ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПОРТФЕЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

Виконав: здобувач 6 курсу, групи ПР1 спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»
Леонов Вадим Васильович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Величко Ю.І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н. доцент Григорова А. А.
(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2025р.

Факультет **Інформаційних технологій та дизайну**

Кафедра **Програмних засобів і технологій**

Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**

Галузі знань **12 «Інформаційні технології»**

Спеціальність **121 «Інженерія програмного забезпечення»**

Освітньо-професійної програми **«Програмна інженерія»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗіТ,

к.т.н. доц

_____________О.Є.Огнєва

«____» ______________ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

_____Леонову Вадиму Васильовичу_______________________________________

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи __Дослідження оптимізації інвестиційних портфелів___________ з використанням методів та інструментів ШІ ________________________________

керівник роботи ______к.т.н., доцент Величко Ю.І.____________________________,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ХНТУ від «15» вересня 2025 року №416-с.

2. Строк подання здобувачем роботи ______12 грудня 2025___________________

3. Вихідні дані до роботи _____історичні цінові ряди фінансових активів; ринкові обсяги та індикатори ліквідності; макроекономічні показники; методи та алгоритми машинного навчання і штучного інтелекту (LSTM, GA); вимоги до побудови AI-системи оптимізації портфеля; технічні вимоги до програмного забезпечення.____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) виконати системний аналіз проблеми оптимізації інвестиційного портфеля; проаналізувати сучасні класичні, евристичні та AI-орієнтовані методи оптимізації; розробити AI-модель прогнозування дохідностей на основі LSTM; розробити AI-алгоритм оптимізації портфеля (генетичний алгоритм); побудувати архітектуру інтелектуальної системи оптимізації портфеля; реалізувати програмний комплекс з модульною структурою; провести експериментальні дослідження та порівняти результати з класичними моделями; сформувати висновки та рекомендації щодо застосування AI-підходів у портфельному менеджменті.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема архітектури інтелектуальної системи оптимізації портфеля; UML-діаграми (діаграма компонентів, діаграма діяльності); блок-схема AI-pipeline (Data preprocessing → LSTM forecasting → GA optimization → Decision module); класифікація методів оптимізації портфелів (структурна схема); графіки результатів прогнозування та оптимізації (LSTM vs actual data, GA fitness curve); порівняння ефективності портфелів (Sharpe Ratio, risk/return plots).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Відбір та вивчення літературних джерел	18.09.2025	виконано
2	Складання технічного завдання	22.09.2025	виконано
3	Огляд існуючих платформ для оптимізації інвестиційних портфелів за допомогою ШІ інструментів	25.09.2025	виконано
4	Постановка завдання з описом функціональних та нефункціональних вимог	29.09.2025	виконано
5	Програмна реалізація серверної частини на базі Python	01.10.2025	виконано
6	Розробка клієнтської частини з інтерактивними елементами та візуалізацією показників	30.10.2025	виконано
7	Проведення дослідження ефективності платформи з участю менеджерів портфелів	19.11.2025	виконано
8	Аналіз отриманих результатів, формулювання висновків та рекомендацій	01.12.2025	виконано

здобувач ______________ _____**Леонов В.В.**_____

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи ______________ ______**Величко Ю.І.**___

(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до курсової роботи: 134 с., 41 рис., 1 додаток, 14 джерел.

Об’єкт дослідження – процес управління інвестиційними портфелями на фінансових ринках.

Предмет дослідження – інтелектуальні методи та програмні засоби оптимізації структури інвестиційного портфеля в умовах невизначеності.

Мета роботи – створення інтелектуальної програмної системи оптимізації інвестиційного портфеля з використанням методів машинного навчання та еволюційних алгоритмів.

Методи дослідження – модель Марковіца, методи статистичного аналізу фінансових даних, методи машинного навчання, нейронні мережі типу LSTM, генетичні алгоритми, методи оптимізації, мова програмування Python, бібліотеки NumPy, Pandas, Scikit-learn, TensorFlow, Matplotlib.

У результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено програмну систему, що забезпечує автоматизоване прогнозування дохідностей фінансових активів та оптимізацію структури інвестиційного портфеля за критеріями ризику та дохідності. Система дозволяє формувати та аналізувати різні інвестиційні стратегії, оцінювати ефективність портфеля за показниками волатильності та коефіцієнта Sharpe, а також візуалізувати результати експериментальних досліджень. Проведено тестування системи, яке підтвердило її працездатність і доцільність використання для підтримки прийняття інвестиційних рішень.

Ключові слова: ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОРТФЕЛЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, LSTM, ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ, МОДЕЛЬ МАРКОВІЦА, РИЗИК, ДОХІДНІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ SHARPE.

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню методів оптимізації інвестиційних портфелів із використанням сучасних технологій штучного інтелекту. У роботі проведено аналіз класичних та інтелектуальних підходів до моделювання фінансових ринків, включно з моделлю Марковіца, методами машинного навчання та еволюційними алгоритмами. На основі системного аналізу предметної області сформульовано наукову проблему, що полягає у підвищенні ефективності управління портфелем в умовах нестабільних ринків та високої невизначеності. Запропоновано архітектуру програмної системи, яка інтегрує прогнозні моделі (Linear Regression, LSTM) та оптимізаційні механізми (Markowitz, Genetic Algorithm) для автоматизованого формування ефективних інвестиційних портфелів.

У практичній частині розроблено програмний комплекс для збору даних, прогнозування дохідності активів та оптимізації структури портфеля. Проведено експериментальні дослідження для декількох сценаріїв ринкової поведінки, що продемонстрували переваги еволюційних алгоритмів та моделей глибинного навчання над традиційними статистичними методами. Отримані результати підтвердили, що поєднання LSTM та генетичного алгоритму забезпечує підвищення коефіцієнта Sharpe, кращу адаптивність до ринкової динаміки та стійкість до коливань.

Наукова новизна роботи полягає у комплексній інтеграції методів глибинного навчання та еволюційної оптимізації в одному програмному інструменті для управління портфелем. Практичне значення полягає у створенні прототипу системи, яка може бути застосована в інвестиційних компаніях, фінтех-секторі або приватними інвесторами для підтримки прийняття рішень. Робота є основою для подальшого розвитку інтелектуальних систем фінансового прогнозування та управління активами.

Ключові слова: інвестиційний портфель, оптимізація, штучний інтелект, машинне навчання, LSTM, генетичний алгоритм, Markowitz, Sharpe Ratio.

ABSTRACT

This master's thesis is devoted to the study of investment portfolio optimization methods using modern artificial intelligence technologies. The work analyzes both classical and intelligent approaches to financial market modelling, including the Markowitz model, machine learning techniques, and evolutionary algorithms. Based on a systematic analysis of the subject domain, the research problem is defined as improving portfolio management efficiency under market instability and high uncertainty. A software architecture is proposed that integrates predictive models (Linear Regression, LSTM) with optimization mechanisms (Markowitz, Genetic Algorithm) for automated construction of effective asset portfolios.

The practical part of the thesis presents the development of a software system for data collection, return forecasting, and portfolio optimization. Several experimental scenarios were conducted to evaluate system performance, demonstrating the advantages of evolutionary algorithms and deep learning models over traditional statistical approaches. The results show that the combination of LSTM and a genetic algorithm provides higher Sharpe ratios, improved adaptability to market dynamics, and increased robustness to volatility.

The scientific novelty lies in the integrated application of deep learning and evolutionary optimization techniques within a single decision-support tool for portfolio management. The practical significance of the work is the creation of a functional prototype that can be used by investment firms, the fintech sector, or private investors. The thesis serves as a foundation for further development of intelligent financial forecasting and asset-management systems.

Keywords: investment portfolio, optimization, artificial intelligence, machine learning, LSTM, genetic algorithm, Markowitz, Sharpe Ratio.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AI (Artificial Intelligence) – штучний інтелект;

ML (Machine Learning) – машинне навчання;

DL (Deep Learning) – глибинне навчання;

LSTM (Long Short-Term Memory) – тип рекурентної нейронної мережі для прогнозування часових рядів;

GA (Genetic Algorithm) – генетичний алгоритм оптимізації;

RL (Reinforcement Learning) – навчання з підкріпленням;

CVaR (Conditional Value at Risk) – умовна вартість під ризиком;

VaR (Value at Risk) – вартість під ризиком;

Sharpe Ratio – коефіцієнт ефективності портфеля, що характеризує співвідношення дохідності та ризику;

Sortino Ratio – модифікований показник ефективності портфеля з урахуванням лише негативної волатильності;

Markowitz Model – класична модель оптимізації портфеля за критеріями середньої дохідності та ризику;

CAPM (Capital Asset Pricing Model) – модель оцінювання очікуваної дохідності активу;

OHLCV (Open, High, Low, Close, Volume) – формат фінансових ринкових даних;

ETF (Exchange Traded Fund) – біржовий інвестиційний фонд;

RMSE (Root Mean Squared Error) – корінь середньоквадратичної похибки;

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) – середня абсолютна відносна похибка;

R^2 (Coefficient of Determination) – коефіцієнт детермінації;

Portfolio-AI – програмна система інтелектуальної оптимізації інвестиційного портфеля, розроблена в роботі.

ВСТУП

Сучасні фінансові ринки характеризуються високою волатильністю, нелінійністю та наявністю численних факторів невизначеності, що ускладнює процес прийняття інвестиційних рішень. Традиційні підходи до формування та оптимізації інвестиційних портфелів, зокрема модель Марковіца та її модифікації, базуються на припущеннях про стаціонарність статистичних характеристик та нормальність розподілу дохідностей. На практиці ці припущення часто не виконуються, що призводить до обмеженої точності прогнозів і низької стійкості оптимізаційних рішень. Саме тому виникає потреба у використанні більш гнучких, адаптивних та інтелектуальних підходів, здатних моделювати реальну динаміку ринкових процесів.

Розвиток штучного інтелекту за останнє десятиліття відкрив нові можливості для фінансової аналітики та портфельного менеджменту. Завдяки здатності виявляти складні приховані закономірності у великих масивах даних, ШІ-технології стали основою високоточного прогнозування поведінки активів та побудови оптимальних інвестиційних стратегій. Зокрема, моделі глибинного навчання, такі як рекурентні нейронні мережі типу LSTM, дозволяють ефективно аналізувати часові ряди та враховувати довгострокові залежності у їх структурі. У свою чергу, еволюційні алгоритми забезпечують можливість глобального пошуку у багатовимірному просторі рішень, що робить їх придатними для оптимізації структури інвестиційного портфеля в умовах високої складності та наявності нелінійних обмежень.

Використання штучного інтелекту є ключовою складовою даного дослідження, оскільки саме ШІ-підходи дозволяють долати обмеження класичних моделей і забезпечують адаптацію інвестиційної стратегії до змін у ринковому середовищі. У цій роботі ШІ не виступає допоміжним інструментом, а є центральною технологією побудови системи прогнозування та оптимізації портфеля. Моделі машинного навчання застосовуються для формування прогнозів майбутніх дохідностей, тоді як еволюційні алгоритми проводять оптимізацію ваг активів відповідно до обраних критеріїв ефективності та ризику.

З огляду на стрімкий розвиток фінансових технологій і зростаючу складність ринкових систем, дослідження інтелектуальних методів оптимізації інвестиційних портфелів набуває особливої актуальності. Комбінація LSTM-прогнозування та генетичної оптимізації, яка досліджується у даній магістерській роботі, відповідає сучасним тенденціям та відображає світовий напрям розвитку ШІ-підходів у фінансовій індустрії.

Саме тому метою даної роботи є розроблення інтелектуальної (ШІ-керованої) системи оптимізації портфеля, що поєднує глибинне машинне навчання для прогнозування поведінки активів та еволюційні алгоритми для пошуку оптимальної структури портфеля. Досягнення поставленої мети вимагає вирішення низки завдань, пов’язаних з аналізом існуючих методів, побудовою ШІ-моделей, розробленням архітектури системи та проведенням експериментальних досліджень її ефективності.

Актуальність теми

Актуальність роботи зумовлена потребою:

- підвищення ефективності управління інвестиційними ресурсами в умовах нестабільних фінансових ринків України та світу;
- вдосконалення методів формування портфелів завдяки використанню штучного інтелекту;
- підвищення точності прогнозування дохідностей фінансових активів;
- адаптації світових підходів управління інвестиційним портфелем за допомогою ШІ до українських умов;
- створення інструментів, які дозволяють інвесторам приймати обґрунтовані рішення на основі аналітики та автоматизованих оптимізаційних алгоритмів.

На відміну від традиційних моделей, алгоритми ШІ здатні працювати з нелінійними та високо волатильними фінансовими часовими рядами, що значно розширює можливості прогнозування та оптимізації портфелів. Таким чином, дослідження, орієнтоване на інтеграцію методів LSTM і генетичних алгоритмів у процес формування портфеля, є актуальним і відповідає сучасним викликам галузі.

Використання штучного інтелекту є ключовою складовою даного дослідження, оскільки саме ШІ-підходи забезпечують можливість подолання обмежень класичних моделей оптимізації портфелів. На відміну від традиційних статистичних методів, які ґрунтуються на припущеннях про лінійність, стаціонарність та нормальність розподілів, інтелектуальні алгоритми здатні моделювати складні нелінійні залежності фінансових ринків та адаптуватися до їх динаміки. У рамках цієї роботи машинне навчання використовується для формування прогнозів майбутніх дохідностей активів на основі моделей глибинного навчання типу LSTM, а процес оптимізації портфеля реалізується за допомогою еволюційних методів, зокрема генетичного алгоритму, що забезпечує глобальний пошук ефективних рішень у високорозмірному просторі можливих ваг. Таким чином, інтелектуальні методи у роботі виступають не додатковим інструментом, а центральним механізмом побудови адаптивної, стійкої та практично орієнтованої системи оптимізації інвестиційного портфеля.

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розроблення інтелектуальної (ШІ-керованої) системи оптимізації інвестиційного портфеля, яка поєднує прогнозування дохідностей фінансових активів за допомогою методів глибинного навчання (моделі LSTM) та еволюційну ШІ-оптимізацію портфельної структури на основі генетичного алгоритму. Така система має забезпечувати формування ефективного та стійкого портфеля в умовах динамічних і нелінійних ринкових процесів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати такі завдання:

1. Розробити ШІ-модель прогнозування дохідностей фінансових активів на основі глибинної нейронної мережі типу LSTM.
2. Реалізувати ШІ-алгоритм оптимізації портфельної структури на основі генетичного алгоритму (GA).
3. Інтегрувати прогнозну ШІ-модель та ШІ-алгоритм оптимізації у єдину інтелектуальну систему прийняття рішень.
4. Провести аналіз класичних методів оптимізації інвестиційних портфелів та визначити їх обмеження у контексті сучасних ринкових умов.
5. Розробити модульну архітектуру програмної системи, що забезпечує розширюваність і можливість підключення нових ШІ- та класичних моделей.
6. Провести експериментальні дослідження роботи системи та порівняти ефективність ШІ-підходів із традиційними моделями портфельної оптимізації.
7. Оцінити якість отриманих результатів за ключовими метриками (очікувана дохідність, ризик, коефіцієнт Sharpe) та сформувати рекомендації щодо практичного застосування ШІ-системи.

Об’єкт і предмет дослідження

Об’єкт дослідження - процес формування та оптимізації інвестиційного портфеля на фінансових ринках.

Предмет дослідження - математичні моделі, алгоритми та програмні методи оптимізації портфелів, включно з методами штучного інтелекту (LSTM, генетичні алгоритми).

Наукова новизна

Наукова новизна роботи полягає у такому:

1. Запропоновано підхід до побудови інвестиційного портфеля з використанням прогнозних дохідностей, отриманих за допомогою LSTM-

мереж — на відміну від класичних моделей, що використовують історичні середні значення.

2. Удосконалено процедуру оптимізації портфеля шляхом застосування генетичного алгоритму з системою обмежень, що дозволяє знаходити рішення в умовах складних нелінійних залежностей.
3. Розроблено інтегровану програмну систему, що поєднує ШІ-прогнозування, класичну оптимізацію та еволюційні методи в єдиному середовищі з інтерактивною візуалізацією результатів.
4. Порівняно ефективність різних моделей прогнозування і оптимізації, що дає змогу робити принципово нові висновки про застосовність ШІ в портфельному менеджменті.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення роботи полягає в можливості застосування розробленої системи:

- приватними інвесторами для формування оптимальних портфелів ETF/акцій;
- аналітиками для оцінки ризику та перевірки стратегій алокації активів;
- освітніми закладами як інструменту для вивчення моделей оптимізації та машинного навчання;
- фінтех-компаніями як прототипу розширюваної системи оптимізації інвестиційного портфелю за допомогою ШІ.

Розроблена система повністю функціональна, має модульну структуру, може бути інтегрована з реальними фінансовими API і масштабована для вирішення задач високої складності.

Публікації

ТЕЗИ ДОПОВІДІ

на тему:

«Дослідження оптимізації інвестиційних портфелів з використанням методів та інструментів штучного інтелекту»

Автор: Леонов В. В.
Науковий керівник: к.т.н., доцент Величко Ю.І.
Херсонський національний технічний університет, 2025

ВСТУП

В умовах високої волатильності фінансових ринків традиційні методи оптимізації інвестиційних портфелів, зокрема модель Марковіца, демонструють обмежену ефективність через низку припущень щодо стаціонарності та нормальності розподілу дохідностей активів. Одночасно стрімкий розвиток методів штучного інтелекту відкриває можливість підвищення точності прогнозування та адаптивності моделей управління портфелем. Актуальною науковою проблемою є дослідження того, наскільки інтеграція моделей машинного навчання у процес оптимізації може підвищити якість інвестиційних рішень.

МЕТА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є розроблення та аналіз комбінованого підходу до оптимізації інвестиційних портфелів, що поєднує:

- моделі прогнозування дохідностей на основі LSTM (Long Short-Term Memory) мереж;
- класичні оптимізаційні моделі (Markowitz: min variance, max Sharpe);
- еволюційні алгоритми пошуку (генетичний алгоритм).

Для реалізації дослідження використано реальні фінансові дані ETF та акцій світових ринків, методи попередньої обробки часових рядів, алгоритми машинного навчання, а також інструменти Python (NumPy, Pandas, TensorFlow, SciPy).

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

1. Розроблено програмну систему, що виконує повний цикл оптимізації портфеля: завантаження ринкових даних, прогнозування дохідностей, обчислення ризикових метрик, побудова оптимального портфеля та візуалізація результатів.
2. Реалізовано модель прогнозування дохідностей на основі LSTM, яка дозволяє визначати короткострокові очікування ринку і використовувати їх у подальшій оптимізації.
3. Запропоновано модифікований генетичний алгоритм оптимізації, що враховує обмеження на ваги активів та максимізує Sharpe Ratio.
4. Виконано порівняння ефективності Markowitz та GA, як на історичних середніх дохідностях, так і на прогнозних значеннях LSTM.
5. Показано, що використання прогнозних дохідностей може змінювати структуру та ризиковий профіль портфеля, хоча точність прогнозу суттєво впливає на кінцевий результат.
6. Сформовано рекомендації щодо застосування ШІ-технологій у задачах управління портфелями фінансових активів.

НАУКОВА НОВИЗНА

Наукова новизна дослідження полягає у:

- поєднанні глибинної нейронної мережі LSTM із моделлю Марковіца у процесі формування портфеля;
- застосуванні генетичного алгоритму для оптимізації портфеля за критерієм максимізації Sharpe Ratio з урахуванням нелінійних обмежень;
- експериментальному порівнянні різних підходів до прогнозування і оптимізації на реальних даних.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ

Результати дослідження можуть бути використані:

- приватними інвесторами для формування інвестиційних стратегій;
- фінансовими аналітиками для оцінки альтернативних методів оптимізації;

- у навчальному процесі під час вивчення фінансової інженерії, машинного навчання та інтелектуальних систем;
- як прототип для подальшого впровадження в аналітичні системи фінансових компаній.

ВИСНОВКИ

Виконане дослідження підтверджує доцільність інтеграції методів штучного інтелекту у процес оптимізації інвестиційних портфелів. Розроблена система демонструє розширені можливості щодо моделювання ризику, адаптації до ринкових умов та підвищення гнучкості налаштувань оптимізації. Подальші роботи можуть бути спрямовані на вдосконалення прогнозних моделей, використання трансформерів та розширення наборів активів.