

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ THEORETICAL ASPECTS OF USING THE MONTE CARLO METHOD FOR MODELING THE EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS EFFICIENCY

Стаття присвячена теоретичному аналізу використання методу Монте-Карло у сфері оцінювання ефективності інвестиційних проектів на підприємстві. Обґрунтовано доцільність застосування імітаційного моделювання при прогнозуванні стохастичних параметрів та показників інвестиційних проектів. Досліджено основні принципи та переваги застосування методу Монте-Карло в моделюванні та аналізі економічної ефективності та ризиків проектів. Розглянуто ключові аспекти методу, включно з його здатністю до генерації багатьох можливих сценаріїв і впливу на інвестиційні рішення, що базуються на ймовірнісних розрахунках. Висвітлено історичний контекст розвитку методу та його сучасне застосування в інвестиційному аналізі, підкреслюючи його важливість та необхідність для глибокого розуміння потенційних варіацій у вихідних даних інвестиційних проектів.

Ключові слова: інвестиційний проект, імітаційне моделювання, метод Монте-Карло, псевдовипадкові числа, моделювання.

This article is dedicated to the theoretical study of applying the Monte Carlo method for evaluating the efficiency of investment projects within enterprises. The author examines the principles and advantages of using this stochastic method in modeling economic parameters and project risks, as well as analyzing the method's capabilities in generating various scenarios for justifying investment decisions based on probabilistic calculations. The article explores methodological aspects of simulation modeling of investments, including the creation of applied mathematical models that simulate real economic processes and situations using pseudorandom numbers to generate random variables. This allows for the determination of potential financial outcomes of investment projects with varying degrees of risk and uncertainty. The historical development of the Monte Carlo method and its contemporary use in investment analysis are highlighted, emphasizing its significance in providing a deep understanding of variations in the initial data of investment projects. Particular attention is paid to the method's ability to adapt and account for uncertainty in complex investment scenarios, making it an indispensable tool for investment analysis. Efficiency indicators of investment projects, which are used to assess the economic benefits of investments, are analyzed. Key indicators include Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Profitability Index (PI). The Monte Carlo method is used to model the probabilities of various financial scenarios and influences the assessment of these indicators, providing a more detailed analysis of potential risks and returns from projects. The article emphasizes the importance of the Monte Carlo method as a foundation for developing new approaches to evaluating investment projects and managing risks. This contributes to a better understanding of how modern approaches to simulation modeling can affect the decisions of investors and managers, especially in situations where classical evaluation methods may be ineffective. Therefore, the application of the Monte Carlo method in modeling investment projects not only helps assess overall efficiency indicators but also allows for a detailed analysis of potential investment project risks, making it an indispensable tool in contemporary investment analysis.

Key words: investment project, simulation modeling, Monte Carlo method, pseudorandom numbers, modeling.

УДК 336.64(045)

DOI: <https://doi.org/10.32782/infrastructure79-24>

Рудь О.О.¹

к.е.н., директор,
ТОВ «ЕМ АЙ ДЖІ ЛТД»

Rud Oleksandr
LLC "MIG LTD"

Постановка проблеми. Широке використання економіко-математичного моделювання стає ключовим аспектом для поліпшення аналізу в економіці та підвищення управлінської ефективності в компаніях різноманітних галузей. Основним стимулом до активної інтеграції цих технік у процеси ухвалення рішень служать складнощі, які виникають у сучасній економічній та управлінській сфері. Це обумовлено стрімким розвитком автоматизації, зростанням обсягів технологічних і допоміжних операцій, що вимагають новітніх підходів до аналізу та оптимізації.

Перед тим як приступити до створення та аналізу будь-якої моделі, зокрема економічної, дуже важливим є вибір найоптимальнішого та найбільш зручного методу для розв'язання поставленого завдання, який має враховувати можливості доступних програмних інструментів

та комп'ютерних ресурсів. Серед різноманітних моделей виділяються імітаційні моделі, які використовують різні комп'ютерні методи для їх розробки та аналізу. Це дозволяє проводити експерименти з моделями існуючих систем у випадках, коли реальне тестування об'єкта неможливе або вимагає значних витрат. Терміни "імітаційне моделювання", "комп'ютерна імітація" та "комп'ютерне моделювання" мають однакове значення.

Імітаційне моделювання, зокрема метод Монте-Карло, є надзвичайно актуальним у сучасних економічних, фінансових та інженерних дослідженнях через його здатність ефективно моделювати складні системи з великою кількістю невизначеностей і випадковостей. Цей метод дозволяє оцінювати ймовірнісні розподіли вихідних параметрів систем, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих управлінських та інвестиційних

¹ ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5750-5150>

рішень в умовах невизначеності. Тому висвітлення основних теоретичних аспектів застосування цього методу при оцінці інвестиційних проектів є досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У процесі еволюції ринкових відносин в Україні, особливо важливим стає питання оцінки рентабельності інвестицій, зокрема з урахуванням існуючих ризиків. Ця проблематика активно осмислюється в наукових роботах таких українських економістів, як А.В. Савчук, А.П. Дука, В.Г. Федоренко, А.А. Пересада, З.В. Гуцайлюк, І.О. Бланк. Крім того, внесок у вивчення цього питання зробили й західні дослідники, такі як Г. Бірман, Дж. Доунс, Р.Н. Холт, М. Бромвіч, Дж. Еліот Гудман. Попри великий обсяг досліджень та розробок, ці наукові праці не покривають всі аспекти розвитку інвестиційних процесів в умовах невизначеності, тому існує потреба в доповненні та покращенні методів аналізу інвестиційних проектів [2].

Серед видатних дослідників, що спеціалізуються на аналізі інвестиційної діяльності з використанням різноманітних методик, включаючи імітаційне моделювання за методом Монте-Карло, варто виокремити таких науковців, як Ю.М. Барташевська, С.М. Ілляшенко, В.І. Максимов, О.Д. Мельниченко, П.П. Микитюк, Б.Г. Сенів, О.О. Удалих, В.В. Царьов та інших. Роботи цих науковців переважно фокусуються на вивченні промислових підприємств як основи для їхніх досліджень [8].

Постановка завдання. Метою статті є дослідження прикладного алгоритму застосування та апробації методу Монте-Карло для моделювання оцінки ефективності інвестиційних проектів

Виклад основного матеріалу дослідження.

Кожен інвестиційний проект загалом вирізняється наступними особливостями: значними фінансовими інвестиціями, можливістю отримання віддачі лише після кількох років, а також наявністю ризиків та невизначеностей у прогнозуванні результатів. Ці характеристики підкреслюють необхідність аналітичного підходу до проекту на різних етапах його реалізації, включаючи вибір інвестиційної концепції, порівняння альтернативних варіантів, розроблення бізнес та фінансового планів, і, нарешті, оцінку всього інвестиційного проекту. Глибокий аналіз ефективності реалізації проекту є критичним, особливо оцінка ризиків, що може бути виконана за допомогою різноманітних методик. Після цього важливо здійснити порівняння економічних показників діяльності суб'єкта господарювання.

Фаза оцінки інвестиційного проекту складається з трьох етапів:

1. Оцінка вихідних параметрів проекту
2. Оцінка фінансових переваг
3. Оцінка ризику

Відзначимо, що на кожному з цих етапів важливу роль відіграє застосування прогнозних аналітичних інструментів, адже вони допомагають урахувати потенційний вплив ризиків та невизначеності на проміжні та кінцеві результати проекту. Узагальнюючи, для аналізу використовуються усереднені показники стохастичних змінних, а також сценарний аналіз, який передбачає моделювання виконання проекту за «песимістичних», «оптимістичних» та «реалістичних» умов. Це підкреслює необхідність адекватності довгострокових прогнозів та врахування коливань стохастичних чинників у прогнозних моделях [9].

Б.А. Колтинюка та Р.В. Тульчинського, зазначили, що оцінювання ризику та ймовірності є критичним елементом у процесі вибору інвестиційного проекту. Сучасний аналіз інвестиційного проекту невіддільний від аналізу інвестиційних ризиків. Проблематика вибору та аналізу інвестиційного проекту є взаємопов'язаною, оскільки вибір базується на аналізі, а успішне впровадження проекту є результатом обґрунтованого вибору [4].

О.І. Щукін та В.М. Матієнко підкреслюють, що сучасні підходи до оцінки інвестиційних проектів засновані на чітко визначених припущеннях про капітальні витрати, поточні витрати, обсяги продажів продукції, цінову політику та часові рамки проекту. Однак, незважаючи на якість цих припущень, майбутні події, що відбудуться у зв'язку з реалізацією проекту, залишаються непередбачуваними. Це є ключовою аксіомою будь-якої інвестиційної діяльності. Тому в практиці проектування інвестицій також важливо враховувати елементи невизначеності та ризику [10].

У світовій практиці використовуються різні методи аналізу ефективності інвестиційних проектів:

- метод коригування норми дисконту;
- аналіз чутливості критеріїв ефективності (чистий дисконтований дохід (NPV), внутрішня норма прибутковості (IRR) тощо);
- метод сценаріїв;
- метод Монте-Карло (імітаційне моделювання);
- аналіз імовірнісних розподілів потоків платежів;
- дерево рішень та ін.

Класичним критерієм визначення ефективності інвестиційних проектів є показник чистої приведеної вартості (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C_0,$$

де CF_t – чистий грошовий потік наприкінці періоду t ; T – термін інвестиційного проекту у періодах; r – відсоткова ставка дисконтування; C_0 – початкові фінансові інвестиції ($t = 0$). В умовах лінійної амортизації CF_t визначається таким чином:

$$CF_t = NP + A - I,$$

де NP – чистий прибуток; A – амортизаційні відрахування; I – разове початкове капіталовкладення на утворення основних фондів.

Чистий прибуток розраховують за формулою:

$$NP = (Q \cdot (P - VC) - FC - A + LV) \cdot (1 - IT),$$

де Q – обсяг збуту продукції у натуральних одиницях; P – ціна одиниці продукції; VC – умовно-змінні витрати на одиницю продукції; FC – умовно-постійні витрати на випуск продукції; LV – залишкова вартість (виручка від ліквідації) об'єкту; IT – діюча ставка оподаткування прибутку.

Чутливість моделі до зміни параметрів інвестиційного проекту визначається коефіцієнтом еластичності за формулою:

$$E_j = \frac{\partial Y}{\partial x_j} \cdot \frac{x_j}{Y},$$

або середніми значеннями:

$$E_j = \frac{\partial Y}{\partial x_j} \cdot \frac{\bar{x}_j}{\bar{Y}},$$

де $\frac{\partial Y}{\partial x_j}$ – частинна похідна від обраного показника

ефективності проекту (в даному випадку NPV) за параметром незалежної змінної моделі x_j ; \bar{x}_j і \bar{Y} – відповідні середні арифметичні.

Знаючи коефіцієнт еластичності, можна встановити основні фактори та параметри, що впливатимуть суттєво на кінцевий результат. Чим менше коефіцієнт еластичності, тим меншими будуть ризики за даним параметром. Формула показує що дисперсія спостережуваної величини Y залежить від дисперсії незалежних змінних x_j . Для оцінки інвестиційного проекту недостатньо знайти чутливість його параметрів, але важливо також розрахувати дисперсії $\sigma_{x_j}^2$, які часто отожнюють з мірами ризику.

При оцінці будь-якого інвестиційного проекту виникає необхідність розрахувати його показники ефективності, такі як чиста приведена вартість, внутрішня норма доходності, а також рентабельність інвестицій. Ці показники є детермінованими, оскільки їх розрахункова величина чітко визначається вхідними параметрами проекту, такими як обсяг інвестицій, грошові потоки за проектом, ставка дисконтування. Для цих характеристик стохастичними (випадковими) зазвичай є величина попиту, яка визначає грошові потоки, ставка дисконтування, яка визначається потрібною доходністю та параметрами ризику проекту.

Як вище було зазначено, що усереднювання або сценарне планування має низьку точність при довгостроковому плануванні та не враховує коливання стохастичних параметрів проекту тому для більшої точності в оцінці ефективності інвестиційних проектів доцільно використати імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання представляє собою вид аналогового моделювання, що використовується широко завдяки набору математичних інструментів, спеціалізованих імітаційних програм та технологій. Цей метод дозволяє в інтерактивному форматі досліджувати структуру та функціональні можливості реальних процесів через аналогові процеси та оптимізувати їх ключові параметри [5].

Імітаційне моделювання як засіб для експериментального аналізу складних систем включає в себе розробку системних моделей, методики алгоритмізації, інструменти для програмної реалізації симуляторів, планування та проведення експериментів на комп'ютерах з імітаційними моделями, а також обробку та аналіз отриманих даних. В моделі, динамічні та стохастичні аспекти реальних процесів відтворюються через спеціально розроблені процедури [1].

Імітаційна модель представляє собою обчислювальний алгоритм, який формально відтворює досліджуваний об'єкт та моделює його поведінку. У процесі створення такої моделі немає потреби спрощувати опис феномену чи процесу, іноді можливо ігнорувати навіть важливі аспекти, щоб вписати об'єкт у рамки моделі, яка була б придатною для застосування певних математичних методик. Імітаційне моделювання зазвичай включає відтворення елементарних явищ, що лежать в основі досліджуваного процесу, зі збереженням їх логічної структури, послідовності подій у часі та інформаційного змісту про стан процесу. Така модель є логіко-математичною (алгоритмічною) у своїй суті [3, с. 654].

Слід зазначити, що імітаційне моделювання розглядається сьогодні як обов'язковий етап у прийнятті важливих управлінських або інвестиційних рішень на підприємствах, які активно застосовують ІТ у своїй діяльності. Найбільш популярним методом в імітаційному моделюванні є метод Монте-Карло (також відомий як метод Monte Carlo Simulation – моделювання Монте-Карло). Цей метод був розроблений у 1949 році трьома вченими – Н. Метрополісом, С. Уламом і Дж. Фон Нейманом, які брали участь у Манхеттенському проекті. Основа методу базується на використанні випадкових чисел, що генеруються комп'ютером, і першим таким комп'ютером був MANIAC (Mathematical Analyzer). З моменту свого винайдення, метод Монте-Карло знайшов широке застосування у багатьох сферах, таких як ядерна фізика, статистична фізика, прикладна математика (для розв'язання різних математичних задач включаючи обчислення інтегралів і задачу комів'язера), оптика, генетика, воєнне моделювання, системи штучного інтелекту, та оцінка фінансових ризиків. Метод Монте-Карло ефективно дозволяє аналізувати всі можливі результати математичних

викладок і оцінювати ризики, значно підвищуючи якість прийняття рішень у умовах невизначеності [7].

Згідно методу Монте-Карло будується математична модель, де всі невизначені параметри задаються у вигляді випадкових величин, для кожної з яких відповідно ставиться певний закон розподілу. Таким чином, результуючий показник (показник ефективності інвестиційного проекту) буде представляти собою функцію випадкових величин і також буде випадковою величиною. Проміжним результатом застосування ймовірнісного підходу виступає розподіл імовірностей кінцевого показника ефективності інвестиційного проекту, параметри якого підлягають виявленню. Схема алгоритма методу Монте-Карло представлена на рис. 1.

Першим етапом методу Монте-Карло є побудова математичної моделі цільового показника ефективності інвестиційного проекту як функції детермінованих та неточно визначених параметрів. Для кожного неточно визначеного параметра необхідно задати закон розподілу, який встановлюється на основі вивчення відповідної статистики. При аналізі функціональної придатності елементів систем зазвичай застосовують такі закони розподілів випадкових величин: експоненціальний, нормальний розподіл, розподіл Вейбула [6].

Основним етапом моделювання, в межах якого реалізовано метод Монте-Карло, є етап здійснення розрахункових ітерацій. ЕОМ генерує

безліч можливих комбінацій факторів з урахуванням їх ймовірного розподілу. Зазвичай близько 1000 ітерацій достатньо для отримання репрезентативної вибірки. Виходячи з того, що загальний підхід методу Монте-Карло ґрунтується на центральній граничній теоремі теорії ймовірності, яка доводить те, що випадкова величина: $Y = \sum_{i=1}^N X_i$, дорівнює сумі великої кількості N довільних випадкових величин з однаковими математичними сподіваннями та рівнями дисперсії X_i та σ^2 , завжди розподілена за нормальним законом з математичним сподіванням $N \cdot m$ та дисперсією $N \cdot \sigma^2$. Нормальний закон розподілу характеризується щільністю ймовірності [9]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

де m – математичне сподівання величини X ;
 σ^2 – дисперсія величини X .

В процесі кожної ітерації відбувається розрахунок значення цільового показника ефективності інвестиційного проекту для кожної сгенерованої комбінації змінних. В якості цільового показника може виступати будь-який показник ефективності інвестиційного проекту – найчастіше NPV або може бути інший показник, наприклад, IRR, PI тощо.

Ключовим компонентом методу Монте-Карло є генератор випадкових чисел, що виконує свою функцію через два основні етапи:

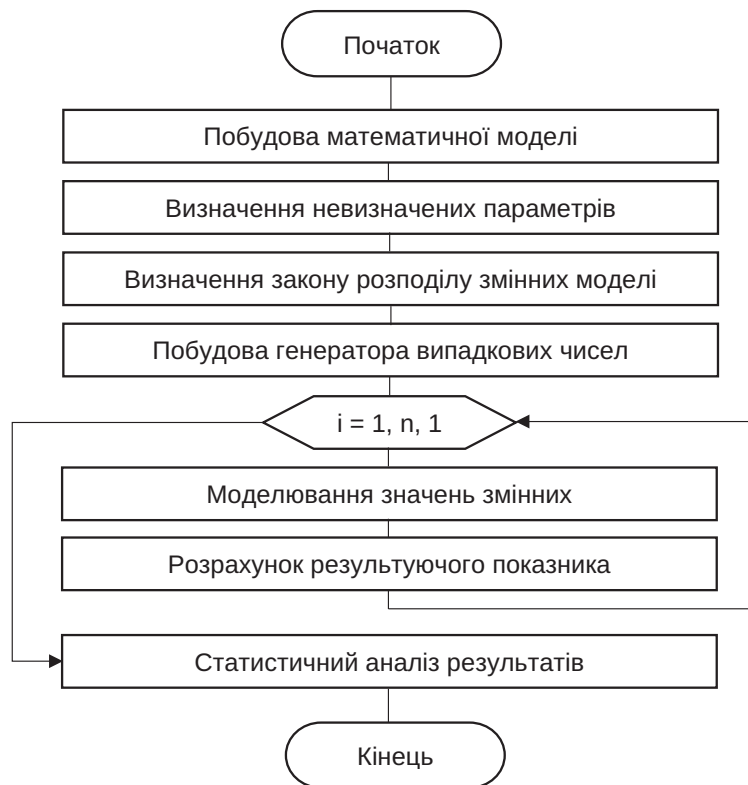


Рис. 1. Схема алгоритма методу Монте-Карло

Джерело: складено автором на основі [7]

– Створення нормалізованого випадкового числа, яке рівномірно розподілене в діапазоні від 0 до 1;

– Трансформація цього числа за допомогою певного закону розподілу.

Псевдовипадковий числовий генератор – це алгоритм, який генерує послідовність чисел, що є майже незалежними одне від одного і відтворюють певний статистичний розподіл [9].

Наступним етапом алгоритму методу Монте-Карло є статистичний аналіз результатів. Вивчення отриманої за допомогою моделювання сукупності значень починається з групування статистичного матеріалу, тобто розділення інтервалу спостережуваних значень випадкових величин на інтервали рівної довжини. При цьому вважається, що кожен проміжок містить свій лівий кінець, але тільки останній проміжок містить і свій правий кінець. За такою угодою кожне значення міститься в одному і тільки в одному проміжку. Потім проводиться підрахунок частот потрапляння спостережуваних значень змінних у ці інтервали. В результаті можна отримати статистичний ряд розподілу частот. Графічно частота випадання випадкових значень зображується у вигляді гістограми. На практиці ця частота є аналогом щільності ймовірності.

На основі частот випадання випадкових значень будується емпірична функція розподілу. Після того, як за результатами комп'ютерного експерименту будується вибірковий закон розподілу, висувається гіпотеза H_0 , що отриманий емпіричний розподіл узгоджується з якимось теоретичним розподілом. Перевіряють цю гіпотезу H_0 за допомогою статистичних критеріїв узгодженості (Колмогорова, Пірсона, Смірнова). Процедура перевірки гіпотези про те, що функція розподілу випадкової величини збігається з деякою відомою функцією, здійснюється відповідно до рекомендацій математичної статистики [6].

Відзначимо переваги і недоліки методу Монте-Карло. До переваг цього методу варто віднести: точність розрахунків, простоту сприйняття результатів, можливість врахування будь-яких взаємодій і взаємозв'язків, включаючи такі тонкі, як умовні залежності.

Під час оцінки ризиків інвестиційних проектів метод дає кількісну оцінку загального ризику, відображає реальність появи кількох одночасних ризиків.

Результати, які виводяться за допомогою даного методу, показують не тільки те, що могло статися, але й яка ймовірність кожного наслідку.

До недоліків варто віднести складність створення імітаційної моделі, точність рішення безпосередньо залежить від кількості ітерацій, які можуть бути виконані. Якість вхідних даних багато

в чому залежить від експертної оцінки, а також від зусиль і досвіду людини, яка виступає в ролі аналітика інвестиційного проекту.

Також до недоліків варто віднести те, що моделювання Монте-Карло має тенденцію недооцінювати ймовірність екстремальних негативних або позитивних подій.

Висновки з проведеного дослідження. Підсумовуючи викладене вище, слід зазначити, що більшість існуючих методів оцінки інвестиційних проектів не враховують або не дозволяють у повному обсязі врахувати фактор невизначеності.

Актуальність запропонованого підходу полягає у розробці методичних засад застосування імітаційного моделювання в інвестиційному аналізі. Проведення імітаційного моделювання за допомогою методу Монте-Карло дозволяє досліджувати майбутні результати інвестиційних проектів та приймати обґрунтовані інвестиційні рішення. Також в результаті застосування цього методу особі, яка приймає рішення, доводиться розглядати не єдине значення цільового показника ефективності інвестиційного проекту, а його ймовірнісний розподіл, отриманий на основі статистичних випробувань моделі проекту. Тому є певна складність в правильному інтерпретуванні отриманих результатів та прийнятті рішень з урахуванням ймовірнісної природи знань, що є предметом подальших досліджень у цьому напрямку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Великодний С.С. Моделювання складних процесів та систем (Частина 1): конспект лекцій. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2021. 92 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9494/1/VelykodniySS_Modelyuvannya_skladnykh_protseviv_ta_system_1ch_KL_2021.pdf (дата звернення: 25.07.2024)
2. Гулик Т.В., Горб Є.Ю. Методи оцінки ефективності інвестиційних проектів з урахуванням ризиків в умовах невизначеності. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2020. Том 31 (70). № 6. С. 99–106. URL: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/31_70_6/19.pdf (дата звернення: 25.07.2024).
3. Іващук О.Т. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник. Тернопіль : ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
4. Кузьмін О.Є., Терлецька В.О. Методичний підхід до оцінювання та відбору венчурних проектів. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2021. № 1(5). С. 161–166. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/jun/23797/management121-163-168.pdf> (дата звернення: 25.07.2024)
5. Литвинова О.Б. Методи імітаційного моделювання в оцінці надійності найпростіших систем. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Економічні науки*. 2016.

№ 1(31). С. 168–175. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/74515281.pdf> (дата звернення: 25.07.2024)

6. Ситник В.Ф. Імітаційне моделювання: навч.-метод. посібн. Київ : КНЕУ, 1999. 208 с.

7. Сіницький М.Є., Моцний Ф.В. Вибір інвестиційних проектів методом Монте-Карло за наявності ризику. *Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту*. 2017. № 1–2. С. 100–112.

8. Турчіна С.Г. Імітаційне моделювання як база для управління змінами та проектами при оцінці інтелектуально-інноваційної діяльності сільсько-господарського підприємства. *Актуальні питання у сучасній науці*. 2023. № 3(9). С. 131–141. URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/sn/article/view/4003/4025> (дата звернення: 25.07.2024).

9. Харченко В.В. Імітаційне моделювання в оцінці ефективності та ризику інвестиційних проектів. *Modern economics*. 2020. № 22. С. 119–124. URL: <https://modecon.mnau.edu.ua/issue/22-2020/kharchenko.pdf> (дата звернення: 25.07.2024)

10. Щукін О.І., Матієнко В.М. Методи оцінки венчурних проектів: особливості та можливі підходи. *Академічний огляд*. 2009. № 1. С. 71–76.

REFERENCES:

1. Velykodnyi S. C. (2021). Modeliuvannya skladnykh protsesiv ta system (Chastyna 1): konspekt leksii [Modeling of complex processes and systems (Part 1): lecture notes]. Odesa : Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet, 92 p. Available at: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9494/1/VelykodniySS_Modelyuvannya_skladnykh_protseviv_ta_system_1ch_KL_2021.pdf (accessed: 25.07.2024) [in Ukrainian]

2. Hulyk T.V., Horb Ye.Iu. (2020). Metody otsinky efektyvnosti investytsiinykh proektiv z urakhuvanniam ryzykiv v umovakh nevyznachenosti [Methods of assessing the effectiveness of investment projects taking into account risks in conditions of uncertainty]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: Ekonomika i upravlinnia*. Tom 31 (70), № 6, pp. 99–106. Available at: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/31_70_6/19.pdf (accessed: 25.07.2024). [in Ukrainian]

3. Ivashchuk O.T. (2008). Ekonomiko-matematychno modeliuвання: Navchalnyi posibnyk [Economic and mathematical modeling: Study guide]. Ternopil : TNEU «Ekonomichna dumka», 704 p. [in Ukrainian]

4. Kuzmin O.Ye., Terletska V. O. (2021). Metodychnyi pidkhid do otsiniuvannya ta vidboru venchurnykh proektiv [Methodical approach to assessment and selection of venture projects]. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia i problemy rozvytku*. № 1(5). pp. 161–166. Available at: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/jun/23797/menedzhment121-163-168.pdf> (accessed: 25.07.2024) [in Ukrainian]

5. Lytvynova O.B. (2016). Metody imitatsiinoho modeliuвання v otsintsi nadiinosti naiprostishykh system [Methods of simulation modeling in reliability assessment of the simplest systems]. *Visnyk Pryazovskoho Derzhavnoho Tekhnichnoho Universytetu. Seriya: Ekonomichni nauky*, № 1(31), pp. 168–175. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/74515281.pdf> (accessed: 25.07.2024) [in Ukrainian]

6. Sytnyk V.F. (1999). Imitatsiine modeliuвання: navch.-metod. posibn. [Simulation modeling]. Kyiv : KNEU, 208 p. [in Ukrainian]

7. Sinytskyi M.Ye., Motsnyi F.V. (2017). Vybir investytsiinykh proektiv metodom Monte-Karlo za naiavnosti ryzyku [Selection of investment projects by the Monte Carlo method in the presence of risk]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoi akademii statystyky, obliku ta audytu*, № 1–2, pp. 100–112. [in Ukrainian]

8. Turchina S. H. (2023). Imitatsiine modeliuвання yak baza dlia upravlinnia zminamy ta proektamy pry otsintsi intelektualno-innovatsiinoi diialnosti silskohospodarskoho pidpriemstva [Simulation modeling as a basis for managing changes and projects in the evaluation of the intellectual and innovative activity of an agricultural enterprise]. *Aktualni pytannia u suchasni nauksi*, № 3(9), pp. 131–141. Available at: <http://perspectives.pp.ua/index.php/sn/article/view/4003/4025> (accessed: 25.07.2024). [in Ukrainian]

9. Kharchenko V.V. (2020). Imitatsiine modeliuвання v otsintsi efektyvnosti ta ryzyku investytsiinykh proektiv [Simulation modeling in assessing the effectiveness and risk of investment projects]. *Modern economics*, № 22, pp. 119–124. Available at: <https://modecon.mnau.edu.ua/issue/22-2020/kharchenko.pdf> (accessed: 25.07.2024) [in Ukrainian]

10. Shchukin O.I., Matiienko V.M. (2009). Metody otsinky venchurnykh proektiv: osoblyvosti ta mozhyly pidkhody [Methods of evaluating venture projects: features and possible approaches]. *Akademichnyi ohliad*, № 1, pp. 71–76. [in Ukrainian]