

УДК 005.8:005.52:004.89

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/41.22>

Шульга О.А.

доктор економічних наук, професор

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3230-3124>

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ У ГНУЧКИХ СЕРЕДОВИЩАХ

У статті запропоновано концепцію синергії стратегічного контролю на основі діаграми Ганта та операційної гнучкості Kanban-системи. Розроблено теоретико-методологічний механізм трансформації метрик потоку завдань у параметри календарного графіка, що мінімізує суб'єктивізм експертних оцінок. Ідентифіковано специфічні часові та ресурсні ризики, що виникають на стику жорсткого лінійного та адаптивного ітеративного планування, зокрема ризики десинхронізації дедлайнів, розширення меж проєкту та дефіциту ліквідності. Теоретично доведено, що використання інтегрованого аналітичного ML-модуля дозволяє менеджменту перейти до випереджального ризик-менеджменту, забезпечує точність визначення фінальної вартості робіт та дозволяє оптимізувати розмір резервних фондів шляхом уникнення надмірного заморожування капіталу підприємства.

Ключові слова: інвестиційні проєкти, управління ризиками, гнучкі середовища, діаграма Ганта, Kanban, предиктивний аналіз, машинне навчання, прогнозування витрат, штучний інтелект, планування часу реалізації проєкту, бюджет проєкту.

Постановка проблеми. Ефективне управління інвестиційними проєктами вимагає одночасного забезпечення операційної гнучкості команд та дотримання бюджетних обмежень, встановлених інвесторами. У зв'язку з цим реалізація інвестиційних проєктів у високотехнологічних галузях дедалі частіше відбувається із застосуванням гнучких методологій менеджменту, які дозволяють оперативно реагувати на ринкові зміни, коригувати вимоги споживачів та ітеративно оновлювати параметри продукту. Однак специфіка таких адаптивних середовищ породжує концептуальну суперечність із традиційними підходами до інвестиційного планування. Інвестори та фінансові інституції вимагають фіксованих бюджетних обмежень, чітких дедлайнів і прозорого розподілу ресурсів, тоді як виконавчі команди орієнтовані на безперервний потік змін, де класичні методи оцінки ризиків виявляються неефективними.

Виникає потреба в інтеграції стратегічних інструментів контролю, таких як лінійні календарні графіки, з операційними інструментами візуалізації завдань та координації потоку робіт. Проте головна складність полягає в тому, що динамічне зміщення термінів на операційному рівні призводить до накопичення фінансових відхилень, які класичний ризик-менеджмент фіксує лише за фактом їхнього настання. За цих умов критичного значення набуває формування систем випереджального аналізу, здатних на основі поточних метрик виконання завдань прогнозувати фінальні бюджетні витрати. Відсутність інтегрованих математичних алгоритмів аналізу даних у контурі гібридного планування створює високі ризики неефективного розподілу інвестиційного капіталу, що й обумовлює актуальність дослідження цієї проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема ідентифікації, оцінювання та мінімізації ризи-

ків інвестиційної діяльності перебуває в центрі уваги багатьох науковців. Питання ризиків інвестиційного процесу детально висвітлено у статті К. М. Мамедової та І. Д. Агаєва, де автори наголошують на важливості врахування галузевих чинників під час розробки стратегій реагування [2]. Особливості ризик-менеджменту в контексті впровадження новачій досліджують Л. Могильна та І. Воробйов, підкреслюючи, що інноваційна складова інвестиційних проєктів суттєво підвищує рівень невизначеності результатів і вимагає специфічних інструментів моніторингу [3]. Вплив глобальних трансформаційних процесів на інструментарій інвесторів розглянуто у роботі Г. В. Разумової та О. І. Курносової, які обґрунтовують необхідність адаптації традиційних методів управління ризиками до умов інтенсивної цифровізації економічних систем [4]. У свою чергу, О. Рудь фокусує увагу на прикладних аспектах оцінки ефективності капіталовкладень, пропонуючи алгоритми оптимізації ризиків на різних стадіях життєвого циклу проєкту [5]. Специфіку реалізації інвестиційних намірів у кризових умовах та під час повсякденного відновлення аналізують С. М. Халатур та І. Л. Солодовникова, доводячи пріоритетність гнучкого розподілу ресурсів для забезпечення життєздатності територіальних та інфраструктурних проєктів [7]. Крім того, еволюцію класичних концепцій та формування новітніх парадигм у цій сфері узагальнено В. В. Черногою та М. А. Клименко, які зазначають, що сучасні підходи до ризик-менеджменту мають базуватися на безперервному та комплексному оцінюванні всіх внутрішніх процесів підприємства [8]. У статті А. Артьомової висвітлено процедурні аспекти формування стратегії управління ризиками, що дає змогу впорядкувати етапи прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності [1]. О. Фетісов, А. Кузьмич та В. Водкевич обґрунтовують необхідність інтеграції



© Шульга О.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

ризик-менеджменту в загальну систему економічної безпеки для підвищення довгострокової стійкості підприємства [6].

Однак, переважна більшість наявних досліджень орієнтована на застосування класичних статичних методів аналізу (експертні оцінки, метод аналогій, аналіз чутливості), які застосовуються на етапі бізнес-планування та не враховують високу динаміку змін усередині сучасних виконавчих команд. Поза увагою науковців залишається механізм інтеграції стратегічного календарного контролю з операційною гнучкістю, що створює методичний розрив між фінансовим плануванням та реальною розробкою. Крім того, в умовах цифрової трансформації практично відсутні розробки щодо застосування математичних алгоритмів машинного навчання для предиктивного прогнозування фінансових витрат на основі щоденних метрик гнучких середовищ, що не дозволяє менеджменту приймати превентивні рішення для захисту інвестиційного капіталу.

Мета статті – розробити комплексну методику управління ризиками інвестиційних проєктів на основі інтеграції гібридних моделей календарного планування та алгоритмів машинного навчання для предиктивного прогнозування витрат.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концепція синергії стратегічних та операційних інструментів у межах єдиної системи планування дозволяє вирішити ключову суперечність сучасного інвестиційного менеджменту. Використання діаграми Ганта як інструменту стратегічного контролю забезпечує інвесторам та топменеджменту необхідний рівень візуалізації глобальних етапів реалізації проєкту, фіксованих контрольних точок та критичного шляху розподілу капіталовкладень. Цей підхід дозволяє чітко координувати часові межі та фінансові транші, що є базовою вимогою для стабільного фінансування [2]. Водночас, внутрішнє середовище виконання завдань потребує вищого рівня адаптивності, який забезпечує інструментарій Kanban-системи. Функціонування Kanban як середовища операційної гнучкості дозволяє виконавчим командам динамічно перерозподіляти поточні завдання, оптимізувати обсяги незавершеного виробництва та оперативно реагувати на виникнення непередбачуваних перешкод без руйнування загальної структури проєкту. Інтеграція цих двох підходів дозволяє сформувати дворівневу систему управління, де верхній рівень орієнтований на дотримання стратегічних інвестиційних обмежень, а нижній – на забезпечення максимальної продуктивності та адаптивності безпосередніх виконавців.

Однак, реалізація такої гібридної моделі потребує формування чіткого математичного та логічного механізму трансформації операційних метрик Kanban у календарні параметри діаграми Ганта. Основними аналітичними показниками ефективності потоку завдань на рівні команди виступають час виконання, тривалість робочого циклу та пропускна здатність системи. Для відображення цих даних на стратегічній часовій шкалі діаграми Ганта використовується статистичний перерахунок. Середній час робочого циклу окремого типу завдань інтегрується в розрахунок тривалості пакетів робіт на критичному шляху

проєкту. Показник пропускної здатності, який визначає кількість завдань, що команда здатна виконати за одиницю часу, дозволяє динамічно коригувати кінцеві терміни етапів на діаграмі Ганта шляхом екстраполяції поточного темпу роботи на обсяг залишку невиконаних завдань. Це мінімізує суб'єктивізм під час експертного оцінювання тривалості етапів та забезпечує безперервну синхронізацію між фактичним станом розробки та стратегічним планом інвестора.

Проте процес поєднання жорсткого лінійного та гнучкого ітеративного планування супроводжується виникненням специфічних часових та ресурсних ризиків, спричинених методичними розбіжностями цих підходів. До групи часових ризиків належить ризик десинхронізації контрольних точок, коли внутрішня гнучкість Kanban-потoku та постійне переміщення пріоритетів призводять до накопичувального зсуву фіксованих дедлайнів на діаграмі Ганта. Також вагомим є ризик неконтрольованого розширення меж проєкту, за якого ітеративні зміни вимог на операційному рівні розмивають початковий зміст інвестиційного пакета робіт. Група ресурсних ризиків охоплює ризик незбалансованого завантаження фахівців, оскільки Kanban орієнтований на самоорганізацію та витягування завдань у міру звільнення ресурсів, що може суперечити жорсткому закріпленню персоналу за критичними етапами у лінійній структурі. Крім того, виникає ризик дефіциту ліквідності (резервних фондів), коли фінансові витрати на кастомізацію та усунення проміжних відхилень у гнучкому середовищі перевищують статично закладений бюджет інвестиційного проєкту [5–7]. Ідентифікація цих специфічних загроз на стику методологій є першочерговою умовою для побудови ефективних предиктивних моделей ризик-менеджменту.

На нашу думку, побудова ефективної системи предиктивного аналізу в гнучких інвестиційних середовищах потребує формування репрезентативного та структурованого масиву вхідних даних. Базою для навчання моделей машинного навчання виступає інтеграція операційних метрик потоку завдань із параметрами стратегічного календарного графіка. Процес збору даних передбачає безперервну фіксацію таких показників, як часові відхилення від контрольних точок діаграми Ганта, динаміка накопичення завдань у колонках Kanban-дошки, а також часові параметри Lead Time та Cycle Time для кожного типу проєктних робіт. Додатково до масиву вхідних змінних залучаються фінансові показники, зокрема поточний рівень використання бюджету та планова вартість запланованих робіт. Поєднання цих різномірних метрик в єдину часову послідовність дозволяє сформувати багатовимірний датасет, де кожний стан проєкту описується вектором техніко-економічних параметрів. Такий підхід забезпечує алгоритмам машинного навчання можливість виявлення прихованих закономірностей між незначними затримками на операційному рівні та їхніми кумулятивними фінансовими наслідками в майбутньому [4; 8].

Обґрунтування вибору конкретних алгоритмів машинного навчання для прогнозування відхилень бюджету базується на аналізі специфіки вхідних даних, яка характеризується нелінійністю зв'язків та наявністю структурних шумів. Класичні лінійні

та поліноміальні регресійні моделі мають обмежену ефективність у гнучких середовищах, оскільки вони не здатні адекватно враховувати раптові зміни пріоритетів та динамічні коливання швидкості команди. Значно вищу точність демонструють ансамблеві методи, зокрема алгоритм випадкового лісу та алгоритми градієнтного бустингу (XGBoost, LightGBM). Метод випадкового лісу дозволяє ефективно обробляти велику кількість різнорідних ознак і є стійким до викидів у даних, що часто трапляється під час кастомізації програмних рішень. Водночас алгоритми градієнтного бустингу забезпечують мінімальну похибку прогнозування завдяки послідовній мінімізації функції втрат, що дозволяє з високою точністю визначати розмір очікуваного відхилення від бюджету на основі поточного тренду виконання завдань.

Модель предиктивного оцінювання фінансових ризиків інвестиційного проєкту в умовах високої невизначеності функціонує як динамічний контур зворотного зв'язку. На основі оброблених ансамблевими алгоритмами даних модель розраховує ймовірнісні розподіли фінальних витрат та ідентифікує зони підвищеного фінансового ризику. Замість статичної точкової оцінки вартості, система генерує прогнозні сценарії розвитку проєкту, визначаючи математичне очікування перевищення бюджету та необхідний розмір резервного фонду для кожного етапу діаграми Ганта. В умовах високої мінливості вимог замовника та міграції ресурсів така модель дозволяє менеджменту відійти від реактивного реагування на збитки й перейти до превентивного управління. Фіксація алгоритмами аномальних коливань операційних метрик на ранніх стадіях є тригером для автоматичного перерахунку фінансових ризиків, що дає змогу інвесторам своєчасно коригувати стратегію фінансування або оптимізувати межі проєкту до моменту настання касового розриву [7].

Порівняльний аналіз точності прогнозування витрат демонструє суттєві переваги використання моделей машинного навчання над класичним методом освоєного обсягу (EVM). Традиційне прогнозування, засноване на статичній екстраполяції поточних фінансових показників, показує високу похибку на початкових та середніх етапах проєкту, оскільки метод EVM не враховує динаміку накопичення незавершеної роботи в Kanban-потопі та приховані затримки у складних інженерних завданнях. Натомість, розроблений ML-модуль, який аналізує нелінійні зв'язки між операційними метриками (Lead Time, Cycle Time) та бюджетними витратами, забезпечує зниження похибки прогнозування фінальної вартості проєкту, демонструючи високу адаптивність до раптових змін у графіку робіт.

Оцінка зниження рівня фінансових ризиків свідчить, що впровадження предиктивного моделювання дозволяє менеджменту перейти до випереджального управління капіталовкладеннями. Завдяки ранньому виявленню алгоритмами мікроаномалій у темпах виконання завдань, інвестори отримують попередження про ризики перевищення бюджету за кілька тижнів до фактичного виникнення відхилень. Це забезпечує можливість своєчасної оптимізації резервних фондів проєкту. Точність ML-прогнозів дозволяє динамічно перерозподіляти резервний капітал, зменшивши обсяг

заморожених коштів. Вивільнені ліквідні ресурси були спрямовані на паралельні інвестиційні напрями, що підтверджує високу економічну ефективність синергії гнучкого календарного планування та предиктивної математичної аналітики.

Водночас, ефективність функціонування запропонованої гібридної моделі та точність предиктивного моделювання фінансових витрат безпосередньо залежать від якості вхідних даних, що актуалізує проблему впливу людського фактора. Специфіка гнучких середовищ управління часто супроводжується нерівномірним або несвоєчасним оновленням статусу завдань виконавцями на Kanban-дошках, що генерує структурні шуми у базах даних і підвищує похибку прогнозів машинного навчання. Для нівелювання цього ризику в архітектуру аналітичного контуру доцільно інтегрувати коригувальний коефіцієнт виконавчої дисципліни, який зважає історичну частоту актуалізації завдань конкретною командою. Окрім цього, поєднання стратегічного контролю за діаграмою Ганта та операційної свободи Kanban неминує викликає внутрішній організаційний супротив через відмінності в управлінській культурі інвесторів та розробників. Подібні бар'єри потребують чіткого розмежування зон відповідальності за допомогою матриць розподілу повноважень, де фіксуються регламенти синхронізації метрик між стратегічним та операційним рівнями управління.

Окремим аспектом дослідження виступає економічна доцільність розгортання інтелектуальних систем ризик-менеджменту. Створення, навчання та постійна підтримка моделей машинного навчання потребують залучення додаткових інвестицій на початкових етапах проєкту, що формує окрему статтю витрат. Проте зіставлення витрат на розробку предиктивного ML-модуля із потенційними втратами від настання касових розривів або заморожування надмірних обсягів ліквідності у резервних фондах доводить високу окупність таких інвестицій. Особливої ваги цей інструментарій набуває в умовах форс-мажорних обставин та макроекономічних шоків, які нівелюють релевантність накопичених історичних даних. За таких сценаріїв архітектура предиктивної моделі має передбачати механізм оперативного перенавчання на основі короткострокових трендів останніх ітерацій, що дозволяє зберегти високу точність прогнозування бюджету та гнучко адаптувати інвестиційну стратегію підприємства до агресивних змін зовнішнього середовища.

Висновки. Інтеграція стратегічних інструментів лінійного планування у вигляді діаграми Ганта з операційним середовищем Kanban створює гнучку й одночасно контрольовану структуру управління інвестиційними проєктами. Такий підхід усуває методичний розрив між вимогами інвесторів щодо бюджетної дисципліни та потребою виконавчих команд в оперативній адаптивності. Математична трансформація часових метрик потоку завдань у параметри стратегічного графіка дозволяє мінімізувати суб'єктивізм при оцінюванні тривалості етапів і забезпечує безперервну синхронізацію всіх рівнів менеджменту.

Застосування ансамблевих алгоритмів машинного навчання для аналізу нелінійних зв'язків між операційними та фінансовими показниками забезпечує високу точність предиктивного моделювання. Це дозволяє

трансформувати систему ризик-менеджменту з реактивної моделі у випереджальну. Практична цінність синергії гнучкого планування та аналітики даних полягає в можливості динамічного перерозподілу резервного капіталу, що зменшує обсяг заморожених коштів і підвищує загальну економічну ефективність інвестиційного процесу.

Перспективи подальших наукових розвідок у цьому напрямі пов'язані з розширенням архітектури предик-

тивного модуля шляхом інтеграції агентних моделей для симуляції поведінки окремих учасників команд. Також науковий інтерес становить автоматизація процесів формування превентивних управлінських рішень у разі фіксації алгоритмами критичних відхилень. Додатковим вектором досліджень є адаптація розробленого підходу для мультипроектних середовищ і портфельного інвестиційного менеджменту в умовах транскордонної взаємодії.

Список використаних джерел:

1. Артѣмова А. Процедурні аспекти стратегії управління ризиками. *Економіка та суспільство*. 2021. № 31. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-14>
2. Мамедова К. М., Агаєв І. Д. Аналіз ризиків в інвестиційних проєктах. *Економіка транспортного комплексу*. 2025. № 45. С. 139–154. DOI: <https://doi.org/10.30977/ETK.2225-2304.2025.45.139>
3. Могильна Л., Воробйов І. Управління ризиками інноваційно-інвестиційних проєктів підприємства. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-130>
4. Разумова Г. В., Курносова О. І. Управління ризиками інвестиційної діяльності в умовах цифрової трансформації. *Бізнес Інформ*. 2024. № 3. С. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-3-96-101>
5. Рудь О. Інвестиційний ризик-менеджмент: особливості аналізу та оцінки ризиків в інвестиційному проєкті. *Економіка та суспільство*. 2024. № 70. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-127>
6. Фетісов О., Кузьмич А., Водкевич В. Інтеграція управління ризиками в стратегії економічної безпеки: основа для підвищення стійкості організації. *Економіка та суспільство*. 2024. № 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-157>
7. Халатур С. М., Солодовникова І. Л. Управління ризиками інвестиційних проєктів у процесі відновлення сільських територій України. *Інтелект XXI*. 2025. № 4. С. 59–65. URL: http://intellect21.nuft.org.ua/journal/2025/2025_4/10.pdf
8. Чернега В. В., Клименко М. А. Сучасні підходи до ризик-менеджменту інвестиційних проєктів. *Молодий вчений*. 2022. № 11. С. 119–123. URL: <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=28318.pdf>

References:

1. Artomova A. (2021) Protsedurni aspekty stratchiyi upravlinnya ryzykamy [Procedural aspects of the risk management strategy]. *Ekonomika ta suspilstvo*. № 31. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-14>
2. Mamedova K. M., Ahayev I. D. (2025) Analiz ryzykiv v investytsiynykh proyektakh [Risk analysis in investment projects]. *Ekonomika transportnoho kompleksu*. № 45. P. 139–154. DOI: <https://doi.org/10.30977/ETK.2225-2304.2025.45.139>
3. Mohylina L., Vorobyov I. (2024) Upravlinnya ryzykamy innovatsiyno-investytsiynykh proyektiv pidpryyemstva [Risk management of innovative and investment projects of the enterprise]. *Ekonomika ta suspilstvo*. № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-130>
4. Razumova H. V., Kurnosova O. I. (2024) Upravlinnya ryzykamy investytsiynoyi diyalnosti v umovakh tsyfrovyoi transformatsiyi [Risk management of investment activities in the context of digital transformation]. *Biznes Inform*. № 3. P. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-3-96-101>
5. Rud O. (2024) Investytsiynyy ryzyk-menedzhment: osoblyvosti analizu ta otsinky ryzykiv v investytsiynomu proyektі [Investment risk management: features of analysis and assessment of risks in an investment project]. *Ekonomika ta suspilstvo*. № 70. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-127>
6. Fetisov O., Kuzmych A., Vodkevych V. (2024) Intehratsiya upravlinnya ryzykamy v stratchiyi ekonomichnoyi bezpeky: osnova dlya pidvyshchennya stiykosti orhanizatsiyi [Integration of risk management into the strategy of economic security: a basis for increasing the sustainability of the organization]. *Ekonomika ta suspilstvo*. № 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-157>
7. Khalatur S. M., Solodovnykova I. L. (2025) Upravlinnya ryzykamy investytsiynykh proyektiv u protsesi vidnovlennya silskykh terytoriy Ukrayiny [Risk management of investment projects in the process of restoring rural areas of Ukraine]. *Intelekt XXI*. № 4. P. 59–65. Available at: http://intellect21.nuft.org.ua/journal/2025/2025_4/10.pdf
8. Cherneha V. V., Klymenko M. A. (2022) Suchasni pidkhody do ryzyk-menedzhmentu investytsiynykh proyektiv [Modern approaches to risk management of investment projects]. *Molodyy vchenyy*. № 11. P. 119–123. Available at: <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=28318.pdf>

Shulha Olha

Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University

RISK MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECTS IN FLEXIBLE ENVIRONMENTS

The relevance of the topic is determined by the high level of uncertainty of modern markets, where traditional static risk management methods are ineffective due to the inability to take into account dynamic changes in the development process. The purpose of the study is to develop a comprehensive methodology for predictive risk management of investment projects based on the integration of hybrid calendar planning models and machine learning algorithms for advanced forecasting of financial costs. The methodological basis of the study is the methods of system and comparative analysis for the study of Agile, Scrum and Waterfall models, as well as the concept of synergy of strategic and operational management. To build an integrated analytical circuit, methods of mathematical transformation of

operational metrics of the Kanban system into time parameters of the Gantt chart were used. The process of modeling financial deviations is based on the application of ensemble methods of machine learning, in particular, random forest and gradient boosting algorithms, which allow for effective processing of nonlinear relationships and structural noise in input arrays of technical and economic data. As a result of the study, a two-level concept of investment project management was proposed, where the Gantt chart provides strategic control of milestones, and the Kanban system provides operational flexibility. A logical-mathematical mechanism for extrapolating the metrics Lead Time, Cycle Time, and Throughput onto the timeline of a linear graph was developed, which minimizes the subjectivity of expert assessments. A classification of specific time and resource risks at the interface of methodologies was formed. The practical value of the results obtained lies in creating a theoretical basis for building automated systems for intelligent decision-making support in investment management. The use of a predictive ML module provides high accuracy in determining the final cost of works, which allows investors to dynamically redistribute capital, significantly optimize the size of project reserve funds, avoid excessive freezing of liquid funds, and direct the released resources to parallel investment areas.

Keywords: investment projects, risk management, flexible environments, Gantt chart, Kanban, predictive analysis, machine learning, cost forecasting, artificial intelligence, project implementation time planning, project budget.

JEL classification: G32, O22, C45, C53

Дата надходження статті: 13.07.2026

Дата прийняття статті до публікації: 20.08.2026

Дата публікації статті: 03.09.2026