

Артемій Сергійович ХМАРЮК

здобувач, Національний університет "Одеська політехніка"

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2425-9145>

e-mail: artemii.od.ua@stud.op.edu.ua

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СУЧАСНОМУ ІНВЕСТИЦІЙНОМУ АНАЛІЗІ

У статті досліджено роль математичного аналізу та штучного інтелекту в ухваленні інвестиційних рішень в умовах невизначеності. Показано, що класичні фінансові моделі (портфель Марковіца, критерій Келлі, NPV, PI, DCF, CAPM, моделювання Монте-Карло) залишаються основою аналітики, проте їх поєднання з методами машинного навчання, нейронними мережами та підкріпленням навчанням значно підвищує точність прогнозів і ефективність управління ризиками. Розглянуто застосування штучного інтелекту (AI) у венчурних інвестиціях, алгоритмічній торгівлі та фінансовому ризик-менеджменті. Визначено переваги (швидкість оброблення даних, виявлення прихованих закономірностей) і ризики (упередженість, «чорна скринька») AI-рішень. Аргументовано, що майбутнє інвестиційного аналізу – в синергії класичних моделей, AI та новітніх технологій, зокрема explainable AI і квантових обчислень.

Ключові слова: інвестиційний аналіз, математичні моделі, теорія портфеля, метод Монте-Карло, штучний інтелект, управління ризиками, фінансові технології

ВСТУП

Сучасний фінансовий ринок характеризується високим рівнем невизначеності та динамічними змінами, що зумовлює потребу у застосуванні науково обґрунтованих підходів до прийняття інвестиційних рішень. Традиційні методи математичного аналізу, які протягом десятиліть залишаються основою фінансової аналітики, сьогодні доповнюються новітніми технологіями штучного інтелекту (AI). Це створює передумови для формування якісно нового рівня управління ризиками та прогнозування інвестиційної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У науковій літературі значну увагу приділено класичним підходам до інвестиційного аналізу. Так, у працях Гаррі Марковіца сформульовано середньо-дисперсійний підхід до управління портфелем, що отримав розвиток у сучасних теоріях оптимізації інвестиційних стратегій. Подальші дослідження, зокрема у сфері фінансової математики та прикладної економіки, розвинули моделі NPV, DCF, CAPM та метод Монте-Карло, які стали базовими інструментами аналізу ризиків. Окремим напрямом досліджень є застосування AI у фінансах. Роботи останніх років акцентують увагу на застосуванні машинного навчання, нейронних мереж та алгоритмів підкріпленого навчання для підвищення точності прогнозів та ефективності управління портфелями. Попри активне впровадження AI у фінансовий сектор, потребує подальшого аналізу порівняння його результативності з класичними методами, а також дослідження обмежень та ризиків такого підходу.

МЕТА статті – систематизація та порівняння класичних математичних методів інвестиційного аналізу з новітніми AI-інструментами, визначення їхніх переваг, недоліків, сфер застосування, а також обґрунтування перспектив інтеграції у сучасну фінансову практику.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У статті застосовано методи теоретичного узагальнення та системного аналізу для вивчення наукових підходів до інвестиційного аналізу; методи порівняння для ідентифікації переваг та недоліків класичних і су-

часних моделей; статистичний метод для оцінювання тенденцій застосування AI у фінансовому секторі.

РЕЗУЛЬТАТ

Інвестиційну діяльність у сучасному світі нерозривно пов'язана з високим рівнем невизначеності та ризиків. Вибір правильних стратегій вимагає не лише інтуїтивних рішень, але й математичного підходу, що дає змогу обґрунтовано оцінювати можливі наслідки. Математичний аналіз є ключовим інструментом у фінансовому прогнозуванні та розрахунках ефективності інвестицій, забезпечуючи об'єктивність і точність. Останніми роками цей аналіз отримав новий розвиток завдяки AI-технологіям, що інтегрують класичні моделі з потужними алгоритмами машинного навчання. Поєднання традиційних математичних підходів і сучасних AI-рішень створює унікальні можливості для інвесторів, даючи змогу швидше виявляти закономірності, оцінювати ризики та оптимізувати портфелі.

Фінансова математика базується на ідеї кількісного оцінювання очікуваного прибутку та ризику. Одним із фундаментальних підходів є середньо-дисперсійний аналіз, сформульований Гаррі Марковіцем у теорії портфеля (Modern Portfolio Theory, MPT). Вона показала, що комбінація активів може мати нижчий ризик порівняно з інвестиціями в окремий актив завдяки кореляційним зв'язкам між дохідностями [1]. Цей підхід став основою для розвитку сучасних фінансових стратегій управління портфелями та отримав широке практичне застосування у банках, інвестиційних фондах та страхових компаніях. Більш сучасні модифікації MPT враховують асиметрію розподілів дохідності та застосовують методи оптимізації, засновані на стохастичному програмуванні. Інший відомий підхід – критерій Келлі (Kelly Criterion), що застосовується для визначення оптимальної частки капіталу, яку доцільно інвестувати в ризикову ставку чи актив. Формула базується на максимізації логарифмічного зростання багатства та поєднує ймовірність виграшу з очікуваним прибутком [2]. У практиці фінансових ринків цей критерій застосовується у торгівлі деривативами, у венчурному капіталі, а також у галузі криптовалют, де інвестори часто стикаються з

високою волатильністю. Попри свою привабливість, критерій Келлі має й обмеження – він передбачає наявність точних оцінок імовірностей, які не завжди можна отримати на реальних ринках.

У практичних інвестиційних розрахунках важливе місце займають чистий дисконтований дохід (Net Present Value, NPV) та індекс прибутковості (Profitability Index, PI). Вони дають змогу оцінити, чи варто реалізувати проект, ґрунтуючись на приведеній вартості майбутніх грошових потоків. NPV визначається як різниця між сумою дисконтованих доходів і початковими інвестиціями, тоді як PI показує відношення цих доходів до вкладених коштів. Ці методи широко застосовуються у корпоративних фінансах, зокрема в аналізі довгострокових проєктів у виробництві, будівництві чи інфраструктурі. Важливим складником таких моделей є вибір ставки дисконту, яка може суттєво змінювати фінальні висновки.

В умовах невизначеності для аналізу часто застосовують методи Монте-Карло. Вони імітують численні сценарії зміни параметрів (наприклад, ціни активів, темпи зростання доходів) і дають змогу оцінити ймовірні розподіли фінансових результатів. Цей підхід є незамінним для управління ризиками, особливо у складних фінансових інструментах, таких як опціони чи деривативи [3]. У сучасних фінансових установах симуляції Монте-Карло застосовуються не лише для оцінювання прибутковості, а й для аналізу Value at Risk (VaR) та Conditional Value at Risk (CVaR), що стали стандартами у міжнародних регуляторних підходах до банківської діяльності.

Серед базових фінансових моделей також варто відзначити Discounted Cash Flow (DCF) та Capital Asset Pricing Model (CAPM). Перша оцінює вартість активу на основі дисконтованих майбутніх грошових потоків, друга визначає очікувану дохідність залежно від систематичного ризику. Разом ці моделі створили фундамент сучасних фінансових досліджень і лягли в основу більшості оцінок компаній.[4] Згодом CAPM отримала розвиток у вигляді багатофакторних моделей, наприклад, моделі Фамі-Френча, яка враховує додаткові параметри, такі як розмір компанії та співвідношення балансової і ринкової вартості. Детальніший аналіз ключових методів наведено у табл. 1.

AI сьогодні є одним із ключових драйверів фінансових інновацій. Завдяки машинному навчанню, глибоким нейронним мережам та алгоритмам підкріпленого навчання (reinforcement learning) AI-системи здатні знаходити оптимальні інвестиційні стратегії та здійс-

нювати портфельний аналіз у режимі реального часу. Вони не тільки моделюють ринкову динаміку, а й можуть прогнозувати макроекономічні тенденції на основі складних багатофакторних залежностей. Сучасні AI-платформи активно застосовують альтернативні дані: від супутникових знімків до інформації із соціальних мереж. Наприклад, аналіз відвідуваності торговельних центрів чи динаміки доставки товарів дає змогу передбачити фінансові результати компаній швидше за класичні методи [5]. Деякі алгоритми аналізують навіть тональність новин та повідомлень у Twitter чи LinkedIn, формуючи індикатори ринкових очікувань. Такі підходи значно розширюють інформаційну базу для ухвалення рішень, яку раніше було обмежено виключно бухгалтерською чи макроекономічною статистикою. Окремим напрямом стало впровадження explainable AI та knowledge-driven AI, які поєднують математичний апарат із алгоритмами, що здатні пояснити власні рішення. Це особливо важливо у фінансовій сфері, де прозорість є критичною вимогою для інвесторів та регуляторів. Explainable AI допомагає виявляти джерела ризику, а також підтверджувати, що результати аналізу не базуються на випадкових кореляціях.

У сфері венчурних інвестицій успішно працюють фонди, які застосовують AI як основний аналітичний інструмент. Так, компанія QuantumLight застосовує аналіз понад 10 млрд точок даних для вибору стартапів, зменшуючи вплив людського упередження на рішення. Інший приклад: Titanium Ventures, яка розробила AI-систему X-Ray для аналізу фінансової звітності та оцінювання потенціалу стартапів. Результати показують суттєво вищий рівень дохідності (IRR) порівняно з галузевими стандартами. Управління ризиками також істотно змінюється під впливом AI. Алгоритми здатні швидко ідентифікувати потенційні загрози для портфельів та проводити stress testing у масштабах, які неможливі для людини. Це дає змогу інвесторам формувати більш стійкі до криз портфелі. Деякі компанії застосовують гібридні системи, які поєднують AI-моделювання з експертним оцінюванням. Це забезпечує баланс між точністю розрахунків і стратегічним баченням. Переваги інтеграції AI очевидні: швидкість оброблення великих обсягів даних, здатність виявляти складні закономірності, оптимізація портфеля в реальному часі. Застосування reinforcement learning дає змогу системам навчатися на ринку динамічно, адаптуючи стратегії до нових умов. У перспективі такі алгоритми можуть забезпечувати майже повністю автономне управління інвестиційними портфелями, залишаючи людині лише

Таблиця 1 – Класичні методи інвестиційного аналізу: сфери застосування, переваги та обмеження

Методи	Сфера застосування	Переваги	Недоліки
MPT	Формування портфеля	Оптимізація ризику; теоретична база сучасних фінансів	Не враховує асиметрію розподілів; чутливий до вхідних даних
Критерій Келлі	Венчурні інвестиції, криптовалюти, деривативи	Максимізація довгострокового зростання	Потребує точних оцінок імовірностей; високий ризик у короткостроковій перспективі
NPV, PI	Корпоративні фінанси, інфраструктурні проєкти	Простота та зрозумілість; широко застосовуються	Залежність від ставки дисконту; ігнорують невизначеність
Монте-Карло	Управління ризиками, опціони, деривативи	Оцінювання ймовірнісних розподілів; гнучкість	Висока обчислювальна складність
DCF, CAPM	Оцінювання компаній, акцій, активів	Фундаментальні моделі фінансів	CAPM враховує лише систематичний ризик; DCF залежить від прогнозів грошових потоків

функцію стратегічного контролю. За даними PwC (2023) понад 70% інвестиційних фондів у США застосовують AI для управління ризиками. Ринок AI у фінансах зріс з \$ 6,67 млрд у 2019 р. до \$ 19,0 млрд у 2023 р., прогноз на 2030 р. – понад \$ 100 млрд. У 2024 р. понад 60% біржових операцій у світі здійснюються автоматизовано (algo-trading) (рис. 1).

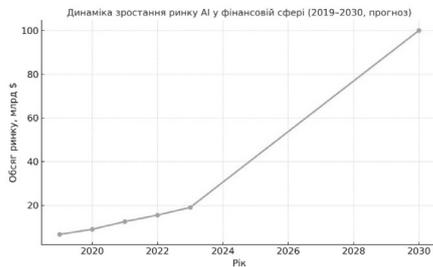


Рис. 1. Динаміка зростання ринку AI

Проте є й виклики. По-перше, упередженість даних: AI-алгоритми часто залежать від історичної інформації, що може не враховувати структурних змін у майбутньому [6]. По-друге, проблема «чорної скриньки»: складні нейронні мережі приймають рішення, які важко пояснити. Це знижує довіру до результатів, особливо серед інституційних інвесторів. Додатково виникають етичні та правові питання: хто несе відповідальність за збитки, якщо інвестиційне рішення ухвалене на основі алгоритму? Тому найефективнішим підходом вважається гібридна модель, у якій поєднується людська експертиза з алгоритмічною точністю. Досвід таких компаній, як Correlation Ventures, показує, що саме синергія людини та машини забезпечує найкращий результат у виборі ін-

вестиційних можливостей.

Якщо проаналізувати загальну перевагу застосування AI-технологій, то до них можна віднести таке: швидкість оброблення великих обсягів даних; здатність виявляти складні закономірності; оптимізація портфеля в режимі реального часу; можливість створення майже автономних систем управління інвестиціями. Проте як і кожний аспект, AI-технології мають свої обмеження, з яких можна виділити таке: упередженість даних, що формує неправильні висновки; складність пояснення результатів нейромереж; правові та етичні питання відповідальності за рішення; залежність від якості вхідних даних і технологічної інфраструктури.

ВИСНОВОК

Отже, математичний аналіз залишається фундаментом інвестиційних рішень. Класичні методи, як-от теорія портфеля, NPV чи моделі Монте-Карло, дозволяють структуровано оцінювати прибутковість і ризики. Однак сучасний фінансовий світ вимагає швидших та гнучкіших підходів, які здатні працювати з великими масивами даних у режимі реального часу. Цю потребу задовольняє штучний інтелект, що інтегрує математичний апарат з машинним навчанням. Перспективи подальшого розвитку пов'язано з квантовими обчисленнями, які здатні аналізувати величезну кількість сценаріїв одночасно, та з розвитком explainable AI, що підвищить прозорість алгоритмічних рішень. Поєднання класичних і новітніх методів стане основою інвестиційної аналітики майбутнього, де людина й машина виступатимуть як партнери у прийнятті стратегічних рішень.

References

1. CFI, Modern Portfolio Theory, URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/career-map/sell-side/capital-markets/modern-portfolio-theory-mpt/>
2. Will Kenton, What is the Kelly Criterion, URL: <https://www.investopedia.com/terms/k/kellycriterion.asp>
3. Kushal Agarwal, The Monte Carlo Simulation: Understanding the Basics, URL: <https://www.investopedia.com/articles/investing/112514/monte-carlo-simulation-basics.asp>
4. Niekrasova L.A., Polishchuk A.S. Innovative Technologies of the Digital Economy as a Direction of Investment in the Development of Ukraine. *Economic journal of Odesa polytechnic university*. 2022. № 4 (22). pp. 14-20. URL: <https://economics.net.ua/ejopu/2022/No4/14.pdf>
5. Kenson Investments, The AI-Powered Hedge Fund: How Machine Learning is Reshaping Investment Strategies, URL: <https://kensoninvestments.com/resources/the-ai-powered-hedge-fund-how-machine-learning-is-reshaping-investment-strategies>
6. Taylor I. New AI Technology Spurs Excitement and Concerns Among Private-Credit Managers, URL: https://www.wsj.com/articles/new-ai-technology-spurs-excitement-and-concerns-among-private-credit-managers-f3a2e65f?mod=author_content_page_6_pos_3

Artemii KHMARIUK

applicant, Odesa Polytechnic National University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2425-9145>

e-mail: artemii.od.ua@stud.op.edu.ua

MATHEMATICAL METHODS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MODERN INVESTMENT ANALYSIS

The paper is devoted to the study of methodological approaches to investment analysis with a focus on comparing classical mathematical methods and modern artificial intelligence tools. The relevance of the topic is justified by the fact that the increasing uncertainty in financial markets requires the application of not only traditional models but also advanced forecasting algorithms. The purpose of the paper is to identify the advantages and limitations of classical and innovative methods, to define their areas of application, and to outline the prospects of their integration in investment activities. The first part of the study examines traditional tools of investment analysis, including Markowitz portfolio theory, the Kelly criterion, NPV and PI indicators, the Monte Carlo method, as well as DCF and CAPM models. Their strengths, fields of application, as well as risks and limitations are identified. Table 1 systematizes the key characteristics of classical methods, which allows a clear demonstration of their differences. The second part of the paper is devoted to artificial intelligence as a tool for financial analytics. The main areas of its implementation in investment practice are described, such as automated portfolio management, market dynamics forecasting, and big data analysis. Statistical data on the growth of the artificial intelligence market in the financial sector from 2019 to 2030 are presented, confirming the rapid dynamics of its expansion. In addition, Table 2 provides a comparative analysis of classical methods and AI-based solutions, highlighting their common features and fundamental differences. The conclusions emphasize that classical methods remain the foundation of investment analysis, but their combination with artificial intelligence opens new opportunities for improving forecasting accuracy, enhancing risk management efficiency, and increasing the flexibility of decision-making. Such synergy enables the creation of more resilient and adaptive investment strategies under the conditions of modern financial markets.

Keywords: investment analysis, mathematical models, portfolio theory, Monte Carlo method, artificial intelligence, risk management, financial technologies