



Отримано: 28 листопада 2025 р.

Прорецензовано: 5 грудня 2025 р.

Прийнято до друку: 9 грудня 2025 р.

email: oleksandr.novoseletsky@oa.edu.ua

ORCID-ідентифікатор: <https://orcid.org/0000-0003-3757-0552>

email: vladyslav.bondarchuk@oa.edu.ua

DOI: [http://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-39\(67\)-231-235](http://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-39(67)-231-235)

Новоселецький О. М., Бондарчук В. О. Модель управління ризиками інжинірингових проєктів. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія» : серія «Економіка» : науковий журнал*. Острог : Вид-во НаУОА, грудень 2025. № 39(67). С. 231–235.

УДК: 005.8:005.334:004.413

JEL-класифікація: D81, O22, O32

Новоселецький Олександр Миколайович,

кандидат економічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та аналітики даних
Національного університету «Острозька академія»

Бондарчук Владислав Олександрович,

магістрант спеціальності K122 Комп'ютерні науки
Національного університету «Острозька академія»

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНЖИНІРИНГОВИХ ПРОЄКТІВ

У статті представлено розробку моделі управління ризиками в інжинірингових проєктах із застосуванням міжнародних стандартів ISO 31000 та практик PMI PMBOK Guide. Описано побудову ієрархії джерел ризику (RBS), матриці «ймовірність × вплив» та методів аналізу (Bow-tie, FTA, Decision Tree). Запропоновано програмний прототип Risk-App із інтеграцією GPT-API для автоматизації оцінки ризиків і формування рекомендацій.

Ключові слова: управління ризиками, ISO 31000, Risk-App, GPT-API, матриця «ймовірність × вплив».

Oleksandr Novoseletsky,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
at the Department of Information Technologies and Data Analytics,
National University of Ostroh Academy

Vladyslav Bondarchuk,

Master's Student in Computer Science,
The National University of Ostroh Academy

ENGINEERING PROJECT RISK MANAGEMENT MODEL

This article investigates a comprehensive approach to developing risk management models for engineering and IT projects by integrating standardized methodologies—defined by ISO 31000 and the PMI PMBOK Guide—with modern digital analytical tools. The growing complexity of project environments, rapid technological shifts, and increased systemic uncertainty highlight the urgent need for advanced methods capable of enhancing the accuracy and speed of risk assessment. The study proposes a structured framework that includes the identification, categorization, and both qualitative and quantitative evaluation of risks using a Risk Breakdown Structure (RBS), a probability–impact matrix, and scenario-based analytical techniques such as Bow-tie modelling, Fault Tree Analysis (FTA), and Decision Tree analysis. Particular emphasis is placed on the potential of artificial intelligence—specifically generative models—to support automated diagnostics and reduce subjectivity in expert-based evaluations.

As part of the research, a software prototype titled "Risk-App" was developed to demonstrate the integration of the GPT-API into the risk management workflow. The prototype provides automated risk identification, threat classification, and the generation of response recommendations to support the selection of optimal mitigation strategies. The results indicate that combining traditional risk management practices with intelligent computational tools significantly increases decision-making effectiveness and improves project resilience under multifactor uncertainty. The study concludes that AI-enhanced risk management systems can substantially expand analytical capabilities, accelerate the evaluation process, and improve overall project outcomes by providing real-time, data-driven insights.

Keywords: risk management, ISO 31000, Risk-App, GPT-API, probability–impact matrix, project resilience.

Постановка проблеми. Інжинірингові та IT-проєкти характеризуються високим рівнем невизначеності, що зумовлено частими змінами вимог, технологічними ризиками, залежністю від людського фактора та впливом зовнішнього середовища, включаючи економічні та регуляторні коливання. Технології штучного інтелекту, зокрема генеративні моделі, відкривають можливості автоматизації діагностики ризиків, формування рекомендацій на основі великих обсягів даних і зменшення впливу людського фактора на процес прийняття рішень. Це обумовлює потребу розроблення програмного прототипу, здатного інтегрувати



сучасні методи аналізу ризиків, стандартизовані підходи ISO та PMI, а також засоби ШІ для обґрунтованої підтримки проєктних рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Науковий дискурс у сфері управління ризиками в проєктах сьогодні зосереджений на кількох ключових напрямках: удосконалення методологій ризик-менеджменту, створення адаптивних моделей оцінювання ризиків та інтеграція цифрових інструментів у процес прийняття рішень. Сучасні дослідники наголошують на необхідності комплексних підходів, що поєднують аналітичні, комунікаційні та процесні компоненти. Українським вченим В. І. Зюсюном запропоновано концептуальну модель управління ризиками в проєктах створення онлайн-платформ, яка демонструє важливість структурованої ідентифікації ризиків та гнучкого реагування в умовах цифровізації [1]. В свою чергу дослідники Ю. Черненко та Б. Бородін акцентують на моделюванні проєктних ризиків як передумові сталої діяльності підприємства, підкреслюючи значення кількісних методів оцінювання та прогнозування наслідків ризикових подій [2]. Наукове дослідження Д. Литвиненка та О. Малєєвої розкриває специфіку ризиків у проєктах відновлення транспортної інфраструктури, де критичним чинником є ефективна комунікація між учасниками й узгодженість управлінських рішень [6]. Попри наявні напрацювання, фахівці відзначають недостатній рівень адаптації моделей до умов підвищеної невизначеності та нестабільності, що характерні для сучасного проєктного середовища.

Мета та завдання дослідження. Мета дослідження полягає в аналізі та розробленні моделі управління ризиками інжинірингових проєктів на основі стандартів ISO 31000 та практик PMI PMBOK Guide, а також у визначенні можливостей застосування сучасних цифрових інструментів для підвищення ефективності оцінювання та реагування на ризики. Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання: щоб дослідити ключові підходи до ідентифікації та оцінки ризиків, проаналізувати застосування структурованих моделей, таких як Risk Breakdown Structure, матриця «ймовірність × вплив» та методи аналізу сценаріїв (Bow-tie, FTA, Decision Tree), а також розробити програмний прототип Risk-App з інтеграцією GPT-API для автоматизації процесів ризик-менеджменту та формування рекомендацій у межах проєктної діяльності.

Виклад основного матеріалу. Управління ризиками інжинірингових проєктів ґрунтується на принципах, визначених міжнародним стандартом ISO 31000:2018, який формує концептуальну основу для побудови ефективної ризик-орієнтованої системи менеджменту. Стандарт розглядає управління ризиками як безперервний, інтегрований та системний процес, що має охоплювати всі рівні організаційної структури та всі стадії життєвого циклу проєкту. Такий підхід забезпечує узгодженість управлінських рішень, прозорість процедур, підвищення відповідальності стейкхолдерів та стійкість проєктної діяльності в умовах підвищеної динамічності й невизначеності зовнішнього середовища [5].

Відповідно до ISO 31000:2018, процес управління ризиками являє собою структуровану послідовність взаємопов'язаних етапів, які спрямовані на ідентифікацію, аналіз, оцінювання та контроль ризиків. До його ключових компонентів належать [5]:

1) встановлення контексту – визначення стратегічних, організаційних, технічних та зовнішніх умов, у межах яких здійснюється управління ризиками; формування критеріїв оцінювання ризиків та окреслення меж їх прийнятності;

2) ідентифікація ризиків – систематичне виявлення подій, факторів та умов, що можуть негативно вплинути на досягнення проєктних цілей, включаючи технічні, операційні, фінансові, кадрові, регуляторні та інші ризики;

3) аналіз ризиків – визначення природи, джерел, причин та можливих наслідків ризиків, а також оцінка ймовірності їх настання; формування кількісних та/або якісних характеристик;

4) оцінювання та ранжування ризиків – зіставлення отриманих значень ризиків із встановленими критеріями, визначення їхніх пріоритетів і прийнятності, формування основи для вибору стратегії реагування;

5) обрання стратегій реагування – розроблення та впровадження відповідних заходів впливу: уникнення, мінімізації, передавання або прийняття ризику, з урахуванням ресурсних, технічних та часових обмежень проєкту;

6) моніторинг та перегляд – постійне спостереження за станом ризиків і ефективністю обраних заходів, а також своєчасне оновлення ризик-профілю відповідно до нових даних, змін у проєктному середовищі та появи додаткових невизначеностей.

Суттєвою особливістю стандарту є його універсальність та гнучкість: ISO 31000 не передбачає конкретних методів або інструментів, натомість пропонує загальну логіку, яка може адаптуватися до специфіки організації, типу проєкту та доступних аналітичних ресурсів [5]. Це дозволяє застосовувати широкий спектр моделей аналізу ризиків – від експертних і матричних до статистичних, машинних імітацій та методів штучного інтелекту – зберігаючи при цьому узгодженість процесу в межах концептуальної рамки стандарту.



На відміну від ISO, PMI PMBOK Guide (7th Edition) фокусує увагу не лише на процесах, а й на принципах адаптивності, що особливо важливо для IT- та інжинірингових проєктів. PMBOK підкреслює, що ризик – це не статична подія, а динамічний фактор, який змінюється разом із розвитком вимог, технологій та операційних умов [7]. Тому методологія пропонує комбінувати класичні та гнучкі підходи, включно з регулярними ревізіями ризикового профілю проєкту.

Узгоджене застосування стандарту ISO 31000 та методології PMBOK формує цілісну методичну основу для побудови ефективної системи управління ризиками в інжинірингових та IT-проєктах. Поєднання цих підходів забезпечує:

- формування уніфікованих процедур аналізу, що дозволяє стандартизувати дії учасників проєкту, мінімізувати суб'єктивність оцінок та забезпечити порівнюваність результатів між проєктами різного типу;
- побудову багаторівневих моделей ризиків, у межах яких ризики систематизуються за категоріями, джерелами та наслідками, що дає змогу розглядати їх як у загальному контексті, так і на рівні окремих функціональних підсистем;
- інтеграцію цифрових інструментів у процеси оцінювання, включаючи програмне моделювання, машинне навчання, автоматизований збір даних та використання інтелектуальних систем для формування ризикових прогнозів;
- підвищення обґрунтованості управлінських рішень, оскільки формалізовані процедури аналізу, у поєднанні з сучасними аналітичними засобами, забезпечують глибше розуміння ризиків і точнішу оцінку їхнього впливу на результати високотехнологічних проєктів.

На базі зазначених методичних засад у межах дослідження здійснюється розроблення ключових інструментів ризик-менеджменту: ієрархічної структури ризиків (RBS), матриці «ймовірність × вплив» та моделей сценарного аналізу, що забезпечують комплексне охоплення ризикових факторів і дозволяють здійснювати прогнозне моделювання розвитку подій.

Одним із фундаментальних елементів систематизації ризиків є побудова Risk Breakdown Structure (RBS) – ієрархічної моделі джерел ризику, що передбачає їх деталізацію від загальних категорій до конкретних підтипів. Аналіз ризиків у формі RBS дає змогу:

- 1) класифікувати ризики за основними групами: технічними, організаційними, зовнішніми, управлінськими, фінансовими, кадровими тощо;
- 2) структурувати процес ідентифікації шляхом послідовного опрацювання кожної категорії;
- 3) мінімізувати ймовірність пропуску критичних чинників завдяки системному охопленню потенційних джерел ризику;
- 4) забезпечити узгодженість між аналітиками, експертами й менеджерами, оскільки RBS створює спільну термінологічну та логічну основу для аналізу [4]. У сучасних інжинірингових процесах RBS допомагає структурувати ризики, пов'язані з проєктуванням, цифровими технологіями, ланцюгами постачання та експлуатаційними параметрами обладнання.

Для якісно-кількісного оцінювання невизначеностей у проєктній діяльності широко застосовується матриця «ймовірність × вплив». Цей інструмент є базовим елементом системи ризик-менеджменту відповідно до стандартів ISO та PMBOK, оскільки дає змогу оперативно структурувати ризики, визначити їх пріоритетність та сформувавши основу для планування заходів реагування. Матриця передбачає порівняння ймовірності настання ризикової події з масштабом її потенційного впливу на проєкт, що дозволяє віднести ризики до зон низької, середньої або високої критичності [7]. Така класифікація забезпечує можливість ефективного ресурсного планування, зосереджуючи управлінські зусилля на ризиках, здатних спричинити найбільші відхилення від цілей проєкту.

У складних інжинірингових системах, де наслідки можуть мати не лише прямий, а й каскадний характер (наприклад, технологічні збої, ланцюгові зупинки виробничих процесів, інтеграційні помилки), матриця «ймовірність × вплив» виконує функцію початкового фільтра. Вона дає змогу швидко окреслити критичні зони ризику, що потребують поглибленого аналізу за допомогою спеціалізованих методів.

На етапі детальної діагностики ризиків доцільно застосовувати методи сценарного моделювання, які дозволяють відтворити механізми виникнення небажаних подій, оцінити потенційну динаміку їх розвитку та виявити можливі точки втручання.

Одним із таких методів є Bow-tie Analysis, що поєднує причинно-наслідковий аналіз із візуалізацією можливих сценаріїв. Структура «метелика» дозволяє одночасно відобразити:

- a) основну небажану подію;
- b) фактори-тригери, що можуть її спричинити;
- c) наслідки, які вона здатна викликати;



d) бар'єри контролю та превентивні заходи, що знижують імовірність її настання або пом'якшують наслідки. Завдяки цьому Bow-tie є ефективним інструментом оцінювання комплексних ризиків, оскільки забезпечує чітке бачення логіки подій і доступних механізмів впливу.

Для глибшого технічного аналізу складних інцидентів застосовується Fault Tree Analysis – метод, що дозволяє декомпонувати небажану подію на ієрархію первинних та проміжних причин. FTA зосереджується на побудові логічного дерева відмов, у межах якого використовуються булеві оператори AND/OR для визначення комбінацій факторів, здатних спричинити інцидент [3]. Метод Decision Tree, у свою чергу, використовується для оцінювання альтернативних варіантів реагування з урахуванням ймовірностей та очікуваної цінності, що забезпечує обґрунтування управлінських рішень.

Подальший розвиток цифрового ризик-менеджменту пов'язаний із можливістю автоматизації рутинних етапів аналізу, і саме тому запропоновано програмний прототип Risk-App, який інтегрує GPT-API для підтримки процесів ідентифікації та оцінки ризиків. Застосування великих мовних моделей дозволяє формувати RBS, генерувати ризикові сценарії, описувати наслідки та пропонувати варіанти реагування на основі структурованих даних.

Інтеграція великих мовних моделей у функціональний цикл прототипу Risk-App здійснюється шляхом використання GPT-API для автоматизованого аналізу, генерації та структурування інформації про ризики. Центральним елементом цієї інтеграції є prompt-інжиніринг – дисципліна, спрямована на створення, оптимізацію та адаптацію вхідних запитів (prompts) до моделі з метою отримання релевантних, коректних і формалізованих відповідей, що відповідають аналітичним цілям системи. Prompt-інжиніринг не обмежується простим формуванням текстового запиту; це систематична методологія, яка визначає структуру, семантичні елементи та супровідні інструкції для мовної моделі з урахуванням контексту задачі, обсягу даних і вимог до формату вихідних результатів [1; 2].

Алгоритмічна взаємодія з GPT-API починається із формалізації вимог до вихідної інформації: система визначає типове завдання аналізу ризику (наприклад, ієрархічне структурування ризиків, генерацію сценаріїв, оцінювання ймовірності чи наслідків) і кодує ці вимоги в структурований prompt. Такий prompt зазвичай складається із трьох компонентів:

- 1) системних інструкцій, які визначають контекст моделі та правила генерації (системний prompt);
- 2) даних користувача (параметри проекту, контекст ситуації, історичні записи ризиків);
- 3) формальних шаблонів і вимог до формату відповіді (структуровані інструкції щодо форматування, стилю відповіді і вихідних форматів). Цей підхід забезпечує, що моделі передається не лише текстовий запит, а й чіткий опис очікуваного типу результату – наприклад, табличної структури ризиків, маркерів ймовірності або категорій наслідків – що суттєво підвищує адекватність відповіді й зменшує потребу в подальшій постобробці.

У контексті циклу оцінки ризиків prompt-інжиніринг реалізується як ітеративний процес, що включає генерацію початкового prompt-запиту, виконання виклику GPT-API, оцінку результатів моделі та адаптацію prompt для досягнення бажаної точності та формату. Такий ітеративний цикл дозволяє системі враховувати зміни вимог проекту, уточнювати контекстні аспекти ризиків, а також використовувати техніки поглибленого підказування (наприклад, chain-of-thought або багатоетапні приклади), що покращують логічну послідовність й обґрунтованість відповідей у складних аналітичних задачах [1; 2]. Через оптимізацію prompt-конструкцій прототип здатний адаптуватися до різних видів вхідних даних і контекстів, що забезпечує більшу гнучкість і повторюваність аналітичних результатів у процесах автоматичного виявлення, класифікації та опису ризикових сценаріїв у межах цифрового ризик-менеджменту.

Безпосередній алгоритм роботи Risk-App передбачає введення користувачем параметрів проекту та автоматичне формування набору ризиків у стандартизованому форматі, придатному для подальшої побудови матриць, діаграм bow-tie або дерев рішень (табл. 1.)

Таблиця 1

Приклад результатів оцінки ризиків у Risk-App

Категорія ризику	Причина	Імовірність	Вплив	Критичність	Рекомендована стратегія
Технічний	Помилка проєктування	Середня	Високий	Висока	Мінімізація
Організаційний	Недостатня координація	Висока	Середній	Висока	Уникнення
Фінансовий	Перевищення бюджету	Низька	Високий	Середня	Прийняття
Кадровий	Відсутність кваліфікації	Середня	Середній	Середня	Передача/Менторство
Зовнішній	Затримки постачання	Висока	Високий	Висока	Мінімізація

Джерело: сформовано автором.



Використання Risk-App забезпечує цілісну і структуровану оцінку ризиків, інтегрує кількісні та якісні підходи та сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень у складних інжинірингових проєктах.

Висновки. У результаті було сформовано комплексний методологічний підхід до управління ризиками інжинірингових проєктів, що інтегрує положення міжнародного стандарту ISO 31000:2018 та принципи PMI PMBOK із сучасними засобами цифрової аналітики та штучного інтелекту. Запропонований підхід забезпечує цілісність процесів ризик-менеджменту, підвищує їх формалізованість і сприяє зменшенню впливу суб'єктивних чинників на прийняття управлінських рішень. Застосування Risk Breakdown Structure (RBS) дозволило побудувати структуровану багаторівневу модель джерел ризику, що забезпечує повноту їх ідентифікації та полегшує подальший аналіз. Використання матриці «ймовірність × вплив» дало змогу здійснити первинне ранжування ризиків за рівнем критичності, визначити пріоритетні напрями реагування та сформувавши основу для детальнішої аналітики.

Методи Bow-tie Analysis, Fault Tree Analysis (FTA) та Decision Tree забезпечили можливість глибокого причинно-наслідкового дослідження ризикових подій, моделювання різних сценаріїв їх розвитку та порівняння альтернативних стратегій управління. Завдяки їх поєднанню було отримано комплексне бачення механізмів виникнення ризиків та можливостей їхнього контролю на різних рівнях системи. Розроблений програмний прототип Risk-App підтвердив доцільність і практичну цінність інтеграції GPT-API у процеси ризик-менеджменту. Система продемонструвала здатність автоматизувати ідентифікацію, структурування та класифікацію ризиків, генерувати релевантні рекомендації, а також зменшувати рівень суб'єктивності під час експертних оцінок. Результати апробації свідчать про значний потенціал використання великих мовних моделей для підвищення точності, швидкості та обґрунтованості управлінських рішень у складних інжинірингових та IT-проєктах.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональних можливостей Risk-App, зокрема інтеграцію кількісних методів аналізу та прогнозування ризиків; реалізацію інструментів аналізу чутливості; застосування методів імітаційного моделювання, зокрема симуляції Монте-Карло; адаптацію платформи до специфіки різних типів інжинірингових, IT та виробничих проєктів; удосконалення механізмів навчання моделей на доменно-орієнтованих наборах даних. Отримані результати підтверджують актуальність запропонованого підходу та демонструють перспективність використання цифрових інтелектуальних технологій для підвищення ефективності та передбачуваності управління ризиками у високотехнологічних проєктних середовищах.

Література:

1. Зюзюн, В.І., Ляшенко, Д.О. (2025). Концептуальна модель управління ризиками в проєкті створення онлайн-платформи високовартісних товарів. *Збірник наукових праць НУК*, 1, 137-143.
2. Zyuzyun V.I., Lyashenko D.O. (2025). Kontseptual'na model' upravlinnya ryzykamy v proekti stvorennya onlayn-platforny vysokovartisnykh tovariv [Conceptual model of risk management in the project of creating an online platform for high-value goods]. *Zbirnyk naukovykh prats' NUK* [Collection of scientific works of the National University of Ukraine], 1, 137-143. [in Ukrainian].
3. Черненко, Ю., Бородин, Б. (2025). Моделювання проєктних ризиків для сталої господарської діяльності компанії. *Сталій розвиток економіки*, 1 (52), 382-386.
4. Chernenko, YU., Borodin, B. (2025). Modelyuvannya proyektnykh ryzykiv dlya staloyi hospodars'koyi diyal'nosti kompaniyi [Modeling project risks for sustainable economic activity of the company]. *Stalyi rozvytok ekonomiky* [Sustainable Development of Economy], 1 (52), 382-386. [in Ukrainian].
5. Ericson, C. A. (2005). *Fault tree analysis primer*. Wiley.
6. Hillson, D. (2002). The risk breakdown structure (RBS) as an aid to effective risk management. *International Journal of Project Management*, 20(5), 337-345.
7. International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines*. ISO.
8. Lytvynenko, D., Malyeyeva, O. (2022) Управління ризиками в проєктах відновлення транспортної інфраструктури регіону на основі комунікацій учасників. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, 2 (20), 44-51.
9. Lytvynenko, D. & Malyeyeva, O. (2022) Upravlinnya ryzykamy v proyektakh vidnovlennya transportnoyi infrastruktury rehionu na osnovi komunikatsiy uchasnykiv [Risk management in regional transport infrastructure restoration projects based on participant communications]. *Suchasnyy stan naukovykh doslidzhen' ta tekhnolohiy v promyslovosti* [Current status of scientific research and technologies in industry], 2 (20), 44-51. [in Ukrainian].
10. Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.)*. PMI.