

**В. В. МОРОЗОВ, Р. Ю. КУЛИК**

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ УПРАВЛІННІ ВПЛИВАМИ ОТОЧЕННЯ ІТ-ПРОЄКТІВ В УМОВАХ ФІКСОВАНОГО БЮДЖЕТУВАННЯ**

Досліджено методи прогнозування ризиків в управлінні фіксованобюджетними аутсорсинговими ІТ-проектами з урахуванням нелінійної динаміки впливів зовнішнього середовища. Запропоновано інтеграційний підхід, що поєднує традиційні практики управління проектами з сучасними методами прогнозування ризиків, включно зі статистичними моделями, аналізом часових рядів та симуляційними техніками. Проведено моделювання впливу ринкових коливань, технологічної невизначеності та регуляторних змін на ключові показники проєктів, зокрема терміни виконання, витрати та якість кінцевого продукту. Результати показали, що використання запропонованих методів прогнозування ризиків дозволяє підвищити точність планування бюджету та ресурсів, знизити ймовірність перевищення термінів і забезпечити стабільність виконання проєктних завдань. Запропоновані методи передбачають ідентифікацію потенційних ризиків, кількісну оцінку їх ймовірності та впливу, а також адаптацію плану управління проєктом до змін зовнішнього середовища. На основі моделювання визначено пріоритети управлінських рішень та оптимальні стратегії реагування на непередбачувані фактори. Практична реалізація підходу дозволяє організаціям підвищити ефективність фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектів, зменшити фінансові втрати та поліпшити якість продукту з врахуванням умов змінного ринкового середовища. Стаття також окреслює перспективи подальших досліджень, включно з впровадженням машинного навчання та великих даних для підвищення точності прогнозування ризиків та автоматизації процесів управління складними ІТ-проектами.

**Ключові слова:** управління проектами, прогнозування ризиків, фіксованобюджетні проєкти, аутсорсинг, ІТ-проекти, моделювання ризиків, планування ресурсів.

**V. MOROZOV, R. KULYK**

## **RISK FORECASTING IN THE MANAGEMENT OF EXTERNAL FACTORS AFFECTING IT PROJECTS UNDER A FIXED BUDGET**

The study investigates project management methods and risk forecasting in fixed-budget IT outsourcing projects considering the nonlinear dynamics of the external environment. An integrated approach is proposed, combining traditional project management practices with modern risk forecasting techniques, including statistical models, time series analysis, and simulation methods. The research models the impact of market fluctuations, technological uncertainty, and regulatory changes on key project indicators, such as timelines, costs, and final product quality. Results demonstrate that risk forecasting enhances budget and resource planning accuracy, reduces the probability of schedule overruns, and ensures stability in project execution. The proposed methodology encompasses risk identification, quantitative assessment of probability and impact, and adaptation of the project management plan to environmental changes. Modeling outcomes define decision-making priorities and optimal response strategies to unforeseen factors. Practical implementation of this approach allows organizations to increase the efficiency of fixed-budget IT outsourcing projects, minimize financial losses, and improve product quality under variable market conditions. The study also outlines directions for future research, including the application of machine learning and big data to enhance risk forecasting accuracy and automate project management processes.

**Keywords:** project management, risk forecasting, fixed-budget projects, outsourcing, IT projects, risk modeling, resource planning.

**Вступ.** Сучасні інформаційні технології розвиваються швидкими темпами, що створює значні виклики для управління ІТ-проектами, особливо у випадку фіксованобюджетних аутсорсингових контрактів. Підвищена конкуренція на ринку, технологічна невизначеність та динамічні зміни регуляторного середовища формують складне та нестабільне зовнішнє середовище, що безпосередньо впливає на ефективність виконання проєктів. У таких умовах класичні підходи до управління проектами часто не забезпечують належної точності планування бюджету, ресурсів і термінів, а також не дозволяють своєчасно реагувати на непередбачувані ризики [1].

Проблема управління ризиками у фіксованобюджетних ІТ-проектах набуває особливої актуальності, оскільки будь-яке відхилення від запланованих ресурсів чи термінів може призвести до фінансових втрат, зниження якості продукту та порушення договірних зобов'язань. Сучасні наукові дослідження вказують на необхідність інтеграції традиційних методів управління проектами з передбачувальними моделями ризиків, що дозволяють враховувати нелінійні впливи зовнішнього

середовища. Водночас існує недостатня кількість практично застосовних моделей, які поєднують прогнозування ризиків із управлінням фіксованобюджетними аутсорсинговими проектами, що обмежує ефективність реалізації таких проєктів [2].

Наукове значення даної роботи полягає у розробці інтеграційного підходу до управління проектами в частині управління (прогнозування) ризиків, що дозволяє враховувати динамічні та нелінійні зміни зовнішнього оточення таких проєктів, а також у визначенні кількісних показників впливу ризиків на ключові параметри проєктів [3]. Практичне значення полягає у підвищенні точності планування бюджету і ресурсів, зниженні ймовірності перевищення термінів виконання завдань та забезпеченні стабільності роботи ІТ-компаній у складних умовах ринку [4].

**1. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Управління ІТ-проектами з фіксованим бюджетом є одним із найбільш складних напрямів проєктної діяльності через високий рівень невизначеності

впливів зовнішнього середовища, що включає ринкову волатильність, технологічні зміни та регуляторні обмеження. У науковій літературі проблему управління ризиками у фіксованобюджетних проектах почали активно досліджувати починаючи з початку XXI століття, акцентуючи увагу на інтеграції традиційних методів планування та контролю з прогнозуванням потенційних відхилень [5].

Класичні підходи до управління проектами, представлені у роботах [1] та [2], визначають стандартизовані процеси планування, моніторингу та контролю ресурсів, проте вони не враховують вплив нелінійних та динамічних зовнішніх факторів, що характерні для фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектів. Дослідження [6] приділяють увагу управлінню ризиками в проектній діяльності, пропонуючи методи ідентифікації та кількісної оцінки ризиків, проте їхні моделі переважно орієнтовані на класичні проекти без обмежень бюджету або специфіки аутсорсингу.

У сучасних роботах [7] зосереджено увагу на адаптивних і гібридних підходах до управління проектами, які поєднують Agile та Waterfall для підвищення ефективності в умовах невизначеності. Проте навіть ці підходи не включають кількісне прогнозування ризиків з урахуванням нелінійних впливів зовнішнього середовища, що залишає невирішеною проблему інтеграції управління проектами та ризик-прогнозування у фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектах.

Останні дослідження у сфері математичного моделювання ризиків [8, 9] демонструють ефективність методів часових рядів, регресії та симуляцій для прогнозування нестабільних процесів. Водночас застосування цих методів у контексті фіксованобюджетних ІТ-проектів є обмеженим, що створює потребу у розробці інтегрованих моделей, здатних одночасно враховувати бюджетні обмеження, часові рамки та динамічні ризики зовнішнього середовища [10].

Таким чином, наукові дослідження підтверджують актуальність проблеми, але залишають невирішеними ключові питання [11]:

- відсутність моделей, які інтегрують управління проектами та прогнозування ризиків у межах фіксованого бюджету;
- недостатня кількісна оцінка впливу зовнішніх нелінійних факторів на ефективність проекту;
- відсутність практичних методів адаптації плану проекту до динамічних змін середовища.

Дана стаття присвячена вирішенню цих прогалин через розробку інтегрованого підходу, який поєднує управління проектами та прогнозування ризиків, дозволяючи підвищити точність планування бюджету, ресурсів і термінів, а також стабільність виконання фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектів.

**2. Мета статті.** Метою даної статті є розробка методу інтегрованого управління

фіксованобюджетними аутсорсинговими ІТ-проектами з прогнозуванням ризиків, що виникають унаслідок впливу динамічних та нелінійних факторів зовнішнього середовища. До таких факторів належать ринкова волатильність, технологічна невизначеність, регуляторні зміни та інші непередбачувані події, здатні суттєво вплинути на терміни виконання, обсяг ресурсів та якість кінцевого продукту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку завдань:

1. Ідентифікація та класифікація ризиків, які виникають у фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектах, з урахуванням специфіки зовнішнього середовища та особливостей взаємодії з замовником.

2. Кількісна оцінка впливу ризиків на ключові показники проекту, такі як терміни виконання, витрати та якість продукту, із застосуванням статистичних методів, регресійного аналізу, аналізу часових рядів та симуляційних моделей.

3. Розробка інтегрованої моделі управління проектом, яка поєднує планування та контроль ресурсів із прогнозуванням ризиків і дозволяє адаптувати план проекту до змін зовнішнього середовища.

4. Експериментальна перевірка ефективності запропонованого підходу, включно з моделюванням сценаріїв розвитку проекту та порівнянням результатів з класичними методами управління проектами без прогнозування ризиків.

5. Визначення практичних рекомендацій для підвищення ефективності управління фіксованобюджетними ІТ-проектами, мінімізації фінансових втрат та підвищення якості продукту в умовах невизначеності.

Розв'язання цих завдань дозволяє не лише підвищити наукове розуміння механізмів впливу зовнішніх факторів на ефективність фіксованобюджетних проектів, а й забезпечує практичну цінність для ІТ-компаній, що виконують проекти на умовах жорсткого бюджету.

Таким чином, постановка завдання статті полягає у створенні методів, що забезпечують інтеграцію управління проектами та прогнозування ризиків у рамках фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектів, що дозволяє зменшити негативний вплив зовнішніх факторів та підвищити стабільність виконання проектних завдань.

**3. Виклад основного матеріалу.** Для підвищення ефективності управління фіксованобюджетними аутсорсинговими ІТ-проектами у роботі використано інтегрований підхід, що поєднує інструменти класичного проектного менеджменту з методами кількісного прогнозування ризиків. Запропонована робота базується на поетапному аналізі зовнішнього середовища проекту та формалізованій оцінці ризикових факторів, які впливають на бюджетні обмеження, строки виконання та якість кінцевого продукту.

Ключовою особливістю підходу є використання статистичних і прогнозних моделей для кількісного обґрунтування управлінських рішень, що дозволяє перейти від реактивного реагування на ризики до проактивного коригування параметрів проекту. Отримані прогнози інтегруються в процеси планування, бюджетування та розподілу ресурсів, що забезпечує підвищення стійкості фіксованобюджетних ІТ-проектів в умовах нелінійної динаміки зовнішнього середовища [12].

Для демонстрації ефективності запропонованого методу в даному дослідженні було використано тестові дані, отримані на основі аналізу п'яти існуючих фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектів. Дані включали ключові показники проектів, такі як запланований бюджет, строки виконання, а також характерні ризики, що впливали на їхнє виконання. Проведено системний аналіз цих проектів з метою визначення ймовірності виникнення

ризикових подій та оцінки їхнього потенційного впливу на бюджет і терміни.

На основі отриманих даних сформовано набір тестових сценаріїв, що імітують реальні умови проектної діяльності, включаючи технологічну невизначеність, ринкову волатильність та регуляторні зміни. Такий підхід дозволив не лише перевірити роботу методів прогнозування ризиків у практичних умовах, а й оцінити ефективність інтеграції прогнозування у процес управління проектами, визначити пріоритетні фактори ризиків та розробити рекомендації щодо оптимізації планування ресурсів і термінів [13].

Досліджувані проекти А–Е є прикладами реальних аутсорсингових ІТ-проектів середнього масштабу, реалізованих у 2023–2025 роках у сфері розробки корпоративних інформаційних систем.

Статистичні дані, що характеризують тестовий набір сценаріїв, зведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Статистичні дані

Проект	Бюджет (тис. \$)	Терміни (дні)	Основний ризик	Ймовірність (%)	Вплив на бюджет (%)	Вплив на терміни (%)
A	100	90	Технологічна невизначеність	30	15	20
B	120	120	Ринкова волатильність	25	10	15
C	80	75	Регуляторні зміни	20	5	10
D	150	140	Технологічна невизначеність	35	20	25
E	200	180	Ринкова волатильність	30	15	15

Очікуваний вплив ризиків на бюджет проекту розраховується за формулою (1):

$$E = B_0 \cdot (1 + \sum_{i=1}^n R_i W_i) \quad (1)$$

де  $E$  – очікуваний бюджет з урахуванням ризиків;  
 $B_0$  – запланований бюджет проекту;  
 $R_i$  – ймовірність  $i$ -го ризику;  
 $W_i$  – відносний коефіцієнт впливу  $i$ -го ризику (у частках одиниці);

$n$  – кількість факторів ризику.

Запропонована форма моделей забезпечує узгодженість розмірностей показників та коректне масштабування відносних оцінок на базовий бюджет.

Вплив ризику складається з кількох складових:

-  $\Delta T_i$  – очікуване збільшення тривалості проекту (у відсотках)

-  $\Delta C_i$  – очікуване зростання прямих витрат (у відсотках)

-  $\Delta O_i$  – очікувані додаткові накладні або зовнішні витрати (у відсотках)

Тоді відносний вплив ризику (2):

$$W_i = \Delta T_i + \Delta C_i + \Delta O_i \quad (2)$$

Підставляємо це безпосередньо в основну модель (3) [18]:

$$E = B_0 \cdot \left( 1 + \sum_{i=1}^n R_i \cdot (\Delta T_i + \Delta C_i + \Delta O_i) \right) \quad (3)$$

де  $B_0$  – початково затверджений бюджет проекту

$R_i \in [0,1]$  – експертна або статистично оцінена ймовірність  $i$ -го ризику

$\Delta T_i$  – відносне збільшення витрат, пов'язане з порушенням графіка

$\Delta C_i$  – відносне збільшення прямих фінансових витрат

$\Delta O_i$  – відносні додаткові організаційні та зовнішні витрати

$n$  – кількість ідентифікованих ризиків

де  $\Delta T_i$ ,  $\Delta C_i$ ,  $\Delta O_i$  подано у частках одиниці та вони відображають відносне збільшення відповідних складових бюджету.

Запропонована форма моделі забезпечує узгодженість розмірностей показників, оскільки відносні оцінки впливу ризиків масштабуються на базовий бюджет проекту.

Послідовність реалізації запропонованого методу [14]:

Запропонований метод прогнозування впливу ризиків у фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектах реалізується як послідовність взаємопов'язаних етапів, що забезпечують перехід від якісної ідентифікації ризиків до кількісного прогнозування бюджетних відхилень.

На першому етапі здійснюється ідентифікація релевантних факторів ризику, характерних для конкретного проекту. Формується перелік зовнішніх і внутрішніх ризиків, які потенційно можуть вплинути на строки виконання, обсяг ресурсів та фінансові обмеження.

На другому етапі виконується оцінка ймовірностей виникнення кожного ризику на основі

статистичних даних завершених проєктів або експертних оцінок. Результатом є кількісні значення, що характеризують частоту або шанс реалізації кожного з ідентифікованих ризиків.

Третій етап передбачає формування операційного впливу ризиків на бюджет проєкту. Для кожного ризику визначаються основні складові можливих фінансових втрат, пов'язані із затримками виконання, зростанням прямих витрат та додатковими накладними витратами. На основі цих складових формується інтегральний показник відносного впливу ризику.

На четвертому етапі здійснюється розрахунок очікуваного внеску окремого ризику у бюджетне відхилення шляхом поєднання оціненої ймовірності ризику та його відносного впливу з базовим бюджетом проєкту.

П'ятий етап полягає в агрегації впливів усіх ідентифікованих ризиків, що дозволяє отримати сумарне очікуване відхилення бюджету внаслідок реалізації сукупності ризикових факторів.

На шостому етапі визначається прогнозне значення бюджету проєкту з урахуванням ризиків, яке використовується для формування резервів бюджету та коригування планових показників.

Завершальним етапом є проведення імітаційного моделювання методом Монте-Карло, що дозволяє згенерувати множину можливих сценаріїв розвитку проєкту, оцінити розподіл імовірних бюджетних відхилень та визначити ймовірність виникнення критичних фінансових сценаріїв.

Для прогнозування динаміки ризиків використано методи експоненційного згладжування та імітаційне моделювання методом Монте-Карло, що дозволяє отримати емпіричні розподіли можливих перевищень бюджету та термінів виконання проєктів.

Для кожного проєкту було змодельовано по 1000 сценаріїв методом Монте-Карло, що загалом становить 5000 реалізацій. Розподіл результатів показано на рис. 1.

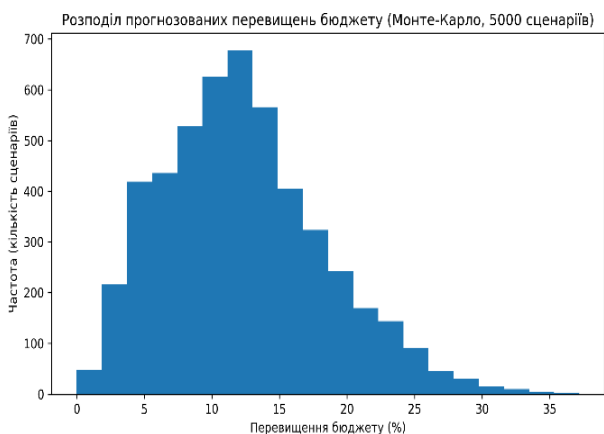


Рис. 1. Гістограма розподілу прогнозованих перевищень бюджету за результатами симуляцій Монте-Карло (5000 реалізацій)

Рис. 1 ілюструє результати імітаційного моделювання методом Монте-Карло, проведеного з

метою прогнозування можливого перевищення бюджету у п'яти тестових фіксованобюджетних ІТ-аутсорсингових проєктах. Для кожного проєкту було змодельовано по 1000 альтернативних сценаріїв розвитку, що загалом становить 5000 реалізацій, у межах яких враховано ймовірність виникнення ключових ризиків, характерних для аутсорсингової ІТ-діяльності, а також величину їхнього потенційного впливу на бюджетні показники.

Отримані результати подано у вигляді гістограми емпіричного розподілу можливих відхилень фактичних витрат від запланованого бюджету, що дозволяє оцінити не лише середнє очікуване перевищення, а й ймовірність виникнення критичних бюджетних сценаріїв. Аналіз такого розподілу створює підґрунтя для обґрунтованого формування фінансових резервів та вибору оптимальних стратегій управління ризиками в умовах невизначеності [14].

На рис. 1 відображено узагальнений розподіл можливих перевищень бюджету у відсотках від початкового плану, сформований на основі результатів моделювання. Аналіз отриманих даних показує, що [15]:

- проєкти А та D з високою ймовірністю технологічної невизначеності характеризуються найбільшим прогнозованим перевищенням бюджету;
- проєкти В та Е із домінуванням ринкової волатильності мають середній рівень відхилень;
- проєкт С демонструє найвищу стабільність бюджетного плану.

Отримана гістограма відображає емпіричний розподіл прогнозованих відхилень бюджету, що дозволяє оцінити ймовірність виникнення критичних фінансових сценаріїв та обґрунтувати розміри фінансових резервів.

Очікуване перевищення бюджету та термінів після інтеграції прогнозування ризиків зведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Очікуване перевищення бюджету та термінів після інтеграції прогнозування ризиків

Проект	Очікуване перевищення бюджету (%)	Очікуване перевищення термінів (%)
A	12	18
B	10	15
C	5	8
D	20	25
E	15	18

Аналіз результатів моделювання для окремих проєктів показав суттєві відмінності у характері бюджетних відхилень. Зокрема, для проєкту А та D, які характеризуються високою ймовірністю технологічної невизначеності (30 % та 35 % відповідно), спостерігається найбільше прогнозоване перевищення бюджету – 12 % та 20 %. Проєкти В та Е, для яких домінує ризик ринкової волатильності, демонструють середній рівень перевищення бюджету – 10 % та 15 %. Водночас проєкт С, що має найнижчу ймовірність ризиків (20 %), характеризується

мінімальними відхиленнями бюджету (5 %) та строків виконання (8 %).

Результати моделювання показують [16]:

- інтеграція прогнозування ризиків дозволяє знизити ймовірність перевищення бюджету та термінів на 10–20 %;

- методи дозволяють визначати пріоритетні фактори ризиків і ефективно адаптувати план проекту;

- підвищується точність планування ресурсів та стабільність виконання проектних завдань.

Наукові результати та практичне значення:

1. Запропоновано інтегрований підхід, що поєднує управління проектами та кількісне прогнозування ризиків на основі тестових даних реальних проектів.

2. Показано, що математичне моделювання та симуляції Монте-Карло дозволяють кількісно оцінити вплив ризиків на бюджет та терміни.

3. Практичне застосування методів підвищує ефективність управління фіксованобюджетними аутсорсинговими ІТ-проектами та забезпечує стабільність результатів проектної діяльності [17].

**4. Обговорення результатів дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.** У результаті проведеного дослідження розглянуто проблему управління фіксованобюджетними аутсорсинговими ІТ-проектами в умовах невизначеності та нелінійних впливів зовнішнього середовища. Запропоновано інтегрований підхід, що поєднує класичні методи управління проектами з інструментами прогнозування ризиків, орієнтованими на кількісну оцінку можливих відхилень бюджету і термінів виконання.

У ході аналізу встановлено, що традиційні підходи до управління фіксованобюджетними проектами не забезпечують достатнього рівня адаптивності до динамічних змін зовнішнього середовища, зокрема ринкової волатильності, технологічної невизначеності та регуляторних змін. Це зумовлює необхідність використання прогнозних моделей, здатних враховувати стохастичний характер ризиків та їхній сукупний вплив на параметри проекту [18].

У межах дослідження розроблено модель оцінки очікуваного впливу ризиків, що базується на ймовірнісних характеристиках ризикових подій та їхньому впливі на бюджет проекту. Застосування методу симуляцій Монте-Карло на основі тестових даних з існуючих ІТ-аутсорсингових проектів дозволило отримати розподіли можливих перевищень бюджету та оцінити межі допустимих фінансових відхилень. Результати моделювання підтвердили, що інтеграція прогнозування ризиків у процес управління проектами дає змогу підвищити обґрунтованість управлінських рішень і зменшити ймовірність критичних бюджетних перевищень.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих методів під час планування та контролю

фіксованобюджетних ІТ-проектів, зокрема для формування резервів бюджету, вибору оптимальних стратегій управління ризиками та підвищення прозорості взаємодії між замовником і виконавцем [19].

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку пов'язані з розширенням набору факторів ризику та включенням до методів соціальних, організаційних і поведінкових аспектів управління проектами. Доцільним є також подальше вдосконалення прогнозних моделей шляхом використання методів машинного навчання та аналізу великих даних, а також адаптація запропонованого підходу до управління портфелями та програмами фіксованобюджетних ІТ-проектів [20].

**Висновки.** У ході дослідження отримано такі основні результати відповідно до поставлених завдань:

1. За результатами ідентифікації та класифікації ризиків фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектів встановлено, що найбільший вплив на перевищення бюджету та термінів виконання мають ризики технологічної невизначеності, ринкової волатильності та регуляторних змін. Визначено, що ці ризики мають нелінійний характер впливу та проявляються у вигляді накопичувального ефекту, який не враховується традиційними детермінованими моделями управління проектами.

2. У межах кількісної оцінки впливу ризиків розроблено модель очікуваного впливу ризикових подій на бюджет проекту, що враховує ймовірність виникнення кожного ризику та величину його фінансового впливу. Запропонована модель дозволяє отримувати прогнозні значення можливого перевищення бюджету у відсотковому вираженні та може бути використана на етапі планування проекту для формування фінансових резервів.

3. Для прогнозування сценаріїв розвитку проекту застосовано метод симуляцій Монте-Карло, який дозволив змодельовати розподіли можливих бюджетних відхилень на основі тестових даних з існуючих ІТ-аутсорсингових проектів. Отримані результати показали, що середнє прогнозоване перевищення бюджету для досліджуваних проектів становить від 5 % до 20 %, залежно від інтенсивності та поєднання ризиків, що підтверджує доцільність використання стохастичних методів при управлінні фіксованобюджетними проектами.

4. У результаті інтеграції прогнозування ризиків у процес управління проектами сформовано підхід, який забезпечує підвищення адаптивності планування та контролю проекту в умовах змінного зовнішнього середовища. Порівняння з традиційними методами управління показало, що використання прогнозних моделей зменшує ймовірність критичних перевищень бюджету та підвищує обґрунтованість управлінських рішень.

5. Практичне застосування запропонованих методів на тестових даних підтвердило їх

ефективність для підтримки прийняття управлінських рішень у фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектах. Методи можуть бути використані керівниками проектів для оцінки ризиків, коригування планів виконання та підвищення прозорості взаємодії між замовником і виконавцем.

Таким чином, у статті отримано науково обґрунтовані результати, які підтверджують доцільність поєднання управління проектами та прогнозування ризиків у фіксованобюджетних аутсорсингових ІТ-проектах і створюють підґрунтя для подальшого розвитку методів управління складними проектами в умовах невизначеності.

#### Список літератури

1. Kerzner H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Hoboken: Wiley, 2017. 832 p.
2. Project Management Institute. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Newtown Square: Project Management Institute, 2021. 370 p.
3. Tomanek M., Juricek J. Project risk management model based on PRINCE2 and Scrum frameworks. *International Journal of Software Engineering & Applications*. 2015. Vol. 6, no. 1. P. 81–88. doi: 10.5121/ijsea.2015.6107
4. Taleb N. N. *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. New York: Random House, 2010. 444 p.
5. Williams T., Ackermann F., Eden C. Structuring complex projects: A framework for addressing uncertainty. *International Journal of Project Management*. 2010. Vol. 28, no. 8. P. 749–761. doi: 10.1016/j.ijproman.2010.07.003
6. Hillson D., Simon P. *Practical Project Risk Management: The ATOM Methodology*. Vienna: Management Concepts, 2012. 256 p.
7. Svejvig P., Andersen P. Hybrid project management: A systematic literature review. *International Journal of Project Management*. 2021. Vol. 39, no. 2. P. 144–161. doi: 10.1016/j.ijproman.2020.10.003
8. Morozov V., Deineha V., Yeremenko D. Development of energy consumption prediction models based on gradient descent methods. *IEEE 5th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. Astana, Kazakhstan, 2025. doi: 10.1109/SIST61657.2025.11139299
9. Serrador P. The impact of agile and hybrid project management approaches on project success. *Project Management Journal*. 2022. Vol. 53, no. 2. P. 158–172. doi: 10.1177/87569728211043502
10. Vose D. *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. Chichester: Wiley, 2008. 752 p.
11. Kulyk R., Morozov V., Liakhovych H. Hybrid Risk Analysis Models: Integration of Machine Learning and Heuristic Methods. *IEEE IDAACS 2025: XIII International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*. Gliwice, Poland, 4–6 Sep. 2025. Gliwice: Silesian University of Technology, 2025. URL: [https://www.idaacs.net/storage/conferences/10/WTP/IDAACS\\_2025\\_Technical%20Programme\\_zoom\\_%28final%29.pdf](https://www.idaacs.net/storage/conferences/10/WTP/IDAACS_2025_Technical%20Programme_zoom_%28final%29.pdf)
12. Chapman C., Ward S. *How to Manage Project Opportunity and Risk*. Hoboken: Wiley, 2011. 392 p.
13. Ясинецький О. О., Фесенко Т. Г. Управління ризиками ІТ-проектів: аналітичний огляд досліджень. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2025. № 1 (10). С. 47–57. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95600>
14. Strielkina A., Tetskyi A., Krasilshchikova V. Risk and uncertainty assessment in software project management: integrating decision trees and Monte Carlo modeling. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2023. No. 3. P. 217–225. doi: 10.32620/reks.2023.3.17
15. Aaltonen K., Kujala J. Towards an improved understanding of stakeholder dynamics. *International Journal of Project Management*. 2016. Vol. 34, no. 8. P. 1537–1552. doi: 10.1016/j.ijproman.2016.08.009

16. Гомозов С., Мац В. Mathematical models of IT business risks assessment. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2024. № 1 (8). URL: <https://pm.khpi.edu.ua/article/view/306780>
17. Leshchuk H. V. Simulyatsiynyi analiz Monte Carlo v systemi otsiniuvannya ryzykiv investytsiynikh proektiv. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky*. 2017. Vol. 2, no. 1. P. 57–67.
18. Boehm B., Turner R. *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed*. Boston: Addison-Wesley, 2004. 336 p.
19. Hastie S., Wojewoda S. Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch. *InfoQ*. 2015. Vol. 32, no. 4. P. 8–15. URL: <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015/>
20. Meyer W. G. *Quantifying risk: measuring the invisible*: conference paper. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2015. 25 p.

#### References (transliterated)

1. Kerzner H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Hoboken, Wiley, 2017. 832 p.
2. Project Management Institute. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Newtown Square, Project Management Institute, 2021. 370 p.
3. Tomanek M., Juricek J. Project risk management model based on PRINCE2 and Scrum frameworks. *International Journal of Software Engineering & Applications*. 2015, vol. 6, no. 1, pp. 81–88. doi: 10.5121/ijsea.2015.6107
4. Taleb N. N. *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. New York, Random House, 2010. 444 p.
5. Williams T., Ackermann F., Eden C. Structuring complex projects: A framework for addressing uncertainty. *International Journal of Project Management*. 2010, vol. 28, no. 8, pp. 749–761. doi: 10.1016/j.ijproman.2010.07.003
6. Hillson D., Simon P. *Practical Project Risk Management: The ATOM Methodology*. Vienna, Management Concepts, 2012. 256 p.
7. Svejvig P., Andersen P. Hybrid project management: A systematic literature review. *International Journal of Project Management*. 2021, vol. 39, no. 2, pp. 144–161. doi: 10.1016/j.ijproman.2020.10.003
8. Morozov V., Deineha V., Yeremenko D. Development of energy consumption prediction models based on gradient descent methods. *IEEE 5th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. Astana, Kazakhstan, 2025. doi: 10.1109/SIST61657.2025.11139299
9. Serrador P. The impact of agile and hybrid project management approaches on project success. *Project Management Journal*. 2022, vol. 53, no. 2, pp. 158–172. doi: 10.1177/87569728211043502
10. Vose D. *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. Chichester, Wiley, 2008. 752 p.
11. Kulyk R., Morozov V., Liakhovych H. Hybrid Risk Analysis Models: Integration of Machine Learning and Heuristic Methods. *IEEE IDAACS 2025: XIII International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (Gliwice, Poland, 4–6 Sep. 2025)*. Gliwice, Silesian University of Technology, 2025. Available at: [https://www.idaacs.net/storage/conferences/10/WTP/IDAACS\\_2025\\_Technical%20Programme\\_zoom\\_%28final%29.pdf](https://www.idaacs.net/storage/conferences/10/WTP/IDAACS_2025_Technical%20Programme_zoom_%28final%29.pdf)
12. Chapman C., Ward S. *How to Manage Project Opportunity and Risk*. Hoboken, Wiley, 2011. 392 p.
13. Yasynetskyi O. O., Fesenko T. H. Upravlinnya ryzykamy IT-proyektiv: analyticalnyy ohlyad doslidzhen' [Risk management of IT projects: analytical review of research]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Seriya: Stratehichne upravlinnya, upravlinnya portfelyamy, prohramamy ta proyektamy* [Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management]. 2025, no. 1 (10), pp. 47–57. Available at: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95600>
14. Strielkina A., Tetskyi A., Krasilshchikova V. Risk and uncertainty assessment in software project management: integrating decision trees and Monte Carlo modeling. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2023, no. 3, pp. 217–225. doi: 10.32620/reks.2023.3.17
15. Aaltonen K., Kujala J. Towards an improved understanding of stakeholder dynamics. *International Journal of Project Management*. 2016, vol. 34, no. 8, pp. 1537–1552. doi: 10.1016/j.ijproman.2016.08.009

- Management. 2016, vol. 34, no. 8, pp. 1537–1552. doi: 10.1016/j.ijproman.2016.08.009
16. Homozov Ye., Mats V. Mathematical models of IT business risks assessment. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Seriya: Stratehichne upravlinnya, upravlinnya portfelyamy, prohramamy ta proyektamy* [Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management]. 2024, no. 1 (8). Available at: <https://pm.khpi.edu.ua/article/view/306780>
  17. Leshchuk H. V. Simulyatsiynyi analiz Monte Carlo v systemi otsiniuvannia ryzykiv investytsiinykh proektiv [Monte Carlo simulation analysis in the system of investment project risk assessment]. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky* [Ukrainian Journal of Applied Economics]. 2017, vol. 2, no. 1, pp. 57–67.
  18. Boehm B., Turner R. *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed*. Boston, Addison-Wesley, 2004. 336 p.
  19. Hastie S., Wojewoda S. Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch. *InfoQ*. 2015, vol. 32, no. 4, pp. 8–15. Available at: <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015/>
  20. Meyer W. G. *Quantifying risk: measuring the invisible*. Newtown Square, PA, Project Management Institute, 2015. 25 p.

Надійшла (received) 24.02.26

#### Відомості про авторів / About the Authors

**Морозов Віктор Володимирович (Morozov Viktor)** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій управління, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна; email: [knumvv@gmail.com](mailto:knumvv@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7946-0832>.

**Кулик Роман Юрійович (Kulyk Roman)** – аспірант факультету інформаційних технологій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна; email: [rom.kulyk@gmail.com](mailto:rom.kulyk@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7613-7532>.