



УДК 330.322.1 (004.413.4)

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАДАЧ ІНВЕСТИЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Олександра Манзій¹; Юлія Сеник²; Віталій Пелех³;
Андрій Сеник⁴; Станіслав Андрейчук⁵

^{1,3-5}Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

²Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

Резюме. Докладно описано функціональні особливості власного інформаційного розроблення для аналізу, прогнозування та ефективного управління інвестиційним портфелем із заданим рівнем ризику. Створений веб-додаток надає можливість формування індивідуального інвестиційного портфеля з широким спектром активів, включаючи акції, облігації, ETF, криптовалюти тощо. Окрім створення інвестиційного портфеля, веб-додаток пропонує комплексний аналіз портфеля, використовуючи розширені алгоритми та моделі машинного навчання. Використовуючи нейронні мережі, додаток аналізує загальний ризик портфеля, порівнюючи його із заданим індивідуальним профілем ризику користувача, надаючи рекомендації щодо оптимізації та перерозподілу активів. Зокрема використовується сіамська нейронна мережа для підбору фінансових інструментів у портфель із заданим рівнем ризику інвестора, а для аналізу рівня ризику портфеля, порівняння та перерозподілу активів у ньому використано багатошаровий Парцептрон. На основі аналізу тенденцій та схожості активів надано рекомендації щодо заміни активів у портфелі. Основними методами, які використовуються при аналізі, є візуалізація, обчислення статистик та прогнозування. Додаток також пропонує детальний аналіз окремих активів з описом, історичними даними та тенденціями цін. Для отримання вхідних даних (поточних й історичних курсів активів та інших їх фундаментальних показників) система використовує ефективний та доступний у використанні інструмент – FinanceModelingPrep API. Використання візуалізації дозволяє представити інформацію у зручній для сприйняття формі: графіки японських свічок, кругові діаграми дають можливість швидкого розуміння отриманих аналітичних результатів. Також у роботі здійснено огляд та аналіз найбільш вживаних сучасних спеціалізованих програмних продуктів, які використовуються у портфельному менеджменті. Запропонована інформаційна система є загальнодоступною та легкою у використанні. Робота сприяє розвитку інструментів для особистого інвестиційного менеджменту, розширюючи можливості самостійного фінансового планування. Описані методи дають можливість оцінити ефективність використання нейромереж при побудові та ефективному управлінні портфелем фінансових активів.

Ключові слова: портфель інвестицій, нейронні мережі, аналіз даних, візуалізація, інвестиції, активи.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.02.163

Отримано 02.02.2024

UDC 330.322.1 (004.413.4)

USE OF NEURAL NETWORKS FOR INVESTMENT ANALYSIS PROBLEMS

Oleksandra Manziy¹; Yuliya Senyk²; Vitalii Pelekh³; Andriy Senyk⁴;
Stanislav Andreychuk⁵

^{1,3-5}Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

²National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine

Summary. The work describes in detail the functional features of its information development for analysis, forecasting, and effective management of an investment portfolio with a given level of risk. The created

web application provides an opportunity to create an individual investment portfolio with a wide range of assets, including stocks, bonds, ETFs, cryptocurrencies, etc. In addition to creating an investment portfolio, the web application offers comprehensive portfolio analysis using advanced algorithms and machine learning models. Using neural networks, the application analyzes the overall risk of the portfolio, comparing it to the given individual risk profile of the user, and providing recommendations for optimization and reallocation of assets. In particular, a Siamese neural network is used to select financial instruments in a portfolio with a given level of investor risk, and a multilayer Perceptron is used to analyze the risk level of the portfolio, and compare and redistribute assets. Based on the analysis of trends and similarities of assets, recommendations are provided for replacing assets in the portfolio. The main methods used in the analysis are visualization, calculation of statistics, and forecasting. Based on the analysis of trends and similarities of assets, recommendations are provided for replacing assets in the portfolio. The main methods used in the analysis are visualization, calculation of statistics, and forecasting. The app also offers a detailed analysis of individual assets with descriptions, historical data, and price trends. To receive input data (current and historical rates of assets and other fundamental indicators), the system uses an efficient and accessible tool – FinanceModelingPrep API. The use of visualization allows you to present information in an easy-to-understand form: graphs of Japanese candles, pie charts provide an opportunity to quickly understand the obtained analytical results. The work also includes a review and analysis of the most used modern specialized software products used in portfolio management. The proposed information system is publicly available and easy to use. The work contributes to the development of tools for personal investment management, expanding the possibilities of independent financial planning. The described methods make it possible to evaluate the effectiveness of the use of neural networks in the construction and effective management of a portfolio of financial assets.

Key words: investment portfolio, neural networks, data analysis, visualization, investments, assets.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.02.163

Received 02.02.2024

Постановка проблеми. У сучасному світі, де фінансові ринки еволюціонують з неймовірною швидкістю, важливість ефективного управління інвестиційними портфелями зростає кожного дня. Цей процес вимагає від інвесторів не тільки глибоких знань у сфері фінансів, але й доступу до інструментів, що дозволяють ефективно аналізувати стан фінансових ринків, оцінювати ризики та прогнозувати можливі доходи. В цьому контексті, застосування сучасних методів, нових математичних моделей та інформаційних технологій для аналізу та управління інвестиційними портфелями стає актуальним та перспективним завданням. Програмні інструменти в сучасному інвестиційному світі не лише забезпечують швидкий доступ до ринкової інформації, але й сприяють глибокому аналізу активів, розумінню ринкових тенденцій та ефективному ризик-менеджменту.

Згідно з класичним підходом до інвестування, ефективний інвестиційний портфель повинен містити мінімум 5 різних активів для забезпечення диверсифікації та зниження загального ризику. Водночас, занадто велика кількість активів може ускладнити управління портфелем та призвести до зниження загальної ефективності. Тому важливо підтримувати оптимальний баланс, враховуючи індивідуальні цілі та ризик-профіль інвестора.

Хоча спрогнозувати майбутню ситуацію на фінансовому ринку є вкрай важким завданням, але можна зробити певні висновки на основі аналізу статистичних даних. Аналіз та візуалізація є одними з найпоширеніших сучасних методик ефективного управління ризиками. Сукупність вказаних факторів призводить до необхідності створення простого в застосуванні та зрозумілого для непрофесійного користувача веб-додатку прогнозування та управління інвестиційним портфелем на основі обраного рівня ризику.

Робота присвячена опису розробленого авторами веб-додатку, який надає користувачам можливість створювати, аналізувати та оптимізувати їхні інвестиційні портфелі. Основна увага приділяється не тільки функціональним аспектам розроблення, але й аналізу сучасних тенденцій у сфері фінансових технологій, а також порівнянню існуючих аналогів на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналітичні дослідження в галузі проблеми формування інвестиційного портфеля, ґрунтуючись на цілях, які ставлять перед собою інвестори, наведені в роботах [1–3]. У процесі дослідження розглянуто базові пункти формування власного інвестиційного портфеля на основі існуючих на ринку різних прибуткових активів, таких, як акції, облігації, пайові фонди, інвестиції в цінні папери та високоризиковані вкладення. Також було проаналізовано підходи до формування інвестиційного портфеля, виходячи з цільових установок, фінансових можливостей інвестора, передбачуваних доходів та допустимого рівня ризиків. У статті [4] досліджуються ефективність поведінкових портфельних стратегій. Розглянуто короткотермінову та довготермінову пам'ять інвестора і таким чином аналізується поведінковий процес вибору портфеля в динамічному середовищі. Розробленню інформаційних систем підтримання прийняття рішень формування портфеля цінних паперів, що дозволяє потенційним інвесторам самостійно оцінювати ефективність набору інвестиційного портфеля шляхом порівняння динаміки зростання наявних на фінансовому ринку акцій, присвячено ряд робіт Олександри Манзій [2; 5–8]. В запропонованих інформаційних системах застосовано процес візуалізації, що представляє доступну табульовану інформацію у структурованому вигляді схем, графіків, діаграм, а також із використанням сучасних математичних методів та засобів штучного інтелекту проведено прогнозування ризиковості та прибутковості обраного інвестиційного портфеля.

Побудові прогнозів фінансових часових рядів на основі глибокого навчання проведено в [9], де узагальнено засоби дослідження фінансових часових рядів, а також представлено штучну нейронну мережу й методи глибокого навчання. Також розглянуто модель прогнозування фондового індексу та проаналізовано вплив історичних факторів на модель. Застосування аналізу часових рядів у бізнес-дослідженнях, з обґрунтуванням відмінностей між кореляцією, асоціацією та причинно-наслідковими зв'язками в питаннях сталого розвитку оглянуто в [10]. Відзначено, що у широко використовуваному кореляційному аналізі (коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена) основна увага приділяється змінам двох змінних незалежно від впливу інших змінних. У книзі [11] розглянуто основні конкуруючі підходи до моделювання кількох часових рядів: одночасні рівняння, ARIMA, моделі корекції помилок і векторна авторегресія.

Огляд існуючих програмних продуктів, які допомагають інвесторам ефективно управляти своїми портфелями, забезпечуючи необхідний інструментарій для прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень, дозволяє зробити висновок, що в мережі Інтернет широко присутні спеціалізовані програмні продукти для аналізу й візуалізації даних та бізнес-аналітики, найпопулярнішими серед яких є наступні:

1. Сервіс Personal Capital, який покликаний допомогти людям відстежувати та ефективно управляти своїми фінансовими активами.
2. Сервіс Quicken Premiere, який пропонує цілий ряд функцій для відстеження інвестицій та управління різними типами інвестицій у режимі реального часу.
3. Сервіс StockMarketEye є простим та зручним у використанні програмним забезпеченням для відстеження інвестицій та управління портфелем.
4. Сервіс Bloomberg Terminal, який надає фінансистам фінансові дані, новини та аналітику в режимі реального часу та широко використовується у світовій фінансовій індустрії для торгівлі, аналізу та управління ризиками.
5. Сервіс Morningstar Portfolio Manager, який є комплексним інструментом для відстеження та аналізу інвестицій, надаючи користувачам детальну інформацію про різні фінансові активи, включаючи акції, облігації та пайові інвестиційні фонди.
6. Сервіс Yahoo Finance, який на сьогодні є одним з найпопулярніших і зручних веб-сайтів фінансової інформації, що використовується індивідуальними інвесторами та

фінансовими фахівцями для моніторингу ринкових тенденцій, аналізу цінних паперів та управління особистими інвестиційними портфелями.

7. Сервіс Portfolio Visualizer є прикладом веб-програми, що пропонує набір інструментів для аналізу інвестицій та портфелів і використовується для розподілу активів, тестування інвестиційних стратегій та оптимізації портфеля.

Розглянуті сервіси застосовуються для управління інвестиціями і ризиками шляхом проведення поглибленого аналізу, формування звітів та моделювання інвестиційних сценаріїв, що дозволяє розробляти оптимальні стратегії уникнення ризиків. Графіки руху цін та діаграми впливу є інтуїтивно зрозумілими інструментами, які дозволяють приймати ефективні рішення.

Сучасні фінансові API, такі як Yahoo Finance, Quandl, Alpha Vantage чи FMP є потужними інструментами для отримання та опрацювання фінансових даних у структурованому та зручному для використання вигляді. Отримані на їх основі дані, такі як поточні котирування, історична ринкова інформація, дані балансу компанії, економічні показники та інші є надзвичайно корисні для різноманітних застосувань, включаючи інвестиційний аналіз, управління портфелем, алгоритмічні торгові стратегії.

Водночас аналіз сучасних тенденцій в розробленні програмного забезпечення свідчить про високий потенціал застосування для портфельного менеджменту машинного навчання та систем штучного інтелекту. Сучасні системи пропонують потужні функціональні можливості для маніпулювання та аналізу даними, алгоритми керованого та некерованого навчання, які використовуються для нейронних мереж, спрощуючи процес побудови моделей.

Метою дослідження є застосування нейромереж для аналізу, візуалізації та прогнозування в процесі інвестиційного менеджменту, а також при побудові системи фінансових інструментів із заданим рівнем ризику.

Постановка завдання. На основі аналізу й порівняння існуючих сервісів, сучасних технологій, бібліотек та з урахуванням потреб сучасного інвестиційного ринку, вирішено розробити власні нейромережі і веб-додаток, який дозволить користувачам підбирати та аналізувати активи при утворенні портфелю із заданим рівнем ризику. При отриманні вхідних даних використати простий і легкий безкоштовний сервіс для поточних та історичних курсів обміну валют і курсів криптовалюти – FMPAPI. Новизною дослідження є використання веб-технології та глибокого машинного навчання для розв'язання задач інвестиційного менеджменту.

Виклад основного матеріалу. Основною метою функціональності створеної веб-системи є підбір активів з урахуванням заданого рівня ризику, який є фактором профілю інвестора й відображає індивідуальне сприйняття та допустимий рівень ризику при утворенні інвестиційного портфелю.

Підготовка даних для дослідження.

Всі активи, наявні для розгляду створеною веб-системою класифікуються за такими ознаками:

- за секторами (облігації, дорогоцінні метали, акції, криптовалюти, ETF різних секторів, банки, медицина, нафтогаз, оборонні, зелена енергетика, стартапи та інші);
- за типами (захисні, ліквідні, спекулятивні, венчурні);
- за ризиком (низький, середній, високий).

Класифікацію активів за секторами можна вважати взаємно-однозначною відповідністю їх рівню ризику. Наприклад, держоблігації вважаються низькоризиковими, оскільки вони забезпечують стабільний дохід і менш схильні до коливань ринку, водночас як акції технічних компаній (наприклад, компаній зі сфери біотехнологій чи зеленої енергетики) вважаються високоризикованими через високі витрати на

дослідження та непередбачуваність результатів. При реалізації створеної веб-системи дотримувалися відповідності щодо секторів, доступних для розгляду активів.

Для дослідження взяти 210 тікерів активів з різних секторів та поділено їх за такими типами: захисні, ліквідні, спекулятивні та венчурні.

Інструментарій дослідження.

При класифікації всіх активів за ризиком дотримувалися консервативного підходу та опиралися на такі ключові фактори: волатильність (ступінь коливань ціни активу, яка свідчить про непередбачуваність ціни активу в короткотерміновій перспективі), прибутковість (визначена на основі історичних цін активу), фундаментальні показники, такі, як ринкова капіталізація, ліквідність, галузева приналежність та інші економічні та геополітичні фактори, які впливають на оцінку ризиковості активів.

Важливо зазначити, що в нашому розумінні класифікація ризиків є оцінювальною та може змінюватися залежно від поточних ринкових умов та індивідуального ризикового профілю інвестора.

Наприклад, отриманий розподіл ризиків по секторах та типах активів (рис. 1) найкраще підходить для консервативних інвесторів, водночас як криптоінвесторам буде недостатньо цього списку. Для криптоінвесторів (рис. 2) актив Біткоїн (BTCUSD) буде захисним та матиме низький рівень ризику, активи LINKUSD та BNBUSD будуть ліквідні та матимуть середній рівень ризику, активи SOLUSD та XRPUSD будуть спекулятивними з високим рівнем ризику, а активи SANDUSD та DOGEUSD будуть венчурними з високим рівнем ризику.

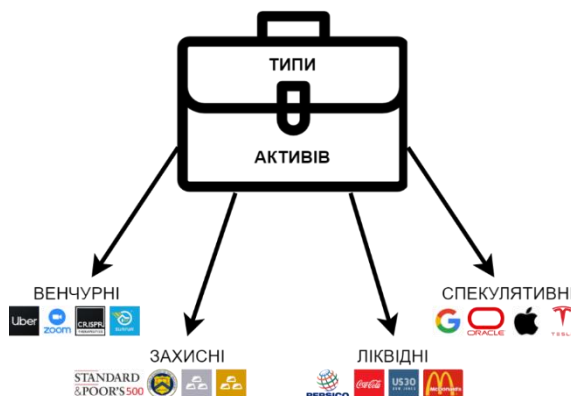


Рисунок 1. Візуалізація розподілу активів у консервативного інвестора

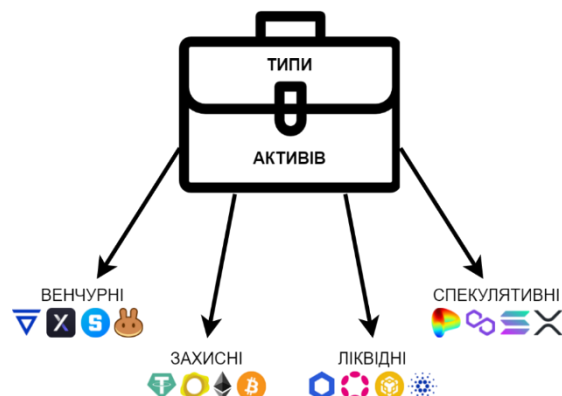


Рисунок 2. Візуалізація розподілу активів у криптоінвестора

Опис основного функціоналу.

Створений веб-додаток – це інноваційний інструмент, призначений для допомоги інвесторам у формуванні та аналізі їх інвестиційних портфелів. Він надає користувачам детальний аналіз ризику, потенційної волатильності та доходності різних активів, дозволяючи ефективно планувати та управляти інвестиціями.

Однією з переваг створеного додатка є те, що він розрахований на широкий спектр користувачів – від новачків у сфері інвестицій до досвідчених інвесторів, які прагнуть оптимізувати свої інвестиційні стратегії за допомогою передових технологій.

Використані при реалізації веб-додатку технології створюють потужну платформу, яка дозволяє користувачам отримати доступ до передових інструментів інвестиційного аналізу з будь-якого пристрою, в будь-який час.

При створенні інвестиційного портфеля у запропонованому веб-додатку користувачеві доступні такі функції:

1. Механізм вибору активів:

- Користувачі можуть обирати активи з різних категорій, таких, як облігації, золото, ETFs, акції тощо. Ілюстрація відповідної сторінки сайту наведена на рис. 3.
- Кожен актив класифікований за рівнем ризику (низький, середній, високий), що допомагає інвесторам зрозуміти потенційні ризики.
- Додаток надає детальну інформацію про кожен актив.

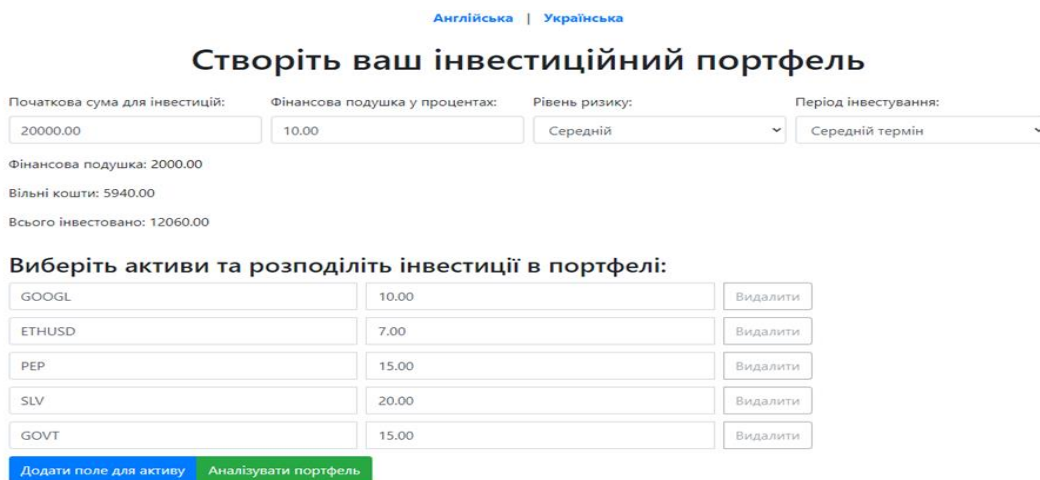


Рисунок 3. Приклад заповнення інвестиційного портфеля з 5-ти активів

При виборі активів інвестору генеруються для візуального аналізу відповідні графіки (рис. 4).



Рисунок 4. Секція з виведенням графіка японських свічок з об'ємом торгів активу Bitcoin

2. Алокація інвестицій:

- Користувачі вказують суму первинної інвестиції та відсоток фінансової подушки безпеки (відсоток від початкової суми, яку ви хочете зберегти як подушку безпеки).
- Вказується бажаний рівень ризику (низький, середній, високий) інвестиційного портфеля й тривалість інвестиційного періоду (короткотерміновий, середньотерміновий, довготерміновий).
- Можна розподілити інвестиції між обраними активами у відсотковому співвідношенні.
- Алгоритми автоматично розраховують фактичні суми інвестицій для кожного активу на основі заданої алокації.

3. Портфельний аналіз.

Окрім створення інвестиційного портфеля, веб-додаток пропонує комплексний аналіз портфеля, використовуючи розширені алгоритми та моделі машинного навчання.

Новизною даної роботи є використання при аналізі сіамської нейронної мережі (СНМ). СНМ складаються з двох однакових мереж, які тренуються разом, використовуючи так звану «контрастну втрату». Це дозволяє мережі вчитися виділяти та порівнювати характеристики між двома різними вхідними даними. На відміну від стандартних конволюційних або повнозв'язних нейронних мереж, СНМ фокусуються на вимірюванні відносностей між парами даних. Це робить їх ідеальними для задач, де потрібно оцінити ступінь схожості або відмінності, наприклад, у фінансовому моделюванні часових рядів.

Реалізована у веб-додатку мережа використовує конволюційні шари для аналізу часових рядів, що є адаптацією СНМ під специфічні потреби опрацювання фінансових часових рядів. Підготовка тренувального датасету передбачає створення пар з часових рядів справжніх акцій з урахуванням їх кореляції. Цей метод є інноваційним способом використання фінансових даних для тренування СНМ, де відносини між акціями стають основою для навчання моделі. Опрацювання даних включає розрахунок відсоткових змін та нормалізацію методом z-score. Ці підходи допомагають стандартизувати фінансові часові ряди, роблячи дані придатнішими для аналізу нейронною мережею.

На рис. 5 показано графік, на якому відображено точність мережі під час тренування та валідації.

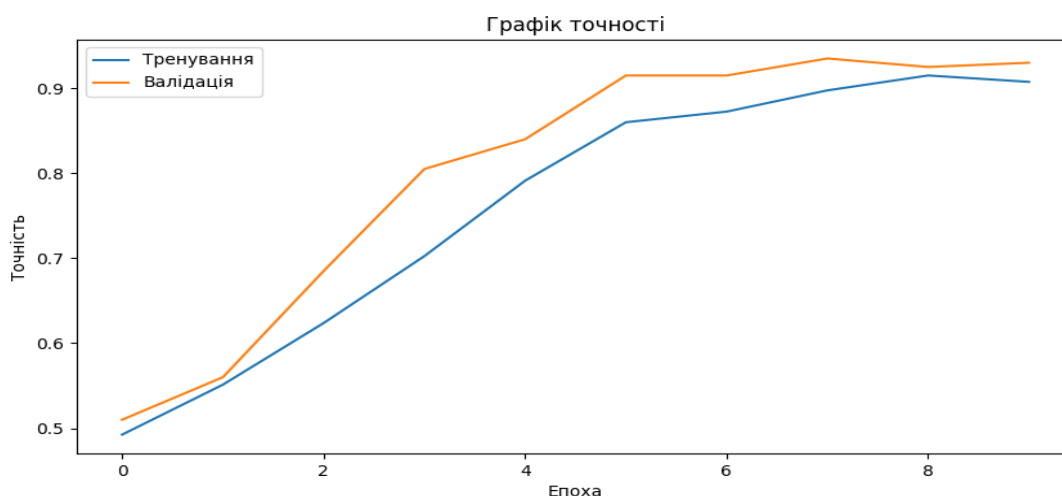


Рисунок 5. Графік змін точностей під час тренування та валідації моделі

З отриманих даних можна зробити висновки, що:

- Точність на тренувальних даних (синя лінія) стабільно зростає.
- Точність на валідаційних даних (помаранчева лінія) також зростає, досягаючи високих значень, що свідчить про високу якість моделі.

4. Аналіз побудованого портфеля.

4.1. Класифікація портфеля за рівнем ризику.

Створений веб-додаток аналізує загальний ризик портфеля, заснований на вибраних активах та їх вагах. Для виконання цієї задачі використано багатшаровий Перцептрон (MLP) – це базова форма штучної нейронної мережі, що використовується для різноманітних завдань машинного навчання, включаючи класифікацію, регресію та прогнозування часових рядів.

Кожен інвестиційний портфель містить активи, кожен з яких характеризується тікером, вагою (часткою у портфелі) та рівнем ризику актива. В проєкті вони використовуються для створення набору ознак, які потім стандартизуються перед навчанням MLP. Модель розрізняє портфелі з високим та низьким ризиками на основі їхнього складу. Побудована модель включає три приховані шари (з 64, 32 та 32 нейронами) та вихідний шар з сигмоїдною функцією активації для бінарної класифікації. Це дозволяє моделі вчитися складним нелінійним залежностям у даних, що є важливим для точної класифікації портфелів за рівнем ризику.

Ці дані використовуються для створення тренувального датасету для тренування моделі глибинного навчання.

На рис. 6 наведено графік візуалізації процесу тренування моделі, який дозволяє зробити висновки щодо ефективності моделі при передбаченні правильних висновків.

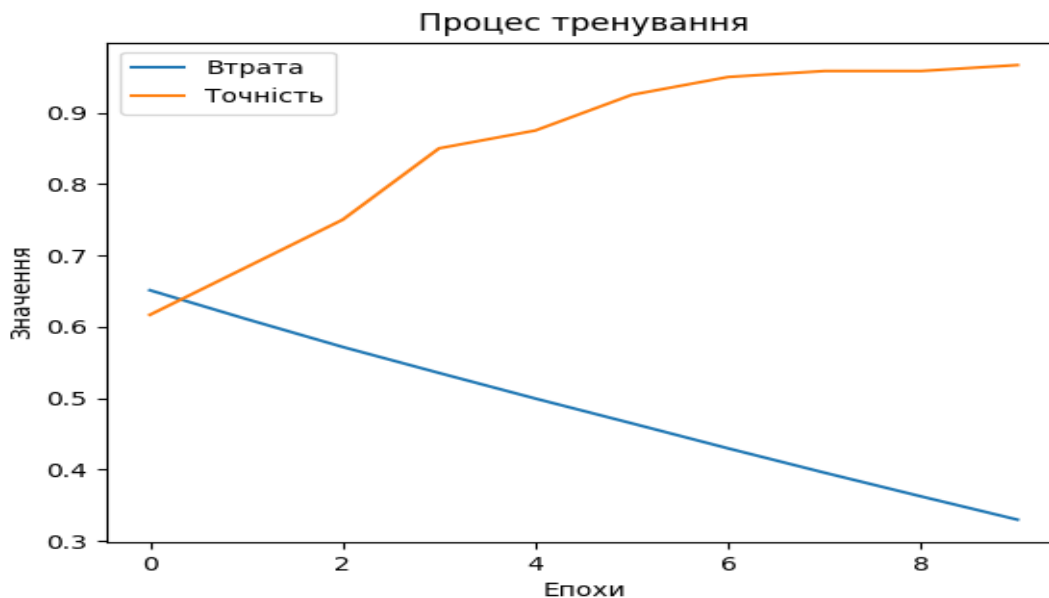


Рисунок 6. Візуалізація процесу тренування

З графіка тренування на рис. 6 бачимо, що з кожною епохою точність тренування зростала (представлена оранжевою лінією), тоді як втрати зменшувалися (представлені синьою лінією). Ця тенденція є індикатором того, що модель не перенавчилася і що процес тренування проходив ефективно.

Отриманий портфель порівнюється з профілем ризику користувача, надаючи рекомендації щодо його оптимізації (рис. 7).

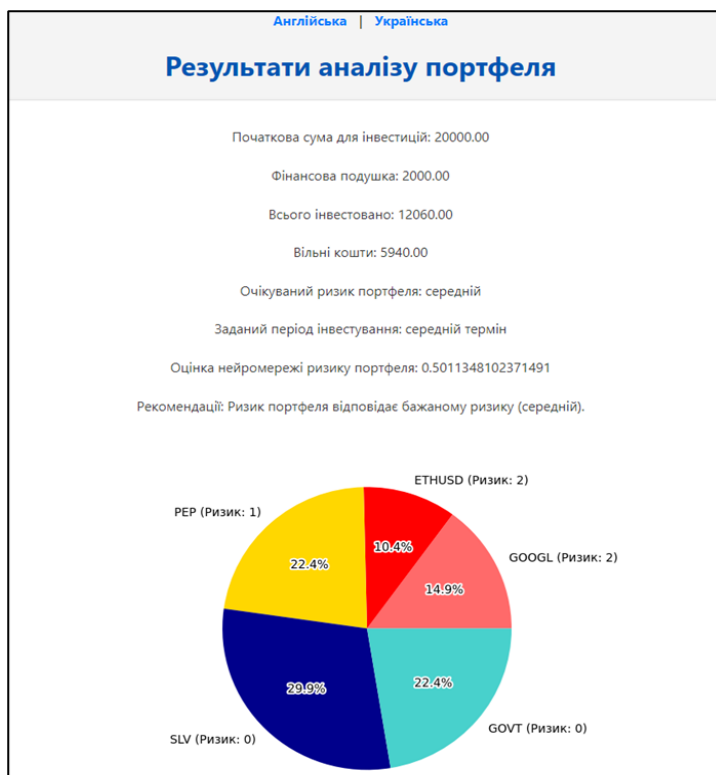


Рисунок 7. Результати аналізу портфеля

4.2. Аналіз кореляцій обраних активів.

У створеному веб-додатку реалізовано побудову теплової карти кореляції Пірсона, а також для глибшого аналізу побудову теплової карти кореляції на основі сіамської мережі.

- Теплова карта кореляцій Пірсона використовується для візуалізації взаємозв'язків між активами в портфелі. Кореляції Пірсона показують, наскільки сильно активи пов'язані один з одним, що допомагає виявити потенційні ризики та можливості диверсифікації.

- Теплова карта від сіамської нейронної мережі представляє більш складний аналіз, що враховує не тільки лінійні зв'язки, як у випадку з кореляцією Пірсона, але й складніші шаблони та залежності в поведінці активів. Цей підхід дозволяє отримати глибший аналіз структури ризику портфеля.

4.3. Аналіз волатильності активів у портфелі.

Ще одним фактором візуального аналізу, який реалізовано у запропонованому веб-додатку, є графік волатильності активів (рис. 8).

При побудові графіка використано значення денних цін закриття активу ($[\text{close}] - [\text{prev. close}] / [\text{prev. close}]$). При розрахунках припускається, що в місяці є близько 21 торговий день і тому періодом розрахунку стандартне відхилення відсоткових змін цін є 21 день. Обраний часовий ряд складає 5 років, тому при відображенні отримані результати розрахунків переводимо в річний показник волатильності. Це полегшує порівняння волатильності між різними періодами часу та активами.

- Волатильність кожного активу розраховується на основі їх історичних даних.

- Загальна волатильність портфеля визначається за графіком, що допомагає користувачам зрозуміти потенційні коливання вартості портфеля.

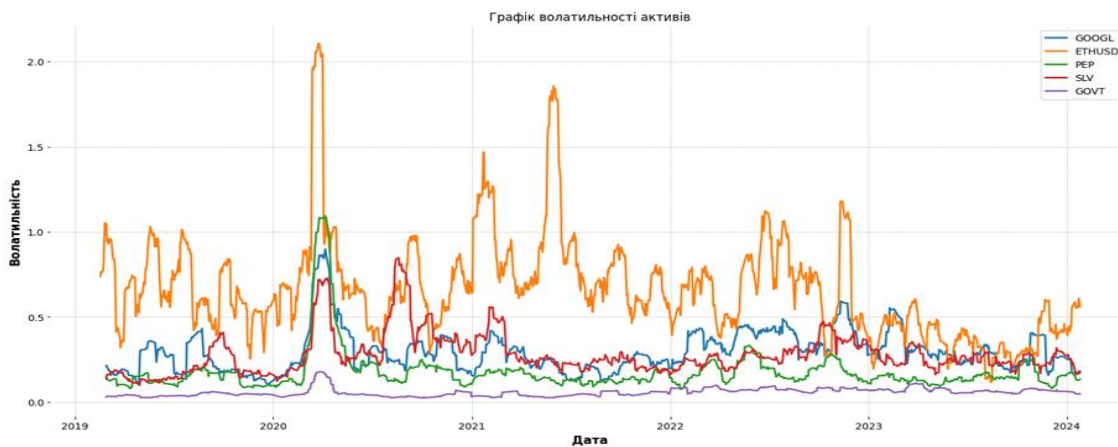


Рисунок 8. Графіки волатильності активів

4.4. Прогнозування потенційного доходу.

Графіки щоденної прибутковості у відсотках є інструментом для вимірювання й візуалізації денних змін вартості інвестиційних активів. Окрім того, щоденна прибутковість може використовуватися для виявлення короткотермінових тенденцій на ринку. Високі піки або глибокі спади можуть вказувати на волатильні події або важливі новини, що впливають на ринкові ціни. Також слід відзначити, що щоденна прибутковість допомагає інвесторам у визначенні ефективності їхніх стратегій управління портфелем, дозволяючи їм робити інформовані рішення щодо ребалансування та коригування інвестицій. Довготермінове спостереження за щоденною прибутковістю може виявити історичні патерни й періоди нестабільності, що може бути корисним для прогнозування майбутньої поведінки активу.

Реалізовані у веб-додатку інструменти аналізу портфеля забезпечують користувачам комплексне розуміння їхніх інвестицій, дозволяють оцінити ризики та можливості, а також визначити стратегії для максимізації доходу та диверсифікації портфеля.

5. Рекомендації щодо заміни активів у портфелі.

Створений веб-додаток включає функціонал для аналізу трендів активів і надання рекомендацій щодо їх заміни. Для цього використовуються історичні дані для визначення трендів зростання або падіння вартості активів. Аналіз здійснюється за різні періоди часу, щоб визначити короткотермінові та довготермінові тренди.

- Якщо актив показує тривалий негативний тренд, додаток пропонує альтернативні активи зі спільного сектора, але з позитивним трендом.
- Такий підхід допомагає збалансувати портфель, зменшуючи ризики та підвищуючи потенційну дохідність портфеля.

Створений веб-додаток розгорнуто на хмарному сервісі Microsoft Azure за посиланням: universitygraduateworkpelekhpm43.azurewebsites.net.

Також посилання на Github репозиторій з веб-додатком: <https://github.com/VitaliiPelekh/UniversityGraduateWork>.

Висновки. Проведений аналіз сучасних тенденцій у сфері фінансових технологій підтвердив, що ефективними інструментами при розв'язанні задач інвестиційного менеджменту є елементи сучасних веб-технологій та моделі машинного навчання.

Розроблено веб-додаток, який надає користувачам можливість створювати, аналізувати та оптимізувати їхні інвестиційні портфелі з урахуванням заданого рівня ризику. Створений веб-додаток має ряд функціональних можливостей, які роблять його зручним та інтуїтивно зрозумілим у користуванні. Описані функції забезпечують користувачам інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для ефективного управління інвестиційним портфелем, а також дозволяють швидко аналізувати, оцінювати потенційні інвестиційні можливості й відповідно перерозподіляти активи в портфелі.

Ключові проблеми, які вирішує веб-додаток:

- Надає інструменти для оцінювання ризиків, пов'язаних з різними активами.
- Допомагає у формуванні збалансованого портфеля, виходячи з фінансових цілей та індивідуального профіля ризику користувача.
- Забезпечена доступність інформації різними мовами, робить інструмент доступнішим для міжнародної аудиторії.

Conclusions. The conducted analysis of modern trends in the field of financial technologies confirmed that elements of modern web technology and machine learning models are effective tools for solving investment management problems.

The authors have developed a web-application that allows users to create, analyze, and optimize their investment portfolios, taking into account a given level of risk. The created web-application includes a number of functionalities that make it convenient and intuitive to use. The described functions provide users with an intuitive interface for effective management of the investment portfolio and also allow them to quickly analyze, and evaluate potential investment opportunities and redistribute assets in the portfolio accordingly.

Key problems that the web application solves:

- Provides tools to assess the risks associated with various assets.
- Helps in building a balanced portfolio based on the financial goals and individual risk profile of the user.
- Ensured availability of information in different languages, making the tool more accessible to an international audience.

Список використаних джерел

1. Кузьмін О. Є., Алексєєв І. В., Колісник М. К. Проблеми фінансово-кредитного регулювання інноваційного розвитку виробничо-господарських структур: навч. посіб. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2007. 152 с.
2. Сеник А. П., Манзій О. С., Пабірівський В. В. Застосування теорії ризику в інформаційних технологіях: навч. посіб. Львів: Сполом, 2024. 168 с.
3. Leković M. M. Historical development of portfolio theory. *Tehnika*. 2021. Vol. 76. No. 2. P. 220–227. DOI: <https://doi.org/10.5937/tehnika2102220L>
4. Richard D. F., Mazibas M. Portfolio optimization with behavioural preferences and investor memory, *European Journal of Operational Research*, 2022. Vol. 296. No. 1. P. 368–387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.04.044>
5. Манзій О. С., Сеник А. П., Іваник І. А., Степанюк О. С., Сеник Ю. А. Інформаційна система підтримки динамічної диверсифікації інвестиційного фінансування. *Галицький економічний вісник*. 2022. № 4 (77). С. 33–44. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2022.04.033
6. Сеник А. П., Манзій О. С., Футрик Ю. В., Степанюк О. С., Сеник Ю. А. Інформаційна система підтримки процесів прийняття рішень при формуванні портфеля цінних паперів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційні системи та мережі»*. 2022. № 11. С. 39–55. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2022.11.039>

7. Дубиняк Т. С., Манзій О. С., Сенік А. П., Мінзюк Н. В., Сенік Ю. А. Аналіз банківських та валютних ризиків із використанням ІТ. *Галицький економічний вісник*. 2023. № 5 (84). С. 60–70. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.060
8. Степанюк О., Сенік А. П., Манзій О. С., Павлюк Н. В., Сенік Ю. А. Інформаційна система аналізу для сегментації портфеля цінних паперів продуктового ринку. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Сер. Економічні науки*. 2023. № 25 (101). С. 11–21. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-e10102>
9. Xu Z., Zhang J., Wang J. Retracted article: Prediction research of financial time series based on deep learning. *Soft Computing*. 2022. Vol. 24. P. 8295–8312. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-020-04788-w>
10. Rezaee Z., Aliabadi S., Dorestani A., Rezaee N. J. Application of time series models in business research: correlation, association, causation. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. No. 12. P. 4833. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12124833>
11. Brandt P.T., Williams J.T. Multiple time series models. Quantitative applications in the social sciences. *Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.* 2007. 102 p. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781412985215>

References

1. Kuzjmin O. Je., Aljeksjejev I. V., Kolisnyk M. K. (2007). Problemy finansovo-kredytnogho rehuljuvannja innovacijnogho rozvytku vyrobnycho-ghospodarsjkykh struktur [Problems of financial and credit regulation of innovative development of production and economic structures]. Lviv: NU “Lviv Polytechnic”. (In Ukrainian).
2. Senyk A. P., Manziy O. S., Pabyrivskiy V. V. (2024). Zastosuvannja teorii ryzyku v informacijnykh tekhnologijakh. [Application of risk theory in information technologies]. Lviv: “Spolom”. (In Ukrainian).
3. Leković M. (2021). Historical development of portfolio theory. *Tehnika*, vol. 76, no. 2, pp. 220–227. DOI: <https://doi.org/10.5937/tehnika2102220L>
4. Richard D., Mazibas M. (2022). Portfolio optimization with behavioural preferences and investor memory. *European Journal of Operational Research*, vol. 296, no. 1, pp. 368–387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.04.044>
5. Manziy O., Senyk A., Ivanyk I., Stepanyuk O. and Senyk Y. (2022). Informacijna systema pidtrymky dynamichnoji dyversyfikaciji investycijnogho finansuvannja [Information system supporting dynamic diversification of investment financing]. *Galician economic journal*, vol. 4, no. 77, pp. 33–44. (In Ukrainian). DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2022.04.033
6. Senyk A., Manziy O., Futryk Y., Stepanyuk O. and Senyk Y (2022). Informacijna systema pidtrymky procesiv pryjnattja rishenj pry formuvanni portfelja cinnykh paperiv [Information system supporting decision-making processes for forming of securities portfolio]. *Journal of Lviv polytechnic National university “Information systems and networks”*, vol. 11, pp. 39–55. (In Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2022.11.039>
7. Dubynyak T., Manziy O., Senyk A., Minziuk N. and Senyk Y. (2023). Analiz bankivsjkykh ta valjutnykh ryzykiv iz vykorystannjam IT [Analysis of banking and currency risks using IT]. *Galician economic journal*, vol. 5, no. 84, pp. 60–70. (In Ukrainian). DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.060
8. Stepanyuk O., Senyk A., Manziy O., Pavlyuk N. and Senyk Y. (2023). Informacijna systema analizu dlja seghmentaciji portfelja cinnykh paperiv produktovogho rynku [Information system of analysis for segmentation of the securities portfolio of the product market]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series Economical Sciences*, vol. 25, no. 101, pp. 11–21. (In Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-e10102>
9. Xu Z., Zhang J., Wang J. (2020). Retracted article: Prediction research of financial time series based on deep learning. *Soft Computing*, vol. 24, pp. 8295–8312. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-020-04788-w>
10. Rezaee Z., Aliabadi S., Dorestani A. and Rezaee N. (2020). Application of time series models in business research: correlation, association, causation. *Sustainability*, vol. 12, no. 12, p. 4833. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12124833>
11. Brandt P., Williams J. (2007). Multiple time series models. Quantitative applications in the social sciences. *Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.* 102 p. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781412985215>