

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2026-354-12>

УДК 330.322:330.131.7:519.876.5

JEL classification: C63, C15, D81, O22, M21

ПИЛИПЯК Олександр
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-3246-3590>
e-mail: raine2003@ukr.net

БАКАЙ Віталій
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0001-5865-227X>
e-mail: bakayvit@ukr.net

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті досліджено зміст та методологічні засади економічної оцінки інвестиційних проєктів. Проаналізовано основні підходи до визначення економічного ефекту, що ґрунтуються на оцінюванні його ключових складових, зокрема валового доходу, поточних витрат, амортизаційних відрахувань, витрат на обслуговування кредитів та інвестиційних витрат. Особливу увагу приділено порівнянню фінансових та економічних цін, що дозволяє поглиблено дослідити реальну вартість ресурсів і результатів проєкту.

Обґрунтовано доцільність застосування імітаційних моделей як інструменту підвищення точності та надійності оцінки економічної ефективності в умовах невизначеності. Визначено логічну послідовність проведення такої оцінки та продемонстровано її реалізацію на конкретному прикладі.

Ключові слова: інвестиційний проєкт, економічна ефективність, трансфертні платежі, імітаційне моделювання, генерація випадкових чисел.

BAKAY Vitaliy, PYLYPIAK Oleksandr
Khmelnitskyi National University

ASSESSING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF PROJECTS USING THE SIMULATION MODELING METHOD

The article explores the conceptual foundations and methodological principles of the economic evaluation of investment projects. It provides an in-depth analysis of the main approaches to determining economic performance based on the assessment of its key components, including gross revenue, operating costs, depreciation charges, loan servicing expenses, and investment outlays. Particular attention is devoted to examining the relationship between financial and economic prices, which enables a more accurate identification of the real value of resources and project outcomes under conditions of market imperfections and externalities.

The study substantiates the relevance and practical importance of applying simulation models in the evaluation process, especially when dealing with uncertainty, variability of input parameters, and risks that cannot be fully captured through traditional deterministic methods. Simulation modelling is presented as an effective analytical tool that enhances the robustness of project assessments, improves the reliability of projected indicators, and supports more informed managerial decisions.

The article also formulates a clear and logically structured sequence for conducting the economic evaluation of investment projects using simulation techniques. This sequence includes identifying significant factors, constructing the input data distribution, generating multiple scenarios, and analyzing the distribution of expected results. The proposed methodological approach is illustrated with a specific practical example, which demonstrates the advantages of simulation modelling and confirms its ability to provide deeper insights into project efficiency and risk profiles.

Keywords: investment project, economic efficiency, transfer payments, simulation modelling, random variate generation.

Стаття надійшла до редакції / Received 18.03.2026
Прийнята до друку / Accepted 14.04.2026
Опубліковано / Published 28.05.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© ПИЛИПЯК Олександр, БАКАЙ Віталій

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

У сучасних умовах глобалізації та високої конкуренції економічне середовище характеризується значною динамікою ринкових процесів, постійними технологічними інноваціями та зростанням невизначеності на фінансових ринках. Додатково, війна в Україні створює екстремальні виклики для економіки країни, підвищує ризики для інвестицій, порушує логістичні й фінансові ланцюги, а також спричиняє значну нестабільність на ринку капіталу. У таких умовах критичною стає потреба у застосуванні інструментів, здатних адекватно враховувати багатофакторність та невизначеність економічних процесів. Одним із найбільш ефективних підходів є методи імітаційного моделювання, що дозволяють досліджувати поведінку інвестиційних проєктів у надзвичайно турбулентному середовищі та прогнозувати економічні результати за різних сценаріїв розвитку подій.

Попри наявність широкого спектра традиційних методів оцінки інвестиційних проєктів, сучасна практика демонструє обмеженість їх застосування за умов високої невизначеності. Зокрема, класичні підходи

часто не забезпечують достатньої гнучкості, не враховують нелінійність економічних процесів, мають обмежену здатність інтегрувати ризики, макроекономічні шоки та несподівані зовнішні події. Імітаційне моделювання усуває ці недоліки, оскільки дозволяє враховувати стохастичний характер ключових параметрів, оцінювати чутливість проекту до змін вхідних даних і порівнювати результати великої кількості альтернативних сценаріїв. Відсутність єдиних стандартів у класичних методиках також ускладнює порівняння результатів між проектами, тоді як імітаційні моделі дають можливість стандартизувати процедури аналізу завдяки використанню єдиних алгоритмів і підходів.

Наукове значення проблеми полягає у подальшому розвитку теоретико-методичних основ інвестиційного аналізу та удосконаленні інструментарію оцінки економічної ефективності проектів шляхом впровадження методів імітаційного моделювання. Це передбачає розроблення моделей, здатних відтворювати складну динаміку економічних процесів, та підвищувати точність прогнозування фінансових результатів.

Отже, проблема оцінки економічної ефективності проектів в умовах сучасної економічної та геополітичної нестабільності набуває особливої актуальності. Імітаційне моделювання забезпечує комплексний, науково обґрунтований та адаптивний інструмент для аналізу інвестиційних рішень, що дозволяє підвищити точність оцінки, краще враховувати ризики і формувати ефективну стратегію управління проектами в умовах війни, високої конкуренції та обмеженості ресурсів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Серед дослідників, котрі займалися вивченням особливостей оцінки економічної інвестиційних проектів можна виділити наступних: Асват Дамодаран, Артур Пігу, Гаррі Бекер, Джоел Дин, Джон Вільямс, Джонатан Мюнк, Едвард Мішан, Массімо Флоріо, Офер Звікаель, Стефан Майерс, Тім Коупленд, Фінт Хелліер ну і звичайно Вільм Шарп. Окремо варто зупинитися на видатному науковцеві Стефані Майерсі. Саме він увів в обіг поняття «реальні опціони», що дозволяє враховувати у прийнятті інвестиційних рішень гнучкість – можливість відтермінувати, змінити або відмовитися від проекту залежно від зміни обставин. Серед вітчизняних науковців безпосередньо комплексно даною проблематикою ніхто не займався, можна виділити вчених, які вивчають окремі аспекти оцінки економічної ефективності, зокрема: Георгій Добров, Григорій Кінзерський, Валентин Вишневський, Володимир Геєць, Ігор Єгоров, Олександр Бондаренко, Олександр Василик, Петро Микитюк, Олександр Рудь та інші.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

У першу чергу недостатньо обґрунтованим залишається виділення компонентів оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів. Сучасні підходи до класифікації не завжди враховують комплексність економічних, фінансових та ризикових аспектів проектів, що ускладнює формування цілісної методології оцінювання. Крім того, потребує доопрацювання сам інструментарій оцінки, оскільки існуючі методи часто базуються на обмеженому наборі показників або не враховують специфіку галузі, масштабу проекту та зовнішні фактори, такі як макроекономічні зміни чи політична нестабільність. Удосконалення цих аспектів дозволить підвищити точність прогнозів, обґрунтованість управлінських рішень та загальну наукову цінність оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є дослідження сутності економічного аналізу проектів та методологічних підходів до оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів із застосуванням методів імітаційного моделювання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У сучасних умовах розвитку людства дедалі гостріше постає питання виснаження природних ресурсів. Необхідно усвідомлювати, що у недалекому майбутньому ресурси можуть вичерпатися. На сьогодні заміщення дефіцитних ресурсів менш дефіцитними здійснюється з різним ступенем успішності, однак і вони мають обмежені запаси. Тому економічний аналіз проектів акцентує увагу на обережному та раціональному використанні всіх, і насамперед дефіцитних, природних ресурсів.

Якщо трохи абстрагуватися та підсумувати вищезазначене, то можна сказати що реалізація проекту відображає не лише ефект для економіки конкретного підприємства, а й має наслідки для загальної економічної системи суспільства, де він впроваджується (рис. 1). Крім того, проект чинить вплив на ширші економічні структури – від підприємств і регіонів до галузей та економіки країни в цілому.

Результати інвестиційного проекту не можна оцінювати ізольовано, відокремлено від їхнього впливу на системи вищого рівня. Безпосередньо проект впливає на підприємство, що його реалізує, тоді як на найвищому рівні наслідки відчуває країна в цілому. Таким чином, економічний аналіз спрямований на визначення сутності проекту з точки зору суспільства та оцінку його ефекту для економіки в цілому.

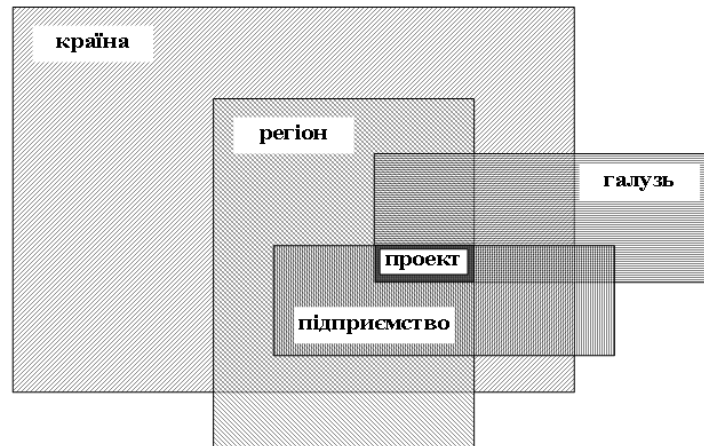


Рис.1. Інвестиційний проект як підсистема економічних систем вищого рівня

У цьому контексті неправильним є ототожнення економічного аналізу з фінансовим. Фінансовий аналіз зосереджується на економічних вигодах для безпосередніх учасників проекту та не враховує вплив на економіку регіону чи країни. Для економічного аналізу ж цей вплив є ключовим. Наприклад, податок на прибуток для окремого підприємства розглядається як витрата, що зменшує його фінансовий результат і, відповідно, фінансову цінність проекту. З точки зору економіки країни, податок навпаки підвищує економічну цінність проекту, оскільки сприяє зростанню національних доходів. Таким чином, фінансовий та економічний аналіз проекту оцінюють одні й ті самі дії з різних перспектив. Фінансова ефективність акцентує увагу на характеристиках прибутку для кожного учасника проекту. Це досить повно описує відомий італійський економіст, один із провідних сучасних дослідників у галузі оцінки суспільної економічної ефективності, зокрема в контексті державних інвестицій та великих інфраструктурних проектів, Массимо Флоріо у своїй всесвітньо відомій праці «Investing in Science: Social Cost-Benefit Analysis of Research Infrastructures» [1].

Поняття «економічна ефективність» є доволі складним і багатовимірним, а його трактування – неоднозначним у різних наукових підходах. Так, Едвард Мішан ще у 70-х роках розглядав економічну ефективність крізь призму змін суспільного добробуту, що виникають у результаті реалізації проекту. Особливу увагу вчений приділяв таким аспектам, як зовнішні ефекти, альтернативна вартість ресурсів, а також оцінювання «реальних» економічних вигід, очищених від трансфертів.

Вельми оригінальний підхід спостерігаємо в англійського економіста Артура Пігу. Він не розрізняв економічну та фінансову ефективність, але ту ефективність яку досліджував, пов'язував з максимізацією добробуту суспільства за умов правильного врахування соціальних витрат і вигод. наголошував на коригувальних податках для усунення зовнішніх ефектів.

Поняття «економічна ефективність проекту» тісно переплітається з категорією «економічна привабливість проекту», проте між ними існують суттєві відмінності. Головна різниця полягає у ставленні до обмежених ресурсів. При оцінці економічної привабливості проекту акцент на використанні дефіцитних ресурсів може бути відсутнім або мінімальним. Натомість оцінка економічної ефективності передбачає саме оптимальне використання обмежених ресурсів як ключову мету проекту [2].

У процесі розрахунку економічної ефективності проекту підкреслюється застосування концепції альтернативної вартості ресурсів, що дозволяє оцінювати суспільну цінність їх використання. Методологічною основою оцінки економічної ефективності є підхід, заснований на граничних величинах, який пояснюється неможливістю використання звичайних показників.

Економічна ефективність проекту визначається як відношення приросту позитивних економічних результатів, отриманих суспільством від впровадження проекту, до приросту всіх негативних економічних впливів проекту на суспільство:

$$E_{\text{ек}}^{\text{в}} = \frac{\Delta E_{\text{виг}}}{\Delta E_{\text{вит}}} \quad (1)$$

де $E_{\text{ек}}^{\text{в}}$ – економічна ефективність проекту; $\Delta E_{\text{виг}}$ – приріст економічних вигід, грн; $\Delta E_{\text{вит}}$ – приріст економічних витрат, грн.

Відповідно до формули (1), інвестиційний проект може бути визнаний ефективним у тому випадку, якщо рівень економічної ефективності перевищує одиницю. Це означає, що економічні вигоди, отримані від реалізації проекту, перевищують понесені витрати, що є критерієм доцільності інвестування.

На відміну від показника економічної ефективності, інший важливий критерій – чисті економічні вигоди ($E_{\text{ек}}^{\text{а}}$) – відображає економічний результат проекту в абсолютному вимірі. Він показує загальну суму економічної користі, отриманої внаслідок реалізації проекту, без співвідношення до витрат, що дозволяє оцінити фактичний приріст ресурсів, створених проектом.

$$E_{ек}^a = \Delta E_{виг} - \Delta E_{вит.} \tag{2}$$

Варто відмітити, що порівняння вигід й витрат проекту здійснюється в межах так званого Cost-Benefit Analysis (CBA), який по суті являє собою метод оцінки проектів, програм або політик шляхом порівняння їхніх витрат (Costs) та вигід (Benefits) у кількісній формі.

Оцінка економічної ефективності проекту на основі аналізу економічних вигід та витрат методично передбачає певну послідовність дій (рис. 2).

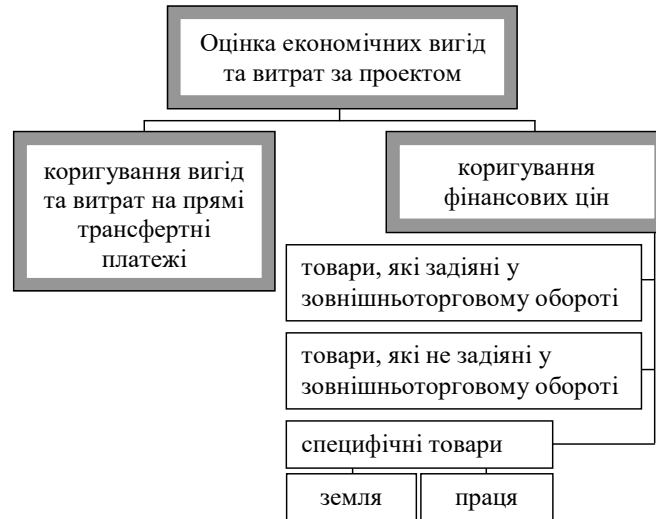


Рис. 2. Складові методичного апарату оцінки економічної ефективності проекту

Здійснюючи коригування, важливо відрізнити: фінансові потоки (що реально отримує чи витрачає проект у грошовому вимірі) та соціально-економічні ефекти (як впливають на добробут суспільства). При цьому важливо розуміти, що прями трансферти не відображають економічної продуктивності, тому їх потрібно коригувати. Так Едвард Мішан у своїх працях наголошував, що трансферти як такі не додають реальної економічної вартості і не враховуються у класичному аналізі економічної ефективності.

Слід підкреслити, що при оцінці економічних вигід і витрат доцільно враховувати як їх явну, так і неявну форму. Особливістю визначення економічних вигід і витрат є необхідність внесення коригувань на прями трансфертні платежі. Як уже зазначалося, з точки зору окремого інвестора будь-які податки розглядаються як витрати, тоді як субсидії та дотації сприймаються як вигоди. З позиції суспільства, яку відображає економічний аналіз, ситуація протилежна: податки, сплачені інвестором, становлять вигоди для суспільства, а субсидії та дотації – витрати суспільства. Оскільки трансфертні платежі не супроводжуються фактичним створенням багатства, а лише передають контроль над ресурсами, вони виключаються з усіх фінансових (ринкових) цін [3].

Вплив окремих прямих трансфертних платежів на економічні та фінансові вигоди проекту й його економічну ефективність ілюструється на рис. 3.



Рис. 3. Вплив окремих трансфертних платежів на економічні й фінансові вигоди та економічну ефективність проекту

За умови врахування лише основних трансфертних платежів підприємства, формула для приблизного визначення чистих економічних вигід (економічного ефекту) інвестиційного проекту набуває наступного вигляду:

$$E_{ек}^a = \sum_{t=0}^n [ВД_t - B_t + A_t + I_t - INV'_t], \quad (3)$$

де $ВД_t$ – валовий дохід за проектом в t -му році, грн; B_t – поточні витрати за проектом в t -му році, грн; A_t – амортизаційні відрахування в t -му році, грн; I_t – відсотки за кредитами в t -му році, грн; INV'_t – інвестиційні витрати за проектом в t -му році, здійснені за рахунок власних коштів, грн; n – життєвий цикл проекту, років.

Формула (3) може бути записана й у такі формі:

$$E_{ек}^a = \sum_{t=0}^n [П_{чt} + A_t + ПДВ_t + I_t + R_t + ПП_t + C_t - INV'_t], \quad (4)$$

де $П_{чt}$ – чистий прибуток за проектом в t -му році, грн; $ПДВ_t$ – сума податку на додану вартість в t -му році, грн; R_t – витрати на погашення основного боргу (тіла) кредиту в t -му році, грн; $ПП_t$ – сума податку на прибуток в t -му році, грн; C_t – інші витрати в t -му році, грн.

Формула (4) наочно ілюструє, що на чисті економічні вигоди безпосередньо впливають лише два чинники: чистий прибуток та інвестиційні витрати, здійснені за рахунок власних коштів. Вплив усіх інших складових є нейтралізованим, оскільки вони вже враховані при визначенні чистого прибутку.

Зазвичай усі грошові надходження, в межах застосування формул (3,4) дисконтуються. Також дисконтуються й поточні витрати. Надзвичайно дискусійним моментом є потреба дисконтування інвестиційних витрат. Наприклад Л. Л. Антонюк, А. М. Поручник, В. С. Савчук [4] пропонують модель розрахунку, в якій під систему дисконтування вони підводять не тільки грошові надходження, а й інвестиційні та поточні витрати.

Розглянемо цілком конкретний випадок. Є інвестиційний проект з початковою інвестицією – 3,6 млн. грн. Окремо, обладнання, яке буде задіяне у проекті передбачається залучити через банківський кредит у сумі 2,0 млн. грн. терміном на чотири роки за ануїтетною схемою погашення під 29% річних. Амортизація на придбане у кредит і задіяне у проекті обладнання нараховується за лінійним методом впродовж його життєвого циклу. Ставка оподаткування прибутку – 18%. Ставка дисконтування визначена на базі безризикової доходності та очікуваної інфляції – 28%. Інші вихідні дані наведено у табл. 1. Необхідно наближено розрахувати: чисті фінансові вигоди; дисконтовані чисті фінансові вигоди; чисті економічні вигоди; дисконтовані чисті економічні вигоди.

Таблиця 1

Додаткові вихідні дані, млн. грн.*

Показник	Рік життєвого циклу проекту			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Валовий дохід	5,702	6,231	6,353	5,037
Податок на додану вартість	0,950	1,038	1,058	0,839
Собівартість реалізованої продукції (без амортизаційних відрахувань)	1,464	1,584	1,744	1,904
Адміністративні витрати та витрати, пов'язані із збутом	0,366	0,396	0,436	0,476

*сформовано авторами на основі реального проекту

1. Розраховуємо чисті фінансові вигоди.

1.1. Розраховуємо амортизаційні відрахування.

1.1.1. Розраховуємо річну норму амортизаційних відрахувань:

$$(2,0 / (4 \times 2,0)) \times 100 = 25,0\%.$$

1.1.2. Розраховуємо щорічні суми амортизаційних відрахувань:

$$(2,0 \times 25,0) / 100 = 0,50 \text{ млн. грн.}$$

1.2. Визначаємо витрати за кредитом.

1.2.1. Розраховуємо щорічні витрати на сплату відсотків за кредитом:

$$0,29 \times 2 = 0,58 \text{ млн. грн.}$$

1.2.2. Розраховуємо щорічні витрати, пов'язані із сплатою суми кредиту:

$$2,0 / 4 = 0,50 \text{ млн. грн.}$$

1.3. Розраховуємо поточні витрати за роками життєвого циклу проекту:

$$\text{- для 1-го року: } 1,464 + 0,366 + 0,50 + 0,58 = 2,910 \text{ млн. грн.}$$

- для 2-го року: $1,584 + 0,396 + 0,50 + 0,58 = 3,060$ млн.грн;

- для 3-го року: $1,744 + 0,436 + 0,50 + 0,58 = 3,260$ млн.грн;

- для 4-го року: $1,904 + 0,476 + 0,50 + 0,58 = 3,460$ млн.грн.

1.4. Розраховуємо прибуток до оподаткування та чисті фінансові вигоди (чистий прибуток) за роками життєвого циклу проекту. Результати усіх розрахунків зводимо до табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок чистих фінансових вигод за проектом, млн.грн.

Показник	Рік життєвого циклу			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Валовий дохід	5,702	6,231	6,353	5,037
Податок на додану вартість	0,950	1,038	1,058	0,839
Чистий дохід	4,752	5,193	5,295	4,198
Поточні витрати	2,910	3,060	3,260	3,460
Операційний прибуток	1,842	2,133	2,035	0,738
Витрати на погашення кредиту	0,50	0,50	0,50	0,50
Прибуток до оподаткування	1,342	1,633	1,535	0,238
Податок на прибуток	0,336	0,408	0,384	0,060
Чисті фінансові вигоди	1,007	1,225	1,151	0,179

1.5. Розраховуємо чисті фінансові вигоди за весь період життєвого циклу проекту:

$$1,007 + 1,225 + 1,151 + 0,179 - 5,60 = -2,039 \text{ млн.грн.}$$

2. Розраховуємо дисконтовані чисті фінансові вигоди:

$$\frac{1,007}{(1+0,28)^1} + \frac{1,225}{(1+0,28)^2} + \frac{1,151}{(1+0,28)^3} + \frac{0,179}{(1+0,28)^4} - \frac{5,60}{(1+0,28)^0} = -3,451 \text{ млн.грн.}$$

3. Розраховуємо чисті економічні вигоди.

3.1. Згідно формули (3) визначаємо чисті економічні вигоди для кожного року життєвого циклу проекту:

- для 0-го року: $0 - 3,60 = -3,60$ млн.грн;

- для 1-го року: $5,702 - 2,910 + 0,50 + 0,58 = 3,872$ млн.грн;

- для 2-го року: $6,231 - 3,060 + 0,50 + 0,58 = 4,251$ млн.грн;

- для 3-го року: $6,353 - 3,260 + 0,50 + 0,58 = 4,173$ млн.грн;

- для 4-го року: $5,037 - 3,460 + 0,50 + 0,58 = 2,657$ млн.грн.

3.2. Розраховуємо чисті економічні вигоди за весь період життєвого циклу проекту:

$$3,872 + 4,251 + 4,173 + 2,657 - 3,60 = 11,353 \text{ млн.грн.}$$

4. Розраховуємо дисконтовані чисті економічні вигоди:

$$\frac{3,872}{(1+0,28)^1} + \frac{4,251}{(1+0,28)^2} + \frac{4,173}{(1+0,28)^3} + \frac{2,657}{(1+0,28)^4} - \frac{3,6}{(1+0,28)^0} = 4,999 \text{ млн.грн.}$$

Отримані результати відповідають очікуванню: у недисконтованому еквіваленті чисті економічні вигоди перевищують чисті фінансові вигоди на 13,392 млн грн. У дисконтованому еквіваленті різниця між чистими економічними та чистими фінансовими вигодами зменшується до 8,450 млн грн. Це дозволяє зробити однозначний висновок: суспільство отримує від реалізації даного проекту значно більше вигод, ніж інвестор.

Субстанцією, яка визначає зміст та форму економічних вигід та витрат є ціна [5], а тому до неї в економічному аналізі особливе відношення. Фінансові ціни, на яких базується фінансовий аналіз проекту, в умовах недосконалої конкуренції не завжди відображають реальну економічну вартість товарів, землі або праці. У зв'язку з цим фахівці з проектного аналізу рекомендують при здійсненні економічного аналізу інвестиційних проектів використовувати тіньові ціни.

Тіньові ціни вимірюють суспільну значущість продукції, послуг, ресурсів та іноземної валюти, що дозволяє розглядати їх як економічні ціни з високим ступенем наближення [6]. Тіньові ціни застосовують саме для того, щоб у процесі економічного аналізу інвестиційних чи соціальних проектів забезпечити коректну оцінку – з врахуванням “альтернативних витрат” (opportunity costs), суспільної значущості ресурсів, зовнішніх ефектів та інших економічних реалій, недоступних ринку. Про це багато писав Массимо Флоріо, який розвинув концепцію соціально-економічного аналізу державних інвестицій із наголосом на тіньові ціни, розподільчі ефекти та соціальну дисконтну ставку [1].

Для спрощення численних розрахунків, пов'язаних із переводом цін з фінансового еквіваленту в економічний, прорахований агрегований коефіцієнт переводу для усіх товарів і послуг, спеціалісти рекомендують розраховувати коефіцієнти переводу для кожного випадку окремо.

Далі розглянемо застосування методу імітаційного моделювання для оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів. Згідно з поглядами ряду авторів, цей метод має значний потенціал для оцінки як ефективності проекту, так і супровідних ризиків. Водночас, через певні труднощі прикладного використання, метод імітаційного моделювання часто недооцінюється в практиці інвестиційного проектування.

Варто зазначити, що термін «імітаційне моделювання» має подвійний зміст, оскільки слова «імітація» та «моделювання» є близькими за значенням. Популярна думка полягає в тому, що імітаційне моделювання можна розглядати як більш складну форму методу чутливості, оскільки воно включає певні елементи останнього. Проте це твердження є дещо спрощеним. Метод імітаційного моделювання має ширший характер, ніж метод чутливості, оскільки він базується не лише на формально заданих параметрах, а й на змінних, які не є безпосередньо частиною вихідної сукупності даних. Таким чином, імітаційне моделювання використовує елементи аналізу чутливості, але не обмежується лише формальним чутливим аналізом.

Так Массімо Флоріо, про якого вже йшла мова вище, розглядає імітаційне моделювання дієвим інструментом оцінювання суспільної ефективності та ризиків масштабних інфраструктурних проектів, особливо тоді, коли традиційні методи аналізу не дають достатньо повного уявлення про можливі наслідки.

Використання методу імітаційного моделювання дозволяє робити висновки щодо можливих результатів, ґрунтуючись на ймовірнісних розподілах випадкових величин. Стохастичну імітацію часто позначають як метод Монте-Карло.

Загалом процес оцінювання економічної ефективності за допомогою методу імітаційного моделювання передбачає два ключові етапи: побудову моделі та аналіз. Водночас такий поділ відображає лише загальну структуру підходу, тоді як безпосереднє створення імітаційної моделі потребує значного аналітичного та методичного опрацювання.

Застосування методу імітаційного моделювання включає такі основні етапи.

Крок 1. Ідентифікація незалежних показників. На цьому етапі визначаються усі фактори, які потенційно впливають на результативний показник (або групу показників) інвестиційного проекту. Важливо враховувати, що наявність високої кореляції між факторними змінними є небажаною, оскільки це призводить до дублювання інформації та спотворення результатів моделювання. Тому взаємозалежні показники підлягають виключенню з початкового переліку.

У випадку моделювання показників фінансової ефективності, таких як чиста теперішня вартість, роль результативного показника відіграє відповідний фінансовий індикатор, тоді як факторними можуть бути будь-які кількісні змінні, що прямо чи опосередковано впливають на нього. Натомість моделювання економічної ефективності має низку особливостей, пов'язаних зі специфікою системи вигід та витрат, що враховуються при її оцінюванні. На рис. 4 наведено основні кількісні фактори, які формують вплив на економічну ефективність проекту в процесі імітаційного моделювання.



Рис. 4. Основні кількісні фактори впливу на економічну ефективність при імітаційному моделюванні

Крок 2. За допомогою спеціалізованих методів статистичного та економетричного аналізу здійснюється звуження початкового набору факторних показників. У результаті залишаються лише ті змінні, які демонструють найбільшу значущість та впливовість щодо результативного показника. Це дозволяє підвищити точність моделі та уникнути надмірної параметризації.

Крок 3. Визначається форма функціонального взаємозв'язку між факторними показниками та результативною змінною. Залежність може бути представлена у вигляді одного математичного рівняння або системи рівнянь, що описують динаміку показника економічної ефективності за різних комбінацій факторів.

Крок 4. Для кожного факторного показника задається закон розподілу ймовірностей. Передбачається, що факторні змінні є випадковими величинами, що відповідає реальним умовам невизначеності у процесі

реалізації інвестиційних проєктів. На цьому етапі визначається можливий діапазон значень кожної випадкової величини та відповідні ймовірності їх реалізації. Обов'язковим є вибір типу розподілу. Практичний досвід свідчить, що оптимальною у більшості випадків є нормальна форма розподілу, хоча в окремих ситуаціях можуть застосовуватися й інші.

Крок 5. Здійснюється генерація випадкових сценаріїв на основі встановлених законів розподілу факторних показників та гіпотез щодо особливостей функціонування досліджуваного об'єкта. Метою є отримання додаткових значень незалежних змінних у межах їх визначених розподілів. Практика показує, що для отримання статистично надійних результатів зазвичай достатньо 200–500 реалізацій. Генерування випадкових значень виконується, як правило, методом Монте-Карло, який у сучасних умовах повністю автоматизований.

Як зазначалося раніше, можливий також підхід, за якого результативний показник моделюється без виділення факторних змінних. У цьому разі випадкові значення генеруються безпосередньо на основі попереднього статистичного аналізу самого результативного показника.

Крок 6. На основі поєднання початкових та згенерованих значень факторних ознак проводиться процедура імітаційного моделювання, тобто обчислення значень результативного показника за різних комбінацій факторів. Отримані у процесі моделювання вибіркові дані використовуються для подальшої оцінки, зокрема для обчислення таких статистичних характеристик, як: дисперсія; середнє квадратичне відхилення; квадратичний коефіцієнт варіації; квадратичний рівень варіації; довірчі межі середнього значення.

Довірчі межі середнього значення результативного показника, за умови його нормального розподілу, визначаються відповідно до такого виразу:

$$\bar{X} - t(\beta) \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} < X < \bar{X} + t(\beta) \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}, \quad (5)$$

де β – довірна ймовірність.

Значення t за заданою довірчою ймовірністю β визначаються згідно спеціальної статистичної таблиці (табл. 3).

Таблиця 3

Значення коефіцієнта t для обраних довірчих ймовірностей β

β	0,683	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995	0,9973
t	1,00	1,645	1,96	2,33	2,58	2,80	3,00

Якщо ж розглядався тільки один результативний показник, то, власне моделювання не здійснюється, а натомість проводиться статистичний аналіз генерованих значень за одним або усіма вищенаведеними критеріями.

На прикладі вищенаведеного інвестиційного проєкту здійснимо процедуру імітаційного моделювання. Для цього задамо ряд розподілу одного з факторних показників – ставки дисконтування. Результати представлені в таблиці 4.

Таблиця 4

Ряд розподілу ставки дисконтування

Рівень ставки дисконтування, %	Ймовірність
22	0,15
28	0,70
34	0,15

*сформовано авторами на основі безризикової ставки доходності та рівня інфляції

Очевидно, що рівні ймовірності, представлені у табл. 4, розподілені нормально, а тому в подальшому саме нормальний розподіл із властивими для нього параметрами (середній рівень та середнє квадратичне відхилення) буде основою для генерування значень.

1. Розраховуємо середній рівень та середнє квадратичне відхилення за ставкою дисконтування.

Отримаємо:

$$\bar{X} = 22 \times 0,15 + 28 \times 0,70 + 34 \times 0,15 = 28\% .$$

$$\sigma = \sqrt{(22 - 28)^2 \times 0,15 + (28 - 28)^2 \times 0,70 + (34 - 28)^2 \times 0,15} = 3,28\% .$$

2. Здійснюємо генерування випадкових чисел ставки дисконтування, виходячи із таких передумов: кількість випадкових чисел 100; розподіл – нормальний; середнє значення ставки – 15,15%; середнє квадратичне відхилення за ставкою дисконтування – 1,93%. Для генерування випадкових чисел розроблено значну кількість спеціалізованих програмних продуктів: AnyLogic, Arena Simulation, Wolfram Mathematica, Python тощо. Ми скористаємося платформою AnyLogic.

Таблиця 4

Генеровані значення ставки дисконтування

№ п/п	z	№ п/п	z	№ п/п	z	№ п/п	z	№ п/п	z
1	24,28	21	30,76	41	24,42	61	26,86	81	27,05
2	32,71	22	24,38	42	31,21	62	28,17	82	28,53
3	31,70	23	30,22	43	27,79	63	28,69	83	24,59
4	22,46	24	26,20	44	30,07	64	24,72	84	25,97
5	33,22	25	25,78	45	30,90	65	28,44	85	23,75
6	23,23	26	32,45	46	26,63	66	26,03	86	24,16
7	27,26	27	34,46	47	35,96	67	23,82	87	30,84
8	24,34	28	24,71	48	26,69	68	22,03	88	24,05
9	28,28	29	27,28	49	30,55	69	26,56	89	29,83
10	30,90	30	34,82	50	24,74	70	29,15	90	20,64
11	27,79	31	28,45	51	33,26	71	25,34	91	26,91
12	29,58	32	29,52	52	26,87	72	26,32	92	27,34
13	32,33	33	25,79	53	29,29	73	25,48	93	29,69
14	31,16	34	30,49	54	21,96	74	27,37	94	29,72
15	26,67	35	30,12	55	21,30	75	30,51	95	26,69
16	26,08	36	32,74	56	28,91	76	32,04	96	27,94
17	28,54	37	28,33	57	31,68	77	26,75	97	24,59
18	27,19	38	27,79	58	27,87	78	23,70	98	26,57
19	26,83	39	34,11	59	28,40	79	27,27	99	27,74
20	32,97	40	25,09	60	31,28	80	28,19	100	23,49

3. Для кожного генерованого значення ставки дисконтування визначимо дисконтовані чисті економічні вигоди. Результати представлено у табл.5.

Таблиця 5

Залежність між ставкою дисконтування (%) та рівнем дисконтованих чистих економічних вигід (млн.грн.)

z	ДЧЕВ	z	ДЧЕВ	z	ДЧЕВ	z	ДЧЕВ	z	ДЧЕВ
24,28	5,556	30,76	4,622	24,42	5,533	26,86	5,164	27,05	5,135
32,71	4,373	24,38	5,539	31,21	4,564	28,17	4,975	28,53	4,924
31,70	4,501	30,22	4,694	27,79	5,030	28,69	4,902	24,59	5,507
22,46	5,850	26,20	5,261	30,07	4,714	24,72	5,487	25,97	5,295
33,22	4,310	25,78	5,324	30,90	4,604	28,44	4,937	23,75	5,639
23,23	5,723	32,45	4,406	26,63	5,198	26,03	5,287	24,16	5,574
27,26	5,106	34,46	4,160	35,96	3,985	23,82	5,628	30,84	4,612
24,34	5,545	24,71	5,489	26,69	5,188	22,03	5,922	24,05	5,591
28,28	4,959	27,28	5,103	30,55	4,650	26,56	5,208	29,83	4,746
30,90	4,604	34,82	4,117	24,74	5,484	29,15	4,839	20,64	6,161
27,79	5,029	28,45	4,936	33,26	4,305	25,34	5,391	26,91	5,157
29,58	4,780	29,52	4,788	26,87	5,162	26,32	5,243	27,34	5,094
32,33	4,420	25,79	5,323	29,29	4,820	25,48	5,370	29,69	4,765
31,16	4,570	30,49	4,658	21,96	5,934	27,37	5,090	29,72	4,761
26,67	5,192	30,12	4,708	21,30	6,047	30,51	4,655	26,69	5,188
26,08	5,278	32,74	4,370	28,91	4,872	32,04	4,458	27,94	5,008
28,54	4,923	28,33	4,953	31,68	4,503	26,75	5,180	24,59	5,507
27,19	5,116	27,79	5,029	27,87	5,018	23,70	5,647	26,57	5,206
26,83	5,169	34,11	4,203	28,40	4,943	27,27	5,104	27,74	5,036
32,97	4,341	25,09	5,429	31,28	4,555	28,19	4,972	23,49	5,682

Згідно отриманих у табл. 5 результатів, можливий найвищий рівень чистої теперішньої вартості складе 7,944 млн. грн., а можливий найнижчий – 5,053 млн. грн.

4. На основі отриманих результатів (табл. 5) визначаємо квадратичний рівень варіації:

$$v'_\sigma = \frac{0,453}{5,036} \times 100 = 8,99\%$$

Спираючись на загальноприйняте ранжування, можна констатувати, що економічний ефект проекту коливається незначно, що вказує на невисокий рівень його ризику.

5. Також на основі генерованих значень визначимо довірчі межі чистих економічних вигід проекту.

Згідно табл. 5, взявши до уваги, що для $\hat{\beta} = 0,99$, $t(0,99) = 2,58$, за формулою (5) отримаємо нерівність:

$$5,036 - 2,58 \sqrt{\frac{0,206}{100}} < X < 5,036 + 2,58 \sqrt{\frac{0,206}{100}}$$

Таким чином з ймовірністю 0,99 можна стверджувати, що дисконтовані чисті економічні вигоди інвестиційного проекту будуть коливатися від 4,920 млн.грн. до 5,153 млн.грн.

Побудуємо графік динаміки генерованих значень дисконтованих чистих економічних вигід, впорядкованих за спаданням. Відмітимо на графіку визначену зону коливання середнього значення дисконтованих чистих економічних вигід для $\hat{\beta} = 0,99$ (рис. 3).

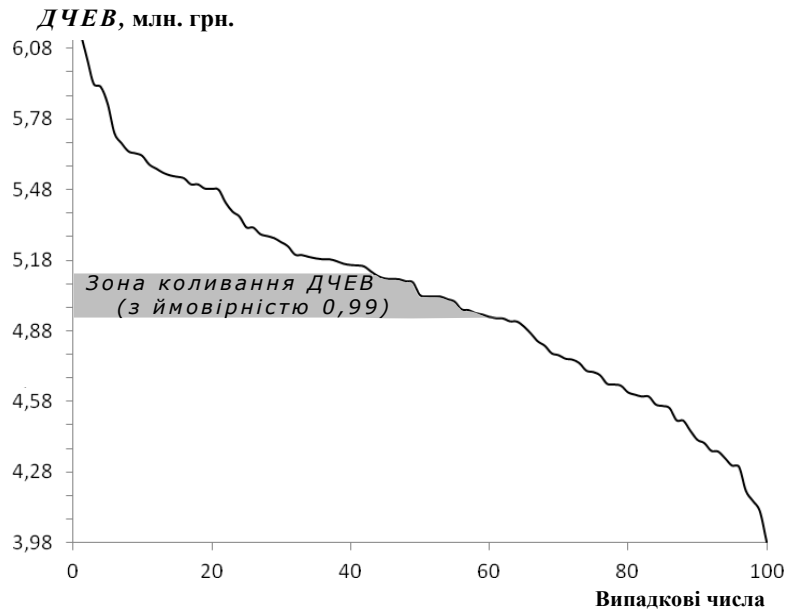


Рис. 3. Динаміка генерованих значень дисконтованих чистих економічних вигід проекту, впорядкованих за спаданням та зона коливання середнього значення дисконтованих чистих економічних вигід

З рис. 3 можна зробити висновок, що дисконтовані чисті економічні вигоди можуть прийняти значення з діапазону від 6,161 млн. грн. до 3,98 млн. грн., але з високою ймовірністю 0,99 можна стверджувати що зона коливання буде значно вужча: від 4,945 млн.грн. до 5,127 млн.грн.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Актуальність досліджуваної проблеми для національної економіки з часом лише зростає. Це зумовлено не лише посиленням конкуренції на фінансових ринках, але й низкою інших факторів. В умовах воєнного стану оцінка економічної ефективності проектів набуває особливого значення: з одного боку, створення додаткових робочих місць є критично необхідним як у поточний період, так і, особливо, у післявоєнний час; з іншого боку, економічні ефекти реалізованих проектів для регіону та національної економіки в цілому повинні сприяти забезпеченню більш плавного переходу до стабільного післявоєнного розвитку.

Прикладні аспекти оцінювання економічної ефективності проектів із використанням методу імітаційного моделювання не обмежуються наведеними у статті положеннями. Поза межами розгляду залишилися такі важливі питання, як обґрунтований відбір факторів для подальшого аналізу, методи перевірки стійкості та надійності отриманих результатів, а також підходи до інтерпретації сценаріїв у контексті специфіки окремих галузей.

Додатковою проблемою є те, що на сучасному етапі розвитку економічної науки все ще бракує уніфікованих, загально визначених методичних підходів до практичного застосування імітаційного моделювання. Хоча теоретичні засади цього методу є достатньо розробленими, їх імплементація у реальні бізнес-процеси нерідко супроводжується певним розходженням між теоретичними моделями та практичними умовами їх застосування, що потребує адаптації існуючих методик або розроблення нових підходів.

Попри окреслені обмеження, автори вважають, що поставленої мети дослідження досягнуто. Представлений у статті матеріал може слугувати методичною основою для практичної оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів, а також для використання імітаційного моделювання як інструмента, що дає змогу глибше проаналізувати можливі наслідки реалізації проектних рішень порівняно з класичними підходами.

Література

1. Florio M. *Investing in Science: Social Cost-Benefit Analysis of Research Infrastructures* / M. Florio. – Cambridge, MA: MIT Press, 2019. – 400 p.

2. Damodaran A. What is the riskfree rate? A Search for the Basic Building Block [Електронний ресурс] / A. Damodaran. – Stern School of Business, New York University, December 2008. – Режим доступу: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/riskfreerate.pdf>
3. Damodaran A. Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset [Текст] – 4th ed. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2023. – 1016 p.
4. Антонюк Л. Л., Поручник А. М., Савчук В. С. Інновації: теорія, механізм розробки та комерціалізації: моногр. Київ : КНЕУ, 2003. 394 с.
5. Klimova I. I., Loseva O. V., Fedotova M. A. Value-Based Approach To Evaluating Investment Projects [Текст] / I. I. Klimova, O. V. Loseva, M. A. Fedotova // S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko (Eds.), Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development. – Vol. 79. – European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – European Publisher, 2020. – P. 1056–1065. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.152>
6. Moiseev N. A., Akhmadeev B. A., Babynina L. S. Complex Evaluation Of Economic Projects Based On Input-Output Tables [Текст] / N. A. Moiseev, B. A. Akhmadeev, L. S. Babynina // S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko (Eds.), Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development. – Vol. 79. – European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – European Publisher, 2020. – P. 1080–1086. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.155>
7. Рудь О. О. Оцінка ефективності інвестиційних проєктів в умовах невизначеності: показники, підходи та методи [Текст] / О. О. Рудь // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". – 2025. – № 1. – Режим доступу: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-1-10663>
8. Zwikael O., Huemann M. Effective Implementation of Transformation Strategies: How to Navigate the Strategy and Change Interface Successfully [Текст] – Cham : Springer, 2022. – 300 p.

References

1. Florio M. Investing in Science: Social Cost-Benefit Analysis of Research Infrastructures / M. Florio. – Cambridge, MA: MIT Press, 2019. – 400 p.
2. Damodaran A. What is the riskfree rate? A Search for the Basic Building Block [Elektronnyi resurs] / A. Damodaran. – Stern School of Business, New York University, December 2008. – Rezhym dostupu: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/riskfreerate.pdf>
3. Damodaran A. Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset [Tekst] – 4th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2023. – 1016 p.
4. Antonyuk L. L., Poruchnyk A. M., Savchuk V. S. Innovatsii: teoriia, mekhanizm rozrobky ta komertsializatsii: monohrafiia. – Kyiv: KNEU, 2003. – 394 s.
5. Klimova I. I., Loseva O. V., Fedotova M. A. Value-Based Approach To Evaluating Investment Projects [Tekst] / I. I. Klimova, O. V. Loseva, M. A. Fedotova // S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko (Eds.), Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development. – Vol. 79. – European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – European Publisher, 2020. – P. 1056–1065. – Rezhym dostupu: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.152>
6. Moiseev N. A., Akhmadeev B. A., Babynina L. S. Complex Evaluation Of Economic Projects Based On Input-Output Tables [Tekst] / N. A. Moiseev, B. A. Akhmadeev, L. S. Babynina // S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko (Eds.), Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development. – Vol. 79. – European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – European Publisher, 2020. – P. 1080–1086. – Rezhym dostupu: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.155>
7. Rud O. O. Otsinka efektyvnosti investytsiinykh proektiv v umovakh nevznachenosti: pokaznyky, pidkhody ta metody [Tekst] / O. O. Rud // Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal "Internauka". Serii: "Ekonomichni nauky". – 2025. – № 1. – Rezhym dostupu: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-1-10663>
8. Zwikael O., Huemann M. Effective Implementation of Transformation Strategies: How to Navigate the Strategy and Change Interface Successfully [Tekst] – Cham: Springer, 2022. – 300 p.