх програмного продукту, що впливає на всі аспекти розробки, від якості до продуктивності та базу даних.

3. Описано процес практичної реалізації проєкту створення інформаційної технології управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації, який досяг 93% і знаходиться на етапі створення прототипу, що має весь запланований функціонал та попередній варіант дизайну.

4. В представлених результатах розробки інформаційної технології, описано основні функціональні вимоги до web-додатку, пріоритети розробки яких визначено на першому етапі, а також окреслені додаткові функції, які покращують зручність та привабливість продукту для користувачів. Для ефективного та раціонального використання web-додатку, продемонстровано застосування його модулів.

Результати досліджень четвертого розділу опубліковані у таких роботах [4-7].

Список використаних джерел за четвертим розділом

1. Makoiedova V. Аналіз принципів побудови та підходів до визначення поняття «інформаційна технологія». *Кибербезпека: освіта, наука, техніка*. 2022. № 2 (18). С. 138–149. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.18.138149> (дата звернення: 25.01.2025).
2. Atomic Design for Developers: Better Component Composition and Organization. URL: <https://benjaminwfox.com/blog/tech/atomic-design-for-developers> (дата звернення: 25. 01.2025).
3. The 2026 Guide to Data Management URL: <https://www.ibm.com/think/topics/data-management-guide> (дата звернення: 25.01.2025).
4. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Меленчук В. М. Концептуальна модель Lean управління проектами у ВЗО. *Управління проектами у розвитку суспільства* : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 2023 р.). Київ : КНУБА, 2023. С. 217–222. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4632/1/Тези%20Київ-2023.pdf>.
5. Семко І. Б., Грабіна К. В., Мокієнко Ю. М. Інноваційна модель керівництва університетом – LEAN-ЗВО. *Project, Program, Portfolio Management. РЗМ-2022* : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Одеса, 2–3 груд. 2022 р.). Одеса : ІШІР, 2022. С. 73–77. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4631/1/Одеса%202022-23.pdf>.
6. Семко І., Мокієнко Ю. М., Харута В. Математична модель LEAN управління освітніми проектами у закладах вищої освіти. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проектами та програмами* : зб. праць Міжнар. наук.-практ. конф. (Коблево, 12–15 верес. 2023 р.). Харків : ХНУРЕ, 2023. С. 186–191. URL: <https://mmp-conf.org/documents/archive/proceedings2023.pdf>.
7. Carlsson A., Mokiienko I., Semko I., Mylnichenko S., Haidaienko O. Application of Cognitive Modeling for Qualitative Analysis of Educational Projects' Risks in Higher Education Institutions. *Information Technology for Education, Science*

and Technics : International Scientific-Practical Conference. Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. P. 370–384. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71804-5_25.

8. Офіційний сайт Angular. URL: <https://angular.dev/overview> (дата звернення: 25.01.2025).

9. Офіційний сайт TypeScript. URL: <https://www.typescriptlang.org/> (дата звернення: 02.02.2025).

10. JavaScript: Adding interactivity. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn_web_development/Getting_started/Your_first_website/Adding_interactivity (дата звернення: 02.02.2025).

11. Офіційний сайт RxJs. URL: <https://rxjs.dev/> (дата звернення: 02.02.2025).

12. HTML5. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/HTML5> (дата звернення: 02.02.2025).

13. CSS/CSS3. URL: <https://devdoc.net/web/developer.mozilla.org/en-US/docs/CSS/CSS3.html> (дата звернення: 25.02.2025).

14. Офіційний сайт Observable. URL: <https://observablehq.com/> (дата звернення: 25.02.2025).

15. Офіційний сайт Bootstrap. URL: <https://getbootstrap.com/docs/5.3/getting-started/introduction/> (дата звернення: 25.02.2025).

16. Офіційний сайт Node.js Releases. URL: <https://nodejs.org/en/about/previous-releases> (дата звернення: 03.03.2025).

17. Optimize Node.js Application Performance Effortlessly. URL: <https://medium.com/@romulo.gatto/optimize-node-js-application-performance-effortlessly-d8ebbcfc41fb> (дата звернення: 03.03.2025).

18. Optimizing Your Node.js Project: Best Practices for Performance and Efficiency. URL: <https://dev.to/victor1890/optimizing-your-nodejs-project-best-practices-for-performance-and-efficiency-1ah0> (дата звернення: 23.03.2025).

19. Офіційний сайт Express. URL: <https://expressjs.com/> (дата звернення: 23.03.2025).

20. Офіційний сайт NestJS. URL: <https://docs.nestjs.com/> (дата звернення: 23.03.2025).

28.03.2025).

21. Офіційний сайт MongoDB. URL: <https://www.mongodb.com/> (дата звернення: 28.03.2025).

22. Автоматизоване тестування. URL: <https://qalight.ua/baza-znaniy/avtomatizovane-testuvannya/> (дата звернення: 25.04.2025).

23. Web Application Architecture: The Latest Guide 2024. URL: <https://peiko.space/blog/article/web-application-architecture> (дата звернення: 25.08.2025).

24. Офіційний сайт Design Patterns. URL: <https://refactoring.guru/design-patterns/typescript> (дата звернення: 25.08.2025).

25. Complete guide to PDF.js: The leading JavaScript library for PDF rendering. URL: <https://www.nutrient.io/blog/complete-guide-to-pdfjs/> (дата звернення: 25.10.2025).

26. PDFKit. URL: <https://pdfkit.org/> (дата звернення: 25.10.2025).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі запропоновано вирішення актуального науково-прикладного завдання, що полягає розробці нових та вдосконаленні існуючих моделей, методів та інформаційної технології управління ризиками освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації ЗВО, з метою оптимізації процесів управління освітніми проєктами.

За результатами проведеного наукового дослідження зроблено наступні висновки:

1. Проведено аналіз наукових досліджень, практичних результатів, моделей, методів та інформаційних технологій управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації. Встановлено, що більшість традиційних моделей не враховують особливостей цифрової трансформації, тому окремим завданням є ідентифікацію та аналіз ризиків в сучасних реаліях.

2. Побудовано концептуальну модель Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації, що забезпечує можливість врахування трьох груп ризиків. Отримана трикомпонентна модель наглядно демонструє багатогранність ризиків освітніх проєктів та передбачає аналіз класичних, операційних та цифрових ризиків.

3. Розроблено математичну модель Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. Дана модель дозволяє отримати інтегральну оцінку ризиків проєкту за рахунок консолідації класичного ризик-менеджменту, підходів ощадливого виробництва та особливостей цифрової трансформації.

4. Розроблено метод Lean управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації, який дозволяє дослідити класичні ризики, операційні Lean-ризики, забезпечити стійкість цифрової екосистеми ЗВО, що покращить успішність реалізації проєкту.

5. Удосконалено когнітивну модель оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. Отримана модель дозволяє визначити

найвагоміші загрози та полегшує сприйняття графічної інтерпретацію причинно-наслідкових зв'язків, що призводять до ризикових подій та можливості визначення стратегій по їх уникненню.

6. Удосконалено й доповнено метод когнітивного управління ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. Розроблені інструменти спрощують сценарне моделювання можливих ризиків і шляхи їх запобігання.

7. Створено інформаційну технологію управління освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації. Представлена технологія реалізована у вебзастосунку, який інтегрує моделі управління ризиками освітніх проєктів, забезпечуючи їх гнучкість та адаптивність.

8. Впроваджено розроблений вебзастосунок та методи освітню діяльність закладів вищої освіти. Перевірка ефективності довела доцільність їхнього застосування, що підтвердило позитивний вплив на виявлення проблемних питань в управлінні ризиками освітніх проєктів ЗВО в умовах цифрової трансформації.

Практична цінність розроблених моделей, методів та програмного засобу полягає практичному виявленні проблем з оптимізації планування часу та розподілу ресурсів у освітніх проєктах ЗВО, також отриманні експертних рекомендацій усунення недоліків управління, для зростання продуктивності роботи підрозділів, ефективного координування освітніх процесів, уникання перевантажень співробітників та адаптування до змін. В результаті дає позитивний ефект у вигляді економії часу реалізації проєктів на 4-6% у порівнянні з подібними проєктами, виконаними без її застосування.

Подальші перспективи наукового дослідження доцільно спрямувати на:

- розробку механізмів і технологій адаптації для розроблених моделей на основі попередніх результатів експертиз проєктів, що реалізуються в т.ч. за допомогою використання штучного інтелекту;

- автоматизацію процесу оцінювання ризику освітнього проєкту за результатами внутрішнього моніторингу якості освітніх процесів.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Акти впровадження результатів роботи



028464

УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

17.03.2026 № 134/01-08

на №

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з навчальної роботи
та міжнародних зв'язків
Національного транспортного
університету

Віталій ХАРУТА

« 17 » березня 2026 р.

АКТ

використання результатів дисертаційної роботи

Мокієнко Юлії Миколаївни

«Інформаційна технологія управління освітніми проєктами в умовах
цифрової трансформації»

Даний акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Мокієнко Ю.М., а саме моделі та методи LEAN та когнітивного управління ризиками освітніх проєктів та розроблена на їх основі інформаційна технологія управління освітніми проєктами, були впроваджені в процесі підготовки до 2025-2026 н.р. під час реалізації проєкту формування річного навантаження кафедри «Інформаційно-аналітична діяльність та інформаційна безпека» Національного транспортного університету.

Впровадження науково-практичного інструментарію, розробленого Мокієнко Ю.М., дозволило:

- зменшити час планування ключових параметрів проєкту, таких як якість і час, на 10% завдяки застосуванню когнітивної та концептуальної моделей Lean управління ризиками освітніх проєктів;
- знизити втрати часу на виконання задач проєкту, які не створювали цінності для проєкту, але призводили до зайвого навантаження, очікування та обробки документів, приблизно на 3-5%.

Результати впровадження показали, що використання запропонованих Мокієнко Ю.М. моделей, методів та інформаційної технології дозволило підвищити ефективність управління освітніми проєктами НТУ, що призвело до зростання успішності проєкту університету на 5-7% у порівнянні з аналогічними проєктами для інших кафедр без застосування запропонованих підходів. Це свідчить про практичну значущість дослідження та доцільність його подальшого застосування у сфері вищої освіти.

Завідувач кафедри

інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки,

доктор технічних наук, професор

Аль-Амморі Алі Нурддинович



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор

з науково-педагогічної роботи

Центральноукраїнського національного
технічного університету

Андрій КИРИЧЕНКО

«16» 06 2026 р.

АКТ

використання результатів дисертаційної роботи Мокієнко Юлії Миколаївни «Інформаційна технологія управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації»

Даний акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Мокієнко Ю.М., а саме моделі, методи та інформаційна технологія управління освітніми проєктами була впроваджена для управління ризиками в процесі реалізації наступних освітніх проєктів Центральноукраїнського національного технічного університету (м. Кропивницький):

- проєкт автоматизації формування штатного розпису та автоматизованого розрахунку штатної чисельності науково-педагогічних працівників на основі динамічного моніторингу аудиторних годин;

- проєкт формування міжфакультетських та міжспеціальнісних потоків з одночасною оптимізацією їх структури, який забезпечує автоматичне групування студентів за вибірковими освітніми компонентами, мінімізуючи надлишковість кадрових та інфраструктурних витрат.

Впровадження науково-практичного інструментарію, розробленого Мокієнко Ю.М., дозволило:

- скоротити тривалість проєкту автоматизованого формування штатного розпису та розподілу навантаження на 5-7% порівняно з попередніми подібними проєктами, що реалізовувались в ручному режимі;

- оптимізувати використання людського капіталу, а також мінімізувати кількість кадрових ризиків, викликаних людським фактором, в обох проєктах за рахунок когнітивного моделювання ризиків освітніх проєктів у впровадженій інформаційній системі.

Результати дисертаційної роботи Мокієнко Ю.М., а саме запропоновані когнітивні та концептуальні моделі Lean управління освітніми ризиками, відповідають стратегії цифрової трансформації Центральноукраїнського національного технічного університету та рекомендовані до подальшого використання як базовий інструментарій управління освітніми проєктами.

Керівник навчального відділу
к.т.н., доцент

Олена ГОЛИК

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор

Черкаського державного
технологічного університету

Олег ГРИГОР

2026 р.

АКТ

використання результатів дисертаційної роботи

Мокієнко Юлії Миколаївни

«Інформаційна технологія управління освітніми проєктами
в умовах цифрової трансформації»

Даний акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Мокієнко Ю.М., а саме моделі, методи та інформаційна технологія управління освітніми проєктами, була використана в процесі підготовки до 2025-2026 навчального року для освітнього проєкту проведення внутрішнього акредитаційного моніторингу кафедри промислового та цивільного будівництва Черкаського державного технологічного університету. Впровадження науково-практичного інструментарію, розробленого Мокієнко Ю.М., дозволило:

- досягнути раціоналізації використання часових та трудових ресурсів проєкту завдяки частковому усуненню неціннісних процесів (зокрема, надмірного документообігу та операційного перенавантаження), що забезпечило суттєву мінімізацію непродуктивних втрат в освітньому проєкті;
- покращити деякі параметри освітнього проєкту (строк реалізації та критерії якості) шляхом імплементації когнітивної та концептуальної моделей Lean управління освітніми ризиками.

Результати впровадження показали, що використання запропонованих методів, моделей та цифрових інструментів дозволило підвищити успішність виконання освітнього проєкту університету на 4-6% у порівнянні з аналогічними проєктами для інших кафедр без застосування запропонованих підходів. Це свідчить про практичну значущість дослідження та доцільність його подальшого застосування у сфері вищої освіти.

В.о. начальника
навчально-методичного відділу
к.с.н., доцент

Сергій МИЛЬНИЧЕНКО

ДОДАТОК Б

Список опублікованих праць за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Аналіз ризиків освітніх проєктів в умовах діджиталізації. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. Вип. 48. С. 39–46. (0,75 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.39-46>. URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/259374>. ISSN 2219-5300. *Фахове видання категорії Б* (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу та класифікації ризиків освітніх проєктів в умовах діджиталізації та становить 0,5 друк. арк.

2. Морозова Г. С., Мокієнко Ю. М. Сучасні моделі і методи управління проєктами у вищих закладах освіти. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. Вип. 56. С. 105–115. (1 д.а.). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.105-115>. URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/299765>. ISSN 2219-5300. *Фахове видання категорії Б* (включене до Index Copernicus, Наукова періодика України).

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу сучасних моделей та методів управління освітніми проєктами в закладах вищої освіти та становить 0,7 друк. арк.

Статті у іноземних виданнях

3. Carlsson A., Mokiienko I., Semko I., Mylnichenko S., Haidaienko O. Application of Cognitive Modeling for Qualitative Analysis of Educational Projects' Risks in Higher Education Institutions. *Information Technology for Education, Science, and Technics Proceedings of ITEST 2024. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. Vol. 222. Springer. 2024. Pp. 370–384. (0,75 д.а.). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71804-5_25. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-71804-5_25. ISSN 2367-4512.

Видання індексується в наукометричній базі Scopus.

Особистий внесок автора полягає в удосконаленні когнітивної моделі оцінки ризиків освітніх проєктів ЗВО та становить 0,55 друк. арк.

Опубліковані праці апробаційного характеру

4. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Особливості освітніх проєктів. *Управління проєктами: стан та перспективи* : матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв : Видавець Торубара В. В., 2021. (0,25 д.а.). С. 20–22. URL: <https://eir.nuos.edu.ua/items/de18676f-6084-4fae-a15e-70e548ebc2a1>. ISBN 978-617-7472-83-3.

Особистий внесок полягає у виділенні особливостей освітніх проєктів в умовах цифрової трансформації та становить 0,15 друк. арк.

5. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Управління ризиками освітніх проєктів. *Program, Portfolio Management (P3M-2021)*. Тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 03–04 грудня 2021 року). Одеса : ІШПР, 2021. С. 70–72. (0,25 д.а.). URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4600/1/P3M-2021.pdf>.

Особистий внесок полягає у проведенні аналізу та оцінки сучасних методів управління ризиками освітніх проєктів та становить 0,15 друк. арк.

6. Белова О. І., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Огляд інформаційних систем управління у вищій освіті. *Управління проєктами у розвитку суспільства*. Тези доповідей XVIII-ої міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 20 травня 2022 року). Київ : КНУБА, 2022. С. 107–111. (0,2 д.а.). URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4630/1/Тези2022_КНУБА.pdf.

Особистий внесок автора полягає у аналізі та дослідженні програмних засобів для управління освітніми проєктами ЗВО та становить 0,1 друк. арк.

7. Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М. Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті України. *Інформаційні технології в освіті, науці й техніці (ІТОНТ-2022)* : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Черкаси, 23–25 червня 2022 року). [Електронний ресурс]. Черкаси : ЧДТУ, 2022. С. 161–164. (0,23 д.а.). URL: https://itest.chdtu.edu.ua/Збірник_тез_ІТОНТ-2022_макет_26_06.pdf.

Особистий внесок автора полягає у оцінці дій та наслідків цифрової трансформації вищої освіти, зокрема ЗВО, та становить 0,15 друк. арк.

8. Семко І.Б., Мокієнко Ю. М., Заруцький С. О. Класифікація освітніх проєктів закладу вищої освіти в умовах цифрової трансформації. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану* : тези допов. міжнар. наук.-практ. конф. (сmt. Коблево, 13–16 вересня 2022 року). Харків-Коблево, 2022. С. 110–113. (0,26 д.а.). URL: <https://mmp-conf.org/documents/archive/proceedings2022.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу та класифікації освітніх проєктів та становить 0,15 друк. арк.

9. Семко І. Б., Грабіна К. В., Мокієнко Ю. М. Інноваційна модель керівництва університетом – LEAN-ЗВО. *Program, Portfolio Management (P3M-2022)*. Тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 2-3 грудня 2022 року) Том 1. Одеса : ІШПР, 2022. С. 73–77. (0,3 д.а.). URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4631/1/Одеса%202022-23.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у аналізі закордонного досвіду впровадження Lean технологій в освітнє середовище закладів вищої освіти та становить 0,2 друк. арк.

10. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Меленчук В. М. Концептуальна модель Lean управління проєктами у ЗВО. *Управління проєктами у розвитку суспільства*. Тези доповідей ХХ-ої міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 12 травня 2023 року). Київ : КНУБА, 2023. С. 217–222. (0,31 д.а.). URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4632/1/Тези%20Київ-2023.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у розробці концептуальної моделі Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації та становить 0,2 друк. арк.

11. Семко І., Мокієнко Ю. М., Харута В. Математична модель LEAN управління освітніми проєктами у закладах вищої освіти. *Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану* : тези допов. міжнар. наук.-практ. конф. (сmt. Коблево, 12–15 вересня 2023

року). Харків-Коблево, 2023. С. 186–191. (0,31 д.а.). URL: <https://mmp-conf.org/documents/archive/proceedings2023.pdf>.

Особистий внесок автора полягає у розробці математичного прототипу для концептуальної моделі Lean управління освітніми проєктами ЗВО в умовах цифрової трансформації та становить 0,2 друк. арк.

12. Семко І. Б., Мокієнко Ю. М., Мисник Л. Д. Ідентифікація ризиків у закладі вищої освіти з використанням методики 5W. *Program, Portfolio Management (P3M-2023)*. Тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 1-2 грудня 2023 року) Том 1. Одеса : ІШІР, 2023. С. 54–57. (0,3 д.а.). URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/5512/3/P3M_2023_Семко.pdf.

Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу методу 5W для оцінки ризиків освітніх проєктів та становить 0,1 друк. арк.

13. Carlsson A., Мокієнко Ю., Семко І., Мильніченко С., Гайдаєнко О. Застосування когнітивного моделювання для якісного аналізу ризиків освітніх проєктів у ЗВО. *Інформаційні технології в освіті, науці й техніці (ІТОНТ-2024)* : тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції, (Черкаси, 23-24 травня 2024 року). Черкаси : ЧДТУ, 2024. С. 316–319. (0,3 д.а.). URL: https://knsa.chdtu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/Conference-Proceedings-ITEST-2024_25_06.pdf.

Особистий внесок автора полягає у адаптації когнітивного моделювання для аналізу ризиків освітніх проєктів закладів вищої освіти та становить 0,15 друк. арк.

ДОДАТОК В

Визначення «освітній проєкт»

№ п/ п	Автор, джерело	Визначення
1.	Оберемок І. І. Методи та засоби проєктно-орієнтованого управління у вищих навчальних закладах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Київ, 2003. 17 с. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124021775	Освітній проєкт вищого навчального закладу (ВНЗ) – це унікальний набір скоординованих дій з перетворенням інформаційного ресурсу в інформаційний продукт системи управління ВНЗ, спрямованих на досягнення сфокусованого корисного результату необхідної якості в умовах обмеженості використовуваних ресурсів.
2.	Кузьмінська Ю. М. Моделі та методи формування команд освітніх проєктів підвищення кваліфікації : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22. Львів, 2019. 224 с. URL: https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/6222	Освітній проєкт (ОП) – проєкт, який реалізується в галузі освіти, результатом якого є нові знання, нові управлінські і професійні компетентності, та щодо якого чітко визначено ціль і базові обмеження: зміст, час, вартість, якість, ризики, ресурси
3.	Придатко, О. В. Освітні проєкти та програми як об'єкт проєктного менеджменту. <i>Управління розвитком складних систем</i> : зб. наук. пр. КНУБА. Київ : КНУБА, 2015. Вип. 24. С. 42–48.	Освітній проєкт – це комплекс впорядкованих дій та операцій, які мають тимчасовий характер та в межах виділених ресурсів направлені на створення унікального продукту у вигляді сформованих знань, умінь та навичок користувача проєкту.
4.	Markham T. Project Based Learning: A Bridge Just Far Enough. <i>Teacher Librarian</i> . 2011. Vol. 39, Iss. 2. P. 38–42.	Описує освітній проєкт як систематичний підхід до навчання, який залучає студентів до вивчення складних, автентичних питань і створення ретельно спланованих продуктів, інтегруючи при цьому знання та практичні дії.
5.	Thomas J. W. A review of research on project-based learning. San Rafael, CA : Autodesk Foundation, 2000. 46 p. URL: http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf (дата звернення: 25.10.2024).	Освітні проєкти – це «комплексні завдання, що базуються на складних питаннях або проблемах, залучають студентів до проєктування, вирішення проблем, прийняття рішень або дослідницької діяльності; дають можливість працювати відносно автономно протягом тривалого часу та завершуються створенням реальних продуктів або презентацій».

ДОДАТОК Г

Приклади ризиків освітніх проєктів ЗВО (Classic, Lean, Digital)

Приналежність	Приклади ризиків
<i>Classic</i>	
Якість	<ul style="list-style-type: none"> - неконтрольовані зміни або безперервне зростання обсягу робіт освітнього проєкту; - плинність кадрів, особливо висококваліфікованих фахівців відповідної галузі; - вигорання або недостатня мотивація ключових членів освітнього проєкту; - низька методична якість розроблених матеріалів; - невідповідність кінцевого продукту (освітньої програми чи рівень підготовленого фахівця) освітнім стандартам чи очікуванням стейкхолдерів; - неефективна взаємодія між підрозділами (кафедри / деканати / відділи / адміністрація) – стейкхолдерами освітнього проєкту.
Вартість	<ul style="list-style-type: none"> - неконтрольовані зміни або безперервне зростання обсягу робіт проєкту, що призводять до зміни вартості освітнього проєкту; - неточне або неповне визначення технічних вимог до обладнання на етапі планування освітнього проєкту, що призвело до необхідності придбання дорожчих або додаткових одиниць обладнання (з вищими технічними характеристиками, ніж було заплановано, або через помилки у розрахунках кількості) вже після затвердження бюджету; - некоректна оцінка потреб у ліцензіях на програмне забезпечення (ПЗ), що включає: використання неправильного типу ліцензії (наприклад, індивідуальна

	<p>замість корпоративної), недооцінку необхідної кількості користувачів/робочих місць або несвоєчасне виявлення обов'язковості придбання додаткових модулів/підписок, критично необхідних для функціональності проєкту;</p> <p>- недостатнє або несвоєчасне фінансування.</p>
Час	<p>- неефективний процес узгодження та затвердження (акцептування) критичної внутрішньої (технічна, поточна) та/або зовнішньої (регуляторна, дозвільна) документації відповідальними сторонами (внутрішні стейкхолдери, регулятори, державні органи), що включає бюрократичні затримки, черги, зміни вимог або брак пріоритезації;</p> <p>- неправильна оцінка необхідного часу на виконання певних робіт та розробку матеріалів;</p> <p>- залучення до освітнього проєкту стейкхолдерів, що не мають необхідних навичок (наприклад, у цифрових технологіях чи новій методології), або відповідної кваліфікації (залучення НПП, що не відповідають ліцензійним вимогам), або вони перенавантажені іншими обов'язками і зривають терміни проєкту;</p> <p>- не введена вчасно в експлуатацію, технічна несумісність або відмова технічних систем (навчальні платформи Moodle, хмарні сховища, лабораторії), необхідних для запуску освітнього проєкту;</p> <p>- вчасно неузгоджені між стейхолдерами кошторис, графіки робіт та час їх виконання;</p> <p>- вчасне не придбання, або придбання некоректного чи застарілого обладнання (наприклад, інтерактивних дошок, комп'ютерів, лабораторних стендів), необхідного для реалізації практичної частини освітнього проєкту.</p>

<i>Lean</i>	
Втрати (<i>Muda</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - тривале затвердження навчальних планів, кошторисів наукових проєктів, затримки поставки необхідного для виконання проєкту обладнання (очікування); - помилки в розрахунках кредитів в навчальних планах, робочих програмах, навчального та наукового навантаження викладача або інших неточностей, що потребують виправлень (дефекти); - надлишковість даних, формалізація звітності (надлишкова обробка); - складна логістика затвердження внутрішніх і зовнішніх документів (транспортування); - створення непотрібного контенту або курсів, які не відповідають потребам ринку чи студентів (надлишкове виробництво); - накопичення застарілого або надмірного дидактичного матеріалу (накопичення запасів); - ігнорування пропозицій молодих викладачів щодо інноваційних методик, що призводить до «застарівання» проєкту (нереалізованість потенціалу).
Нерівномірність (<i>Mura</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - нерівномірне навантаження на адміністративний персонал та НПП у періоди вступної кампанії/початку навчального року /сесій та випуску здобувачів освіти (нерівномірність навантаження); - нерівномірність потоку поставлених завдань, пов'язаних з неконтрольованим додаванням вимог (ризик значних коливань часу, необхідного для реалізації завдань проєкту); - нерівномірність якості (ризик істотної різниці у якості викладання між різними групами/викладачами в рамках

	одного курсу/проєкту; кваліфікації кадрів).
Перенавантаження (<i>Muri</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - НПП має надмірну кількість різних курсів/проєктів, що перевищує його здатність підтримувати високу якість та відповідність ліцензійним вимогам; брак кваліфікованих кадрів серед адмінресурсу (перевантаження персоналу); - використання застарілого чи недостатньо потужного обладнання, програмного забезпечення належної якості для обробки великих масивів даних проєкту (перевантаження інфраструктури); - встановлення нереалістично стислих термінів на розробку нового освітнього проєкту через зовнішні вимоги (надмірні вимоги).
<i>Digital</i>	
Цифрова трансформація	<ul style="list-style-type: none"> - кібербезпека (несанкціоноване проникнення в комп'ютерну мережу ВНЗ, витоки даних, DDoS-атаки, фішинг надсилання шахрайських електронних листів); - технічні та інфраструктурні неполадки в роботі ключових систем (технічна невідповідність застарілого обладнання, недостатня швидкість інтернету); - низький рівень цифрової компетентності стейкхолдерів освітнього проєкту (неготовність персоналу до нових цифрових систем); - цифрові інструменти не доступні стейхолдерам освітнього проєкту (цифрові ресурси не адаптовані для людей з особливими потребами); - неефективне використання систем дистанційного навчання, онлайн-курсів (відсутність застосування новітніх цифрових інструментів та методик).

ДОДАТОК Д

Д1. Фрагмент коду сервісу обробки проєкту

```
import { Injectable } from '@nestjs/common';
import { InjectRepository } from '@nestjs/typeorm';
import { Repository, DeleteResult, UpdateResult } from 'typeorm';
import { ProjectScienceEntity } from '../project.entity';
import { CreateDto, UpdateDto } from '../dto';
import { ProjectScienceData } from '../project.interface';
import { validate } from 'class-validator';
import { HttpException } from '@nestjs/common/exceptions/http.exception';
import { HttpStatus } from '@nestjs/common';
import { v6 } from 'uuid';
import * as jwt from 'jsonwebtoken';
import { SECRET } from '@port/config';
import { UserService } from '../../user/user.service';

import { readFileSync, writeFileSync } from 'node:fs';
import { join } from 'node:path';

@Injectable()
export class ProjectScienceService {
  constructor(
    @InjectRepository(ProjectScienceEntity)
    private readonly repository: Repository<ProjectScienceEntity>,
    private readonly userService: UserService
  ) {}

  async findAll(token?: string): Promise<Array<ProjectScienceData>> {
    if (token) {
      const decoded: any = jwt.verify(token, SECRET);
      const user = await this.userService.findByEmail(decoded.email);
      const result: any = []
      for (let i = 0; i < user.projectIds.length; i++) {
        const found: any = await this.repository.findOneBy({ _id: user.projectIds[i] })
        if (found) {
          result.push(this.buildDataRO(found))
        }
      }
      return result
    }
    return await this.repository
      .find()
      .then(data => data.map((el: ProjectScienceEntity) => this.buildDataRO(el)));
  }

  async findById(id: string): Promise<ProjectScienceData> {
```



```

const data = await this.repository.findOneBy({ _id: id });

if (!data) {
  const errors = { data: 'NOT_FOUND' };
  throw new HttpException({ errors }, 401);
}

return this.buildDataRO(data);
}

async create(dto: CreateDto, token: string): Promise<ProjectScienceData> {
  const newEntity: any = {}
  newEntity._id = v6();
  newEntity.name = dto.name;
  newEntity.type = dto.type;
  newEntity.projectGoal = dto.projectGoal;
  newEntity.projectProduct = dto.projectProduct;
  newEntity.des = dto.des;
  newEntity.priority = dto.priority;
  newEntity.responsibleName = dto.responsibleName;
  newEntity.customer = dto.customer;
  newEntity.numberOfOrderDocument = dto.numberOfOrderDocument;
  newEntity.data = dto.data;
  newEntity.staff = dto.staff;
  newEntity.projectExpertiseIds = []

  const saveNewEntity = await this.repository.save(newEntity)
  const decoded: any = jwt.verify(token, SECRET);
  const user = await this.userService.findByEmail(decoded.email);
  user.projectIds.push(newEntity._id)
  await this.userService.update(user);
  return this.buildDataRO(saveNewEntity);
}

async update(id: string, dto: UpdateDto): Promise<UpdateResult | null> {
  const currentData = await this.repository.findOneBy({ _id: dto._id });
  if (currentData) {
    return await this.repository.update({ _id: dto._id }, Object.assign(currentData,
dto));
  }
  return null
}

async delete(id: string, token: string): Promise<DeleteResult> {
  const result = await this.repository.delete({ _id: id });
  if (token) {
    const decoded: any = jwt.verify(token, SECRET);
    const user = await this.userService.findByEmail(decoded.email);
    const index = user.projectIds.indexOf(id);
    if (index > -1) {

```

```

        user.projectIds.splice(index, 1);
    }
    await this.userService.update(user);
}
return result
}

private buildDataRO(entity: any): ProjectScienceData {
    return {
        _id: entity._id,
        name: entity.name,
        type: entity.type,
        projectGoal: entity.projectGoal,
        projectProduct: entity.projectProduct,
        des: entity.des,
        priority: entity.priority,
        responsibleName: entity.responsibleName,
        customer: entity.customer,
        numberOfOrderDocument: entity.numberOfOrderDocument,
        data: entity.data,
        staff: entity.staff,
        projectExpertiseIds: entity.projectExpertiseIds
    };
}
}

```

Д2. Фрагмент коду сервісу обробки експертизи

```

import { Injectable } from '@nestjs/common';
import { InjectRepository } from '@nestjs/typeorm';
import { Repository, DeleteResult, UpdateResult } from 'typeorm';
import { ExpertiseEntity } from '../expertise.entity';
import { CreateDto, UpdateDto } from '../dto';
import { IExpertiseData } from '../expertise.interface';
import { validate } from 'class-validator';
import { HttpException } from '@nestjs/common/exceptions/http.exception';
import { HttpStatus } from '@nestjs/common';
import { v6 } from 'uuid';
import { ProjectScienceService } from '../../project-science/project.service';
import { UserService } from '../../user/user.service';

import { readFileSync, writeFileSync } from 'node:fs';
import { join } from 'node:path';
@Injectable()
export class ExpertiseService {
    constructor(
        @InjectRepository(ExpertiseEntity)
        private readonly repository: Repository<ExpertiseEntity>,
        private readonly projectScienceService: ProjectScienceService,
        private readonly userService: UserService
    ) {}
}

```

```

) {}

async findAll(id: string): Promise<Array<IExpertiseData>> {
  const project = await this.projectScienceService.findById(id);
  return await this.repository
    .find()
    .then(data => data
      .filter((el: ExpertiseEntity) => project.projectExpertiseIds?.find((idProject:
string) => idProject === el._id))
      .map((el: ExpertiseEntity) => this.buildDataRO(el))
    );
}

async findById(id: string): Promise<IExpertiseData> {
  const data = await this.repository.findOneBy({ _id: id });

  if (!data) {
    const errors = { data: 'NOT_FOUND' };
    throw new HttpException({ errors }, 401);
  }

  return this.buildDataRO(data);
}

async create(dto: CreateDto, id: string): Promise<IExpertiseData | any> {
  const project = await this.projectScienceService.findById(id);
  if (!project.projectExpertiseIds) {
    project.projectExpertiseIds = []
  }
  let expertiseForThatProjectAlreadyExists: boolean = false
  const expertises = await this.repository.find()
  expertises.forEach((expert: IExpertiseData) => {
    if (expert.email === dto.email && expert.projectId === id) {
      expertiseForThatProjectAlreadyExists = true
    }
  })
  if (expertiseForThatProjectAlreadyExists) {
    new Promise((resolve) => {
      resolve({ name: 'ALLREADY_EXISTS' })
    });
  } else {
    const newEntity = new ExpertiseEntity();
    newEntity._id = v6();
    newEntity.type = dto.type;
    newEntity.email = dto.email;
    newEntity.generalExperts = dto.generalExperts;
    newEntity.projectId = id;
    newEntity.risksData = dto.risksData;
    newEntity.recommendationDescription = dto.recommendationDescription;
    newEntity.status = dto.status
  }
}

```

```

newEntity.approve = dto.approve

const saveNewEntity = await this.repository.save(newEntity)
project.projectExpertiseIds.push(newEntity._id)
await this.projectScienceService.update(project._id, project);
newEntity.email.forEach(async (item: any) => {
  const user = await this.userService.findByEmail(item.email);
  if (user.projectIds.indexOf(project._id) === -1) {
    user.projectIds.push(project._id)
  }
  await this.userService.update(user);
});
return this.buildDataRO(saveNewEntity);
}
}

async update(dto: UpdateDto): Promise<UpdateResult | null> {
  const currentData = await this.repository.findOneBy({ _id: dto._id });
  if (currentData) {
    return await this.repository.update({ _id: dto._id }, Object.assign(currentData,
dto));
  }
  return null
}

async delete(idExpertise: string, id: string): Promise<DeleteResult> {
  const data: any = await this.repository.findOneBy({ _id: idExpertise });
  const project = await this.projectScienceService.findById(id);
  if (!project.projectExpertiseIds) {
    project.projectExpertiseIds = []
  }
  if (project.projectExpertiseIds.findIndex((ids: string) => ids === id) > -1) {
    project.projectExpertiseIds.splice(project.projectExpertiseIds.findIndex((ids:
string) => ids === id), 1)
  }
  await this.projectScienceService.update(project._id, project);

  data.email.forEach(async (item: any) => {
    const user = await this.userService.findByEmail(item.email);
    if (user.projectIds.indexOf(project._id) > -1) {
      user.projectIds.splice(user.projectIds.indexOf(project._id), 1)
    }
    await this.userService.update(user);
  });
  return await this.repository.delete({ _id: idExpertise });
}

private buildDataRO(entity: any): any {
  return {
    _id: entity._id,

```

```

    type: entity.type,
    email: entity.email,
    generalExperts: entity.generalExperts,
    risksData: entity.risksData,
    recommendationDescription: entity.recommendationDescription,
    status: entity.status,
    projectId: entity.projectId,
    approve: entity.approve,
  };
}
}

```

Д3. Фрагмент коду інтерфейсу створення КО експертизи

```

<app-header></app-header>
<section class="ko">
  <p-button
    [label]=" 'pages.project.science.backButtonFullLabel' | translate"
    [pTooltip]=" 'pages.project.science.backButtonFullTooltip' | translate"
    severity="secondary"
    (click)="back()" />
  <div class="container form-container">
    <form #form="ngForm" class="flex flex-col gap-4 w-full sm:w-56">
      <div>
        <p-stepper [value]="1" class="basis-[50rem]">
          <p-step-list>
            <p-step [value]="1">Когнітивне налаштування</p-step>
            <p-step [value]="2">Оцінка</p-step>
          </p-step-list>
          <p-step-panels>
            <p-step-panel [value]="1">
              <ng-template #content let-activateCallback="activateCallback">
                <div class="flex flex-col h-48">
                  @if (riskData.tableParams) {
                    <div class="table-container">
                      <p-table [value]="riskData.tableParams.td" [scrollable]="true"
scrollHeight="400px" scrollWidth="400px" [tableStyle]="{ 'min-width': '50rem' }"
[style]="{ 'width': '100%' }">
                        <ng-template #header>
                          <tr>
                            <th [id]="`th-id-${th}`">{{ th | translate }}</th>
                          </tr>
                        </ng-template>
                        <ng-template #body let-tds>
                          <tr>
                            <td [id]="`td-id-${td}`">{{ td }}</td>

```

```

    } @else {
        <td [style]="{ 'max-width': '30px' }" [id]="`td-id-
${td}`">

            <p-inputnumber
                [inputId]="`td-id-${tds[0]}-${$index}-input`"
                [ngModel]="td"
                class="different"
                [inputStyle]="{ width: '30px', border: '0', 'box-
shadow': 'none' }"

                (ngModelChange)="onTableChange($event, tds[0],
$index)"

                [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
                [step]="1"
                [minFractionDigits]="0" >
            </p-inputnumber>
        </td>
    }
}
</tr>
</ng-template>
</p-table>
</div>
}

@if (riskData.analyzeTable &&
riskData.analyzeTable.mostConnectionAmount.name !== '-') {
    <div class="container-analyze">
        <p><span class="bold">{{'pages.project.science.mostConnectionAmount'
| translate}}: </span>{{riskData.analyzeTable.mostConnectionAmount.name | translate}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostConnectionAmount.value}}</p>
        <p><span class="bold">{{'pages.project.science.lessConnectionAmount'
| translate}}: </span>{{riskData.analyzeTable.lessConnectionAmount.name | translate}} ->
{{riskData.analyzeTable.lessConnectionAmount.value}}</p>
        <p><span
class="bold">{{'pages.project.science.mostNegativeConnectionAmount' | translate}}:
</span>{{riskData.analyzeTable.mostNegativeConnectionAmount.name | translate}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostNegativeConnectionAmount.value}}</p>
        <p><span
class="bold">{{'pages.project.science.mostPositiveConnectionAmount' | translate}}:
</span>{{riskData.analyzeTable.mostPositiveConnectionAmount.name | translate}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostPositiveConnectionAmount.value}}</p>
        <p><span class="bold">{{'pages.project.science.mostInfluenceAmount' |
translate}}: </span>{{riskData.analyzeTable.mostInfluenceAmount.name | translate}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostInfluenceAmount.value}}</p>
        <p><span class="bold">{{'pages.project.science.lessInfluenceAmount' |
translate}}: </span>{{riskData.analyzeTable.lessInfluenceAmount.name | translate}} ->
{{riskData.analyzeTable.lessInfluenceAmount.value}}</p>
        <p><span class="bold">DjGeoMin:
</span>{{riskData.analyzeTable.DjGeoMin}}</p>
        <p><span class="bold">DjGeoMout:
</span>{{riskData.analyzeTable.DjGeoMout}}</p>
    </div>
}

```

```

        <p><span class="bold">DjGeoMinout:
</span>{{riskData.analyzeTable.DjGeoMinout}}</p>
        <p><span class="bold">Щільність HKK:
</span>{{riskData.analyzeTable.density}}</p>
        <p><span class="bold">Складність HKK:
</span>{{riskData.analyzeTable.complexity}}</p>
        <p><span class="bold">Індекс ієрархічності HKK:
</span>{{riskData.analyzeTable.hierarchy}}</p>
        @if (riskData.additionalTableParams) {
            <div class="table-container">
                <p-table [value]="riskData.additionalTableParams.td"
[scrollable]="true" scrollHeight="400px" scrollWidth="400px" [tableStyle]="{ 'min-width':
'50rem' }" [style]="{ 'width': '100%' }">
                    <ng-template #header>
                        <tr>
                            @for (th of riskData.additionalTableParams.th; track `th-
id-${th}`) {
                                <th [id]="`th-id-${th}`">{{ th | translate }}</th>
                            }
                        </tr>
                    </ng-template>
                    <ng-template #body let-tds>
                        <tr>
                            @for (td of tds; track `td-id-${td}$$index`) {
                                <td [id]="`td-id-${td}`">{{ td | translate }}</td>
                            }
                        </tr>
                    </ng-template>
                </p-table>
            </div>
        }
    </div>
}
@if (riskData.graph && riskData.graph.data ) {
    <div class="container flex">
        <div class="flex line">
            <div class="square blue"></div>
            <p> + </p>
        </div>
        <div class="flex line">
            <div class="square light"></div>
            <p> - </p>
        </div>
    </div>
}
<div
    [id]="`model-container-KO`"
    [class]="
        riskData.graph.data ?
        `container model-container-KO` :

```

```

        `model-container-KO`"></div>
    </div>
    <div class="flex pt-6 justify-end">
        <p-button
            [label]="pages.project.science.updateExpertiseButtonLabel" |

```

Д4. Фрагмент коду компонента створення КО експертизи

```

import { Component, AfterContentInit } from '@angular/core';
import { TranslatePipe } from "@ngx-translate/core";
import { Router } from '@angular/router';
import { FormsModule } from '@angular/forms';
import * as d3 from 'd3';

import { ButtonModule } from 'primeng/button';
import { CardModule } from 'primeng/card';
import { FieldsetModule } from 'primeng/fieldset';
import { TooltipModule } from 'primeng/tooltip';
import { DividerModule } from 'primeng/divider';
import { MessageModule } from 'primeng/message';
import { InputTextModule } from 'primeng/inputtext';
import { InputNumberModule } from 'primeng/inputnumber';
import { TextareaModule } from 'primeng/textarea';
import { CheckboxModule } from 'primeng/checkbox';
import { SelectModule } from 'primeng/select';
import { MultiSelectModule } from 'primeng/multiselect';
import { DatePickerModule } from 'primeng/datepicker';
import { StepperModule } from 'primeng/stepper';
import { TableModule } from 'primeng/table';

import { HttpService } from '@port/services/http.service';
import { AppCommunicationService } from '@port/services/app-communication.service';

import { HeaderComponent } from '@port/shared/organisms/header/header.component';
import { FooterComponent } from '@port/shared/organisms/footer/footer.component';

@Component({
  selector: 'app-ko',
  standalone: true,
  imports: [
    FormsModule,
    HeaderComponent,
    FooterComponent,
    InputTextModule,
    InputNumberModule,
    TextareaModule,
    CheckboxModule,
    ButtonModule,
    CardModule,

```



```

    FieldsetModule,
    TooltipModule,
    DividerModule,
    MessageModule,
    SelectModule,
    MultiSelectModule,
    DatePickerModule,
    StepperModule,
    TranslatePipe,
    TableModule
  ],
  templateUrl: './ko.component.html',
  styleUrls: ['./ko.component.scss'],
})
export class KOComponent implements AfterContentInit {
  public inputs: any = []
  public currentProject: any = {}
  public currentExpertise: any = {}
  public riskData: any = {}
  public recommendationDescription: string = ''
  public currentSessionMail: string = ''

  constructor(
    private router: Router,
    private appCommunicationService: AppCommunicationService,
    private httpService: HttpService
  ) {
    this.pre()
  }

  private pre(): void {
    this.currentProject = this.appCommunicationService.getCurrentProject()
    this.currentExpertise = this.appCommunicationService.getCurrentExpertise()
    this.currentSessionMail =
JSON.parse(this.appCommunicationService.sessionStorageGet('id')).data.email
    this.inputs =
this.appCommunicationService.getDynamicKOInputsForm(this.currentExpertise.approve.fields,
this.currentSessionMail, this.inputs)

    if (this.currentExpertise.risksData &&
this.currentExpertise.risksData.findIndex((riskData: any) => riskData.email ===
this.currentSessionMail) !== -1) {
      const currentDataIndex = this.currentExpertise.risksData.findIndex((riskData: any) =>
riskData.email === this.currentSessionMail)
      this.recommendationDescription =
this.currentExpertise.risksData[currentDataIndex].recommendationDescription
      this.riskData = {
        tableParams:
Object.assign(this.currentExpertise.risksData[currentDataIndex].tableParams),
        analyzeTable:

```

```

Object.assign(this.currentExpertise.risksData[currentDataIndex].analyzeTable),
    }
    if (this.currentExpertise.risksData[currentDataIndex].additionalTableParams) {
        this.riskData.additionalTableParams =
Object.assign(this.currentExpertise.risksData[currentDataIndex].additionalTableParams)
    }
} else {
    this.riskData = {
        tableParams: {
            th: ['/', ...Array.from(this.inputs).map((input: any) => input.label)],
            td: Array.from(this.inputs).map((input: any) => {
                return [input.label, ... Array.from(this.inputs).map((data: any, index: number)
=> 0)]
            })
        },
        additionalTableParams: {
            th: ['/', 'Djin', 'Djout', 'Djinout'],
            td: Array.from(this.inputs).map((input: any) => {
                return [input.label, 0, 0, 0]
            })
        },
        analyzeTable: {
            mostConnectionAmount: { value: 0, name: '-' },
            lessConnectionAmount: { value: 0, name: '-' },
            mostNegativeConnectionAmount: { value: 0, name: '-' },
            mostPositiveConnectionAmount: { value: 0, name: '-' },
            mostInfluenceAmount: { value: 0, name: '-' },
            lessInfluenceAmount: { value: 0, name: '-' }
        },
        graph: {}
    }
}
this.tableDataAdditional()
this.analyzeTableData()
this.refreshModel()
}

public navigate(path: string) {
    this.router.navigateByUrl(`/${path}`);
}

public back() {
    this.navigate('cog-model')
}

public updateExpertise(form: any) {
    if (form.valid) {
        this.inputs.forEach((input: any) => {
            const updateFieldIndex = this.currentExpertise.approve.fields.findIndex((field:
any) => field.label === input.label)

```

```

    const approveIndex =
this.currentExpertise.approve.fields[updateFieldIndex].approve.findIndex((appr: any) =>
appr.email === this.currentSessionMail)
    this.currentExpertise.approve.fields[updateFieldIndex].approve[approveIndex].value
= input.value
    });
    if (!this.currentExpertise.risksData) {
        this.currentExpertise.risksData = []
    }

```

Д5. Фрагмент коду інтерфейсу створення CLD експертизи

```

<app-header></app-header>
<section class="cld">
    <p-button
        [label]='pages.project.science.backButtonFullLabel' | translate"
        [pTooltip]='pages.project.science.backButtonFullTooltip' | translate"
        severity="secondary"
        (click)="back()" />
    <div class="container form-container">
        <form #form="ngForm" class="flex flex-col gap-4 w-full sm:w-56">
            <div class="flex flex-col h-48">
                <h1>Фактори ризику та вплив</h1>
                <p-divider />
                <div class="form-container column">
                    @for (input of inputs; track input; let i = $index) {
                        @if (input.displayCondition && input.type !== 'line') {
                            <div class="flex flex-col mb-10">
                                @if (input.type !== 'checkboxlist') {
                                    <label for="name" class="bold">{{input.label | translate}}</label>
                                }
                                @if (input.type === 'text') {
                                    <input
                                        pInputText
                                        type="text"
                                        [id]="input.name"
                                        [placeholder]="input.placeholder | translate"
                                        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
                                        tooltipPosition="right"
                                        [name]="input.name || 'name'"
                                        [(ngModel)]="input.value"
                                        [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
                                        required />
                                } @else if (input.type === 'textarea') {
                                    <textarea
                                        pTextarea
                                        type="text"
                                        [id]="input.name"
                                        class="mt-5"

```

```

        [placeholder]="input.placeholder | translate"
        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
        tooltipPosition="right"
        [name]="input.name || 'name'"
        [(ngModel)]="input.value"
        required>
    </textarea>
} @else if (input.type === 'number') {
    <p-inputnumber
        [inputId]="input.name"
        [showButtons]="true"
        buttonLayout="horizontal"
        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
        tooltipPosition="right"
        [name]="input.name || 'name'"
        [(ngModel)]="input.value"
        [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
        required
        [min]="input.min || 1"
        [max]="input.max || 10"
        [step]="input.step || 1"
        [minFractionDigits]="0" >
        <ng-template #incrementbuttonicon>
            <span class="pi pi-plus"></span>
        </ng-template>
        <ng-template #decrementbuttonicon>
            <span class="pi pi-minus"></span>
        </ng-template>
    </p-inputnumber>
} @else if (input.type === 'radio-options') {
    @for (item of input.items; track item) {
        <div class="flex column">
            <label for="name">{{item.label}}: </label>
            <div class="flex">
                @for (option of item.options; track option) {
                    <div class="flex items-center mr-10">
                        <p-radiobutton [name]="`${item.label}-${i}`" [value]="option"
[(ngModel)]="item.value" [inputId]="`${item.label}-${i}`" />
                        <label [for]="`${item.label}-${i}`" class="ml-
2">{{option}}</label>
                    </div>
                }
            </div>
        </div>
    }
} @else if (input.type === 'rating') {
    <div class="card flex justify-center">
        <p-rating [(ngModel)]="input.value" [ngModelOptions]="{ standalone:
true }" [stars]="10" >
            <ng-template #onicon>

```

```

        <div class="option-selected"></div>
    </ng-template>
    <ng-template #officon>
        <div class="option-unselected"></div>
    </ng-template>
</p-rating>
</div>
} @else if (input.type === 'datepicker') {
    <p-datepicker
        [inputId]="input.name"
        [name]="input.name || 'name'"
        [placeholder]="input.placeholder | translate"
        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
        tooltipPosition="right"
        [(ngModel)]="input.value"
        [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
        required />
} @else if (input.type === 'checklist') {
    <p-checkbox
        [inputId]="input.name"
        [name]="input.name || 'name'"
        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
        tooltipPosition="right"
        [binary]="true"
        [indeterminate]="true"
        [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
        [(ngModel)]="input.value" />
    <label for="intown" class="bold">{{input.label | translate}}?</label>
} @else if (input.type === 'selector') {
    <p-select
        [inputId]="input.name"
        [name]="input.name || 'name'"
        [options]="input.items"
        [(ngModel)]="input.value"
        [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
        [placeholder]="input.placeholder | translate"
        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
        tooltipPosition="right"
        class="w-full md:w-56" />
} @else if (input.type === 'multiselect') {
    <p-multiselect
        [inputId]="input.name"
        [name]="input.name || 'name'"
        [options]="input.items"
        [(ngModel)]="input.value"
        [ngModelOptions]="{ standalone: true }"
        tooltipPosition="right"
        [placeholder]="input.placeholder | translate"
        [pTooltip]="input.pTooltip | translate"
        tooltipPosition="right"

```

```

        optionLabel="label"
        [showClear]="true"
        class="w-full md:w-56" />
    }
</div>
} @else if (input.displayCondition) {
    <p-divider />
}
}
</div>
</div>
<div class="flex pt-6 justify-end">
    <p-button
        [label]='pages.project.science.updateExpertiseButtonLabel' | translate"
        [pTooltip]='pages.project.science.updateExpertiseButtonTooltip' | translate"
        severity="primary"
        (click)="updateExpertise()" />
</div>
@if (tableParams) {
    <div class="table-container">
        <p-table [value]="tableParams.td" [scrollable]="true" scrollHeight="400px"
stripedRows [tableStyle]="{ 'min-width': '50rem' }" [style]="{ 'width': '100%' }">
            <ng-template #header>
                <tr>
                    @for (th of tableParams.th; track `th-id-${th}`) {
                        <th [id]="`th-id-${th}`">{{ th | translate }}</th>
                    }
                </tr>
            </ng-template>
            <ng-template #body let-tds>
                <tr>
                    @for (td of tds; track `td-id-${td}$$index`) {
                        <td [id]="`td-id-${td}`">{{ td | translate }}</td>
                    }
                </tr>
            </ng-template>
        </p-table>
    </div>
}
<div>
    <div class="flex flex-col gap-1">
        <label for="name"
class="bold">{{ 'pages.project.science.recommendationDescriptionLabel' | translate }}</label>
        <textarea
            pTextarea
            type="text"
            id="recommendationDescription"
            class="mt-5"
            [placeholder]='pages.project.science.recommendationDescriptionPlaceholder' |
translate"

```

```

        [pTooltip]="pages.project.science.recommendationDescriptionTollltip' |
translate"
        tooltipPosition="top"
        name="recommendationDescription"
        [(ngModel)]="recommendationDescription"
        required>
    </textarea>
</div>
</div>
</form>
</div>
</section>
<app-footer></app-footer>

```

Д6. Фрагмент коду компонента створення CLD експертизи

```

import { Component } from '@angular/core';
import { TranslatePipe } from "@ngx-translate/core";
import { Router } from '@angular/router';
import { FormsModule } from '@angular/forms';

import { ButtonModule } from 'primeng/button';
import { CardModule } from 'primeng/card';
import { FieldsetModule } from 'primeng/fieldset';
import { TooltipModule } from 'primeng/tooltip';
import { DividerModule } from 'primeng/divider';
import { MessageModule } from 'primeng/message';
import { InputTextModule } from 'primeng/inputtext';
import { InputNumberModule } from 'primeng/inputnumber';
import { TextareaModule } from 'primeng/textarea';
import { CheckboxModule } from 'primeng/checkbox';
import { SelectModule } from 'primeng/select';
import { MultiSelectModule } from 'primeng/multiselect';
import { DatePickerModule } from 'primeng/datepicker';
import { StepperModule } from 'primeng/stepper';
import { RatingModule } from 'primeng/rating';
import { TableModule } from 'primeng/table';
import { RadioButtonModule } from 'primeng/radiobutton';

import { HttpService } from '@port/services/http.service';
import { AppCommunicationService } from '@port/services/app-communication.service';

import { HeaderComponent } from '@port/shared/organisms/header/header.component';
import { FooterComponent } from '@port/shared/organisms/footer/footer.component';
@Component({
  selector: 'app-cld',
  standalone: true,
  imports: [

```

```

FormsModule,
HeaderComponent,
FooterComponent,
InputTextModule,
InputNumberModule,
TextareaModule,
CheckboxModule,
ButtonModule,
CardModule,
FieldsetModule,
TooltipModule,
DividerModule,
MessageModule,
SelectModule,
MultiSelectModule,
DatePickerModule,
StepperModule,
TranslatePipe,
RatingModule,
TableModule,
RadioButtonModule
],
templateUrl: './cld.component.html',
styleUrl: './cld.component.scss',
})
export class CLDComponent {
  public inputs: any = []
  public currentProject: any = {}
  public currentExpertise: any = {}
  public currentSessionMail: string = ''
  public recommendationDescription: string = ''
  public tableParams: any = {}

  constructor(
    private router: Router,
    private appCommunicationService: AppCommunicationService,
    private httpService: HttpService
  ) {
    this.pre()
  }

  private pre(): void {
    this.currentProject = this.appCommunicationService.getCurrentProject()
    this.currentExpertise = this.appCommunicationService.getCurrentExpertise()
    this.currentSessionMail =
JSON.parse(this.appCommunicationService.sessionStorageGet('id')).data.email
    this.inputs =
this.appCommunicationService.getDynamicCLDInputsForm(this.currentExpertise.approve.fields,
this.currentSessionMail, this.inputs)

```



```

    const findRisksDataIndex = this.currentExpertise.risksData ?
this.currentExpertise.risksData.findIndex((riskData: any) => riskData.email ===
this.currentSessionMail) : -1
    this.tableParams = {
        th: ['/', 'Rclassicj', 'Rleanj', 'Rdigj', 'Rmodj', 'Керованість'],
        td: findRisksDataIndex > -1 ?
this.currentExpertise.risksData[findRisksDataIndex].tableParams.td : []
    }
    if (findRisksDataIndex !== -1) {
        this.recommendationDescription =
this.currentExpertise.risksData[findRisksDataIndex].recommendationDescription
        for (let i = 0; i < this.inputs.length; i += 8) {
            const updateFieldIndex = this.currentExpertise.approve.fields.findIndex((field:
any) => field.label === this.inputs[i + 2].label)
            const approveIndex =
this.currentExpertise.approve.fields[updateFieldIndex].approve.findIndex((appr: any) =>
appr.email === this.currentSessionMail)
            if
(this.currentExpertise.approve.fields[updateFieldIndex].approve[approveIndex].data) {
                this.inputs[i].value =
this.currentExpertise.approve.fields[updateFieldIndex].approve[approveIndex].data[this.inpu
ts[i].label] * 10
                this.inputs[i + 1].value =
this.currentExpertise.approve.fields[updateFieldIndex].approve[approveIndex].data[this.inpu
ts[i + 1].label] * 100

```

Д7. Фрагмент коду інтерфейсу КО/CLD експертизи

```

<app-header></app-header>
<section class="info-expertise-dialog">
    <p-button
        [label]=" 'pages.project.science.backButton' | translate"
        [pTooltip]=" 'pages.project.science.backButtonTooltip' | translate"
        severity="primary"
        (click)="back()" />
    <p>
        <span class="bold">Узгодженість</span>:
        <span class="bold" [style]="{ 'color': current.approve.consistency > 0.5 ? 'darkcyan' :
'firebrick' }"> {{current.approve.consistency > 0.5 ? 'Достатньо' : 'Недостатньо'}}
        ({{current.approve.consistency}})</span>
    </p>
    @if (current.type === 'CLD') {
        @for (riskData of risksData; track riskData; let i = $index) {
            <p-divider />
            @if (riskData.expert === 'Середнє значення за всіма експертами') {
                <h3> <span class="bold">{{riskData.expert}}</span></h3>
            } @else {
                <h3> <span class="bold">Дані експертизи від експерта:</span>
                {{riskData.expert}}</h3>
            }
        }
    }

```

```

<div class="table-container">
  <p-table [value]="riskData.tableParams.td" [scrollable]="true" scrollHeight="400px"
[tableStyle]="{ 'min-width': '50rem' }" [style]="{ 'width': '100%' }">
    <ng-template #header>
      <tr>
        @for (th of riskData.tableParams.th; track `th-id-${th}`) {
          <th [id]="`th-id-${th}`">{{ th | translate }}</th>
        }
      </tr>
    </ng-template>
    <ng-template #body let-tds>
      <tr>
        @for (td of tds; track `td-id-${td}$$index`) {
          @if ($index !== 0 && tds[0] === riskData.tableParams.th[$index]) {
            <td [id]="`td-id-${td}`">-</td>
          } @else {
            <td [id]="`td-id-${td}`">{{ td | translate }}</td>
          }
        }
      </tr>
    </ng-template>
  </p-table>
</div>

<p> <span class="bold">Рекомендація експерта:</span>
{{riskData.recommendationDescription}}</p>
}
} @else {
  <p> <span class="bold">Фінальна оцінка КО:</span> {{current.approve.grade}}</p>
  @for (riskData of risksData; track riskData; let i = $index) {
    <p-divider />
    @if (riskData.expert === 'Середнє значення за всіма експертами') {
      <h3> <span class="bold">{{riskData.expert}}</span></h3>
    } @else {
      <h3> <span class="bold">Дані експертизи від експерта:</span>
{{riskData.expert}}</h3>
    }
  <div>
    @for (field of riskData.fields; track field) {
      <p> <span class="bold">{{field.label | translate}}:</span> {{field.value}}</p>
    }
  </div>
</div>

<div class="table-container">
  <p-table [value]="riskData.tableParams.td" [scrollable]="true" scrollHeight="400px"
[tableStyle]="{ 'min-width': '50rem' }" [style]="{ 'width': '100%' }">
    <ng-template #header>
      <tr>
        @for (th of riskData.tableParams.th; track `th-id-${th}`) {
          <th [id]="`th-id-${th}`">{{ th | translate }}</th>
        }
      </tr>
    </ng-template>
  </p-table>
</div>

```

```

        </tr>
    </ng-template>
    <ng-template #body let-tds>
        <tr>
            @for (td of tds; track `td-id-${td}{{$index}}`) {
                @if ($index !== 0 && tds[0] === riskData.tableParams.th[$index]) {
                    <td [id]="`td-id-${td}`">-</td>
                } @else {
                    <td [id]="`td-id-${td}`">{{ td | translate }}</td>
                }
            }
        </tr>
    </ng-template>
</p-table>
</div>
<div class="container-analyze">
    <p><span class="bold">{{ 'pages.project.science.mostConnectionAmount' | translate }}:
</span>{{riskData.analyzeTable.mostConnectionAmount.name}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostConnectionAmount.value}}</p>
    <p><span class="bold">{{ 'pages.project.science.lessConnectionAmount' | translate }}:
</span>{{riskData.analyzeTable.lessConnectionAmount.name}} ->
{{riskData.analyzeTable.lessConnectionAmount.value}}</p>
    <p><span class="bold">{{ 'pages.project.science.mostNegativeConnectionAmount' |
translate }}: </span>{{riskData.analyzeTable.mostNegativeConnectionAmount.name}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostNegativeConnectionAmount.value}}</p>
    <p><span class="bold">{{ 'pages.project.science.mostPositiveConnectionAmount' |
translate }}: </span>{{riskData.analyzeTable.mostPositiveConnectionAmount.name}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostPositiveConnectionAmount.value}}</p>
    <p><span class="bold">{{ 'pages.project.science.mostInfluenceAmount' | translate }}:
</span>{{riskData.analyzeTable.mostInfluenceAmount.name}} ->
{{riskData.analyzeTable.mostInfluenceAmount.value}}</p>
    <p><span class="bold">{{ 'pages.project.science.lessInfluenceAmount' | translate }}:
</span>{{riskData.analyzeTable.lessInfluenceAmount.name}} ->
{{riskData.analyzeTable.lessInfluenceAmount.value}}</p>
    <p><span class="bold">DjGeoMin: </span>{{riskData.analyzeTable.DjGeoMin}}</p>
    <p><span class="bold">DjGeoMout: </span>{{riskData.analyzeTable.DjGeoMout}}</p>
    <p><span class="bold">DjGeoMinout: </span>{{riskData.analyzeTable.DjGeoMinout}}</p>
    <p><span class="bold">Щільність НKK: </span>{{riskData.analyzeTable.density}}</p>
    <p><span class="bold">Складність НKK:
</span>{{riskData.analyzeTable.complexity}}</p>
    <p><span class="bold">Індекс ієрархічності НKK:
</span>{{riskData.analyzeTable.hierarchy}}</p>
    @if (riskData.additionalTableParams) {
        <div class="table-container">
            <p-table [value]="riskData.additionalTableParams.td" [scrollable]="true"
scrollHeight="400px" [tableStyle]="{ 'min-width': '50rem' }" [style]="{ 'width': '100%' }">
                <ng-template #header>
                    <tr>
                        @for (th of riskData.additionalTableParams.th; track `th-id-${th}`) {
                            <th [id]="`th-id-${th}`">{{ th | translate }}</th>

```

```

        }
      </tr>
    </ng-template>
    <ng-template #body let-tds>
      <tr>
        @for (td of tds; track `td-id-${td}{{$index}}`) {
          @if ($index !== 0 && tds[0] ===
riskData.additionalTableParams.th[$index]) {
            <td [id]="`td-id-${td}`">-</td>
          } @else {
            <td [id]="`td-id-${td}`">{{ td | translate }}</td>
          }
        }
      </tr>
    </ng-template>
  </p-table>
</div>
}
</div>
<div class="container flex">
  <div class="flex line">
    <div class="square blue"></div>
    <p> + </p>
  </div>
  <div class="flex line">
    <div class="square light"></div>
    <p> - </p>
  </div>
</div>
<div [id]="`model-container-KO-${$index}`" [class]="`container model-container-KO-
{{$index}}`"></div>
  @if (riskData.recommendationDescription) {
    <p> <span class="bold">Рекомендація експерта:</span>
    {{riskData.recommendationDescription}}</p>
  }
}
</section>
<app-footer></app-footer>

```

Д8. Фрагмент коду компонента КО/CLD експертизи

```

import { Component, ChangeDetectionStrategy, ChangeDetectorRef } from '@angular/core';
import { TranslatePipe } from "@ngx-translate/core";
import { Router } from '@angular/router';
import * as d3 from 'd3';
import { DialogModule } from 'primeng/dialog';
import { DividerModule } from 'primeng/divider';

```

```

import { TableModule } from 'primeng/table';
import { ButtonModule } from 'primeng/button';
import { TooltipModule } from 'primeng/tooltip';
import { AppCommunicationService } from '@port/services/app-communication.service';
import { HeaderComponent } from '@port/shared/organisms/header/header.component';
import { FooterComponent } from '@port/shared/organisms/footer/footer.component';

@Component({
  selector: 'app-info-expertise-dialog',
  standalone: true,
  imports: [
    DialogModule,
    DividerModule,
    TableModule,
    ButtonModule,
    TooltipModule,
    TranslatePipe,
    HeaderComponent,
    FooterComponent
  ],
  templateUrl: './info-expertise-dialog.component.html',
  styleUrls: ['./info-expertise-dialog.component.scss'],
  changeDetection: ChangeDetectionStrategy.OnPush
})
export class InfoDialogExpertiseComponent {
  public current: any = {}
  public risksData: any = []
  constructor (
    private router: Router,
    private cdr: ChangeDetectorRef,
    private appCommunicationService: AppCommunicationService,
  ) {
    this.current = this.appCommunicationService.getCurrentExpertise()
    this.updateView()
  }
  public updateView() {
    this.calculationOfMainTable()
    this.current.risksData
      .forEach((el: any, index: number) => {
        this.risksData.push({
          expert: this.current.email.find((mail: any) => mail.email === el.email).name,
          tableParams: el.tableParams,
          analyzeTable: el.analyzeTable,
          additionalTableParams: el.additionalTableParams,
          recommendationDescription: el.recommendationDescription,
          fields: this.current.approve.fields.map((field: any) => ({ label: field.label,
            value: field.approve.find((appr: any) => appr.email === el.email).value })),
          graph: {}
        })
      })
  }
}

```

```

    if (this.risksData[0].additionalTableParams) {
      for (let i = 0; i < this.risksData.length; i++) {
        this.createCharts(i)
      }
    }
  }
}

private calculationOfMainTable() {
  if (this.current.risksData[0].additionalTableParams) {
    this.risksData.push({
      expert: 'Середнє значення за всіма експертами',
      tableParams: {
        th: [...this.current.risksData[0].tableParams.th],
        td: (this.current.risksData[0].tableParams.td).map((td: (number | string) [],
tdIndex: number) => {
          return td
            .map((el: number | string, index: number) => {
              const sum = +this.current.risksData.reduce((prev: number, next: any) =>
typeof next.tableParams.td[tdIndex][index] === 'number' &&
next.tableParams.td[tdIndex][index] !== 0 ? prev === 0 ? 1 *
next.tableParams.td[tdIndex][index] : prev * next.tableParams.td[tdIndex][index] : prev, 0)
              return index === 0 ? el : sum > 0 ?
                +(sum ** (1 / this.current.risksData.length)).toFixed(4) :
                -1 * +((-1 * sum) ** (1 / this.current.risksData.length)).toFixed(4)
            })
          })
        },
      },
      analyzeTable : {
        mostConnectionAmount: { name: '', value: 0 },
        lessConnectionAmount: { name: '', value: 0 },
        mostNegativeConnectionAmount: { name: '', value: 0 },
        mostPositiveConnectionAmount: { name: '', value: 0 },
        mostInfluenceAmount: { name: '', value: 0 },
        lessInfluenceAmount: { name: '', value: 0 },
        DjGeoMin: 0,
        DjGeoMout: 0,
        DjGeoMinout: 0,
        density: 0,
        complexity: 0,
        hierarchy: 0
      },
    },
  },

```