

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ФОРМУВАННІ ПОРТФЕЛЯ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

Андрій Сенік<sup>1</sup>, Олександра Манзій<sup>2</sup>, Юрій Футрик<sup>3</sup>,  
Олександр Степанюк<sup>4</sup>, Юлія Сенік<sup>5</sup>

<sup>1-3</sup> Національний університет “Львівська політехніка”,

<sup>4</sup> Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького,

<sup>5</sup> Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача

Національної академії наук України

<sup>1</sup> andrij.p.senyk@lpnu.ua, ORCID0000-0002-1614-512X,

<sup>2</sup> oleksandra.s.manzii@lpnu.ua, ORCID0000-0002-6480-2307,

<sup>3</sup> yurii.futryk.mpmkm.2021@lpnu.ua, ORCID0000-0001-5271-9883,

<sup>4</sup> soi\_2014@ukr.net, ORCID0000-0001-9821-3933,

<sup>5</sup> yuliya.senik@gmail.com, ORCID 0000-0001-6524-4741

© Сенік А., Манзій О., Футрик Ю., Степанюк О., Сенік Ю., 2022

У зв'язку із широкомасштабними змінами економіки у світі й, зокрема, в Україні останнім часом спостерігається значне підвищення інтересу до завдань теорії інвестицій. Прикладом може слугувати активізація останніми роками купівлі акцій великих міжнародних компаній та криптовалют і відповідно стрімке зростання їх вартостей. Відомо, що як особливий випадок у теорії інвестицій розглядають завдання оптимізації інвестиційних портфелів.

Встановлено, що питання прийняття рішень щодо формування та оптимізації інвестиційного портфеля перебуває у полі уваги як великих інвестиційних компаній, так і приватних інвесторів, оскільки, вибираючи серед можливих альтернатив розподілу капіталовкладень у межах ринку фінансових активів, інвестор отримає різні результати. Прийнято, що оптимальний розподіл наповнення інвестиційного портфеля повинен забезпечувати найкращий дохід за умови збереження найменших ризиків, а під результатом слід розуміти величину доходу, отриманого за час володіння інвестиційним портфелем. Відомо, що рішення щодо структури розподілу капіталу часто приймають в умовах невизначеності, а дохідність від вкладення капіталу в об'єкти інвестування є випадковою. Все це породжує додаткові ризики, тому завдання вкладення капіталу та оптимізації портфеля інвестицій повинні ставитися та вирішуватися в умовах наявності ризику. Ефективна інвестиційна діяльність змушує звертатись до використання спеціальних математичних методів та інформаційних засобів підтримки прийняття рішень.

Розроблено інформаційну систему підтримки прийняття рішень формування портфеля цінних паперів, що дає змогу потенційним інвесторам самостійно оцінювати ефективність набору інвестиційного портфеля, порівнюючи динаміку росту наявних на фінансовому ринку акцій. Відомо, що більшість інформації, з якою стикається інвестор, подана у табличному форматі, а згідно із методологією наукового пізнання людина краще сприймає візуалізовані способи подання інформації. У новоствореній інформаційній системі застосовано процес візуалізації, що надає доступну табульовану інформацію у структурованому вигляді схем, графіків, діаграм.

Ключові слова: інформаційні та комунікаційні технології; математичні методи; візуалізація; ризик; теорія портфеля; Python.

### **Вступ. Постановка проблеми**

Ураховуючи зростання кількості запропонованих споживачеві фінансових послуг та продуктів, а також їх ускладнення на фоні припливу приватних інвесторів на фінансовий ринок, подальший розвиток ринку цінних паперів потребує належного інформування кінцевого споживача про характеристики пропонованих фінансових продуктів.

Доступне подання інформації про фінансовий продукт дасть споживачеві змогу оцінити, чи відповідає вибраний актив потребам і чи готовий споживач прийняти притаманні такому продукту ризики. Надання достовірної інформації до моменту укладання угоди також дасть можливість підвищити довіру до фінансових закладів і відповідно сприятиме зростанню попиту на фінансовому ринку та залученню нових клієнтів до фінансових організацій.

Отже, зрозуміле подання споживачеві достовірної інформації щодо фінансових продуктів у доступній формі, а також можливість використання інвестиційних інструментів повинні стати суттєвими факторами зростання довіри громадян до ринку цінних паперів.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Сьогодні інвестиції в цінні папери є одним із пріоритетних напрямів будь-якого фінансового ринку як у межах окремої розвиненої країни, так і на глобальному рівні. Теорія портфеля МРТ (Modern Portfolio Theory), яку запропонував Гаррі Марковіц [1], полягає в диверсифікації за допомогою активів, які слабо корелюють між собою, тобто портфель потрібно наповнювати активами, які в однаковій ситуації поведуться по-різному. В основу МРТ покладено тезу про те, що ризик та прибутковість взаємопов'язані. Це означає, що бажання інвестора отримати вищу прибутковість неодмінно підвищує рівень ризику, а між двома портфелями з однаковою очікуваною прибутковістю раціонально вибрати менш ризикований варіант [2]. МРТ стверджує, що для кожного рівня ризику є відповідна комбінація активів, яка максимізує дохід. Водночас за допомогою диверсифікації наповнення різними класами активів можна забезпечити волатильність портфеля. Отже, відбувається максимізація доходу із забезпеченням заданого рівня ризику, або мінімізація ризиків для цільової прибутковості.

Одним із засобів ефективної оптимізації портфельного рішення є застосування математичних методів та інформаційно-комунікаційних технологій [3–5]. Вказаний інструментарій використовують для прийняття інвестиційних рішень на підставі аналізу отриманих з фондових ринків даних, оцінювання параметрів, визначення та вирішення проблем оптимального портфеля, що дає змогу балансувати частки активів із відношенням дохідності портфеля до ризиків. Як приклад подібний інструментарій аналізу фінансового ринку та ефективною оптимізації роботи з цінними паперами застосовується під час оцінювання інвестиційної діяльності в умовах євроінтеграції України [6, 7].

Оскільки дохідність активів є стохастичною, інвестори допускають оптимізацію МРТ із введенням трансакційних витрат на інвестиції та додаванням певних обмежень щодо категорій активів і розділень періодів інвестування [8, 9]. Оптимізація наповнення портфеля може не лише враховувати наявні в минулому дані, але і додатково потребує аналітичного дослідження поглядів експертів [10, 11]. Варто передбачити, що методика врахування суб'єктивних оцінок експертів, здійснених різними групами, інколи призводить до істотних розбіжностей думок щодо кінцевого результату [12]. Вирішення портфельних проблем, пов'язаних зі зниженням інвестиційних ризиків, що прийнятніше для інвесторів, виконується за допомогою формалізації та кількісної оцінки ризику із прийняттям багатокритеріальних рішень і кластеризацією [13], а також із застосуванням інтервального нечіткого формалізму прийняття рішень [14].

У мережі інтернет поширені спеціалізовані програмні продукти для управління фінансовими ризиками на основі проведення поглибленого аналізу, формування звітів та моделювання інвестиційних сценаріїв. Володіючи такою інформацією, не потрібно будувати припущення під час прийняття важливих рішень, натомість можна розробляти стратегії інвестування з більшою впевненістю. Розглянемо можливості деяких з них.

1. Платформа Riskalyze (<https://www.riskalyze.com>) надає інструменти для аналізу інвестиційного ризику, реалізації планів, створення та реалізації інвестиційних портфелів як послугу фінансовим радникам у США. Ця платформа гнучка, дає змогу користувачам під'єднуватись та інтегруватися з будь-яким бюджетом у режимі реального часу на будь-якому пристрої. Завдяки легкому динамічному інтерфейсу й адаптивному дизайну користувачі можуть створювати і переглядати свої портфоліо та мобільні звіти до них.

2. Система управління ризиками Arbor Portfolio Manager (<https://arborfs.com>) є програмним забезпеченням для управління портфелем, активами та фондами, яке надає установам, що купують акції, детальне управління торгівлею та позиціями. Система передбачає поглиблений аналіз портфеля, а також обширну і чітку звітність про діяльність із власними коштами.

3. Платформа LogicManager (<https://www.logicmanager.com>) – це рішення для SaaS (Software as a service), яке підтримує декілька користувачів, що дає змогу формувати його протягом п'яти робочих днів. Ця платформа обслуговує багато галузей промисловості, які потребують систем керування прихованими ризиками. Платформа LogicManager дає організаціям змогу приймати рішення на основі порівняння даних та встановлених цілей. Програми охоплюють управління корпоративними ризиками, управління ІТ, управління дотриманням вимог, управління сторонніми ризиками та складання фінансової звітності. Основними функціональними можливостями програмного забезпечення, які поширюються на різні сфери рішень, є: виявлення, оцінка, пом'якшення, моніторинг та звітування про ризик.

4. Платформа CammsRisk (<https://cammsgroup.com>) – програмне забезпечення для комплексного інтегрованого підходу до управління ризиками, інцидентами, аудитами та наповненням портфеля. Це рішення персонал може використовувати для поєднання усіх потреб в управлінні ризиками та їх прогнозуванні.

5. Платформа Sharesight (<https://www.sharesight.com>) – це відзначений нагородами відстежувач портфеля інвестицій, що використовують тисячі інвесторів та фінансових фахівців, які працюють самостійно. Sharesight використовує 20-річні історичні дані та синхронізується із брокерами для автоматичного відстеження торгів, дивідендів та корпоративних дій. Також додаток дає змогу клієнтам отримувати онлайн-доступ до всіх даних, необхідних для їх податкової звітності, урахуваючи розрахунки іноземних інвестицій.

6. Платформа Looker (<https://looker.com>) – браузерна, а також хмарна платформа бізнес-аналітики, призначена для вивчення та аналізу даних. Ця платформа допомагає корпораціям збирати та аналізувати дані, а потім приймати зважені рішення, враховуючи всебічні ризики.

7. Платформа FundCount (<https://fundcount.com>) – це програмне забезпечення інвестиційного та бухгалтерського обліку портфелів, яке відстежує, аналізує та звітує про вартість інвестицій, вкладених у різних портфелях. Програмне забезпечення підтримує широкий спектр видів активів та методологій оцінки портфеля. Середовище дає змогу створювати гнучкі звіти згідно з вимогами користувачів та здійснювати аналітичні дослідження за наявними даними.

8. Платформа HiddenLevers (<https://www.hiddenlevers.com>) – платформа аналізу технологій ризику, що забезпечує безпечне управління інвестиціями. HiddenLevers пропонує рішення для поодиноких користувачів та компаній, які призначені передусім для керівників, фінансових радників, менеджерів з активів та портфельних менеджерів.

9. Платформа Zigma (<https://zigma.com>) є програмним рішенням для управління портфелем, що спеціально розроблено для спрощення інвестицій. Платформа надає можливість інвесторам оптимізувати прибутковість із урахуванням наявних та прогнозованих ризиків.

### Формулювання цілі статті

У зв'язку зі значним підвищенням інтересу до інвестиційної діяльності не лише з боку спеціалізованих організацій та професійних інвесторів, але і з боку приватних осіб виникає необхідність у доступному інструментарії моніторингу фінансового ринку цінних паперів. У роботі подано огляд наявних у мережі інформаційних систем аналізу фінансового ринку та оцінювання ризиків, які виникають.

Зважаючи на виконаний огляд, запропонована доступна для непрофесійного інвестора інформаційна система підтримки прийняття рішень формування портфеля цінних паперів. Із урахуванням відомого правила, що візуально подану інформацію користувачі сприймають краще, ніж упорядковану табличну, розроблена система надає можливість виконувати порівняльний аналіз динаміки зміни вартості акцій різних компаній у вигляді графіків та діаграм.

На головній сторінці запропонованої платформи подано вступну інформацію для новачка, яка допоможе зрозуміти, як правильно зважувати ризик і приймати рішення у ході формування портфеля інвестицій. Основні тези, наведені на початковій сторінці, підкажуть користувачу, як саме можна зменшити ризики та керувати інвестиційним процесом.

Новизною поданої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для формування портфеля цінних паперів є можливість візуального порівняння наявних на фінансовому ринку активів із метою наповнення інвестиційного портфеля у відповідній пайовій участі. Сервіс орієнтований на українську аудиторію, а інтерфейс прикладної програми дає можливість клієнту, орієнтованому на історичні дані вартості активів, визначитись із ціною на акції та створити набір активів на основі запропонованих у системі прогнозів.

### Створення інформаційної системи підтримки процесів прийняття рішень під час формування портфеля цінних паперів

Для вибору робочої мови програмування інформаційної системи здійснено огляд та аналіз можливостей сучасних інформаційних технологій та мов програмування Python, R, C#, GoLang (<https://towardsdatascience.com>) і прийнято рішення вибрати Python для виконання поставленого завдання. Саме завдяки потужним бібліотекам Python [15, 16] отримано переважні можливості в розробленні прикладного програмного забезпечення під час роботи з інвестиційними ризиками. Додатково інтерактивне вебсередовище JupyterNotebook також можна застосувати для швидшого аналізу даних та їх візуалізації. Своєю чергою, вебфреймворк Dash від компанії Plotly забезпечує інтерактивне вебсередовище для написання веборієнтованої системи, а також надає потужний інструментарій візуалізації та побудови динамічних графіків. Для створення інформаційної системи додатково використано бібліотеки: Pandas, Matplotlib, Seaborn, Numpy, Datetime, Plotly, Scipy, Statsmodels, Sklearn.

Як середовище розроблення вибрано JupyterNotebook, який міститься у завчасно встановленому дистрибутиві Anaconda. Вхідні дані завантажуються у .csv-форматі для опрацювання інформації в середовищі Jupyter. Опрацьовані дані автоматично інтегруються в середовище PyCharm у вигляді python-коду. Для візуалізації даних, якими характеризуються акції компаній, в зручному для користувачів вигляді, використано можливості, які надають бібліотеки Pandas, Matplotlib та бібліотека візуалізації даних на вебфреймворк Dash від компанії Plotly. Використання цих бібліотек робить графіки динамічними та допомагає зберігати статистику і прогнози ціни на вибрані активи.

Для аналізування даних створено функцію, яка завантажує дані про акції з інформаційного джерела провайдера фінансової інформації YahooFinance (<https://finance.yahoo.com>) за допомогою бібліотеки Pandas в формат .csv.

Створений продукт є веборієнтованою системою для аналізу ризику в інвестиційному портфелі акцій чи криптовалют.

Для розроблення та тестування інформаційної системи вибрано дані із фондового ринку, а саме деякі цінні папери великих технічних компаній (рис. 1).

Предметом дослідження стали акції високотехнологічних компаній: **Apple** (<https://www.apple.com>); **Google** (<https://www.google.com>); **Microsoft** (<https://www.microsoft.com>); **Amazon** (<https://www.amazon.com>); **Tesla** (<https://www.tesla.com>); **Oracle** (<https://www.oracle.com>).

Користувач має можливість побачити на графіках (рис. 2) динаміку росту акцій шести вибраних технічних компаній.

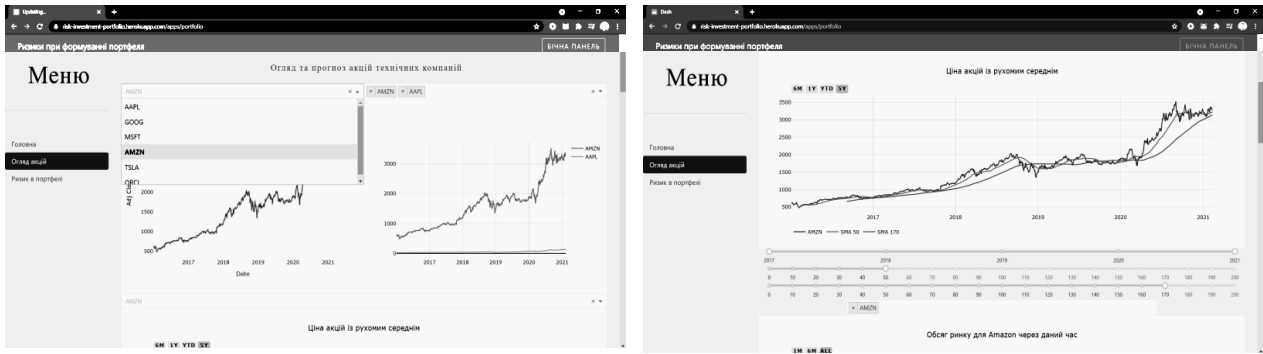


Рис. 1. Сторінка огляду акцій технічних компаній

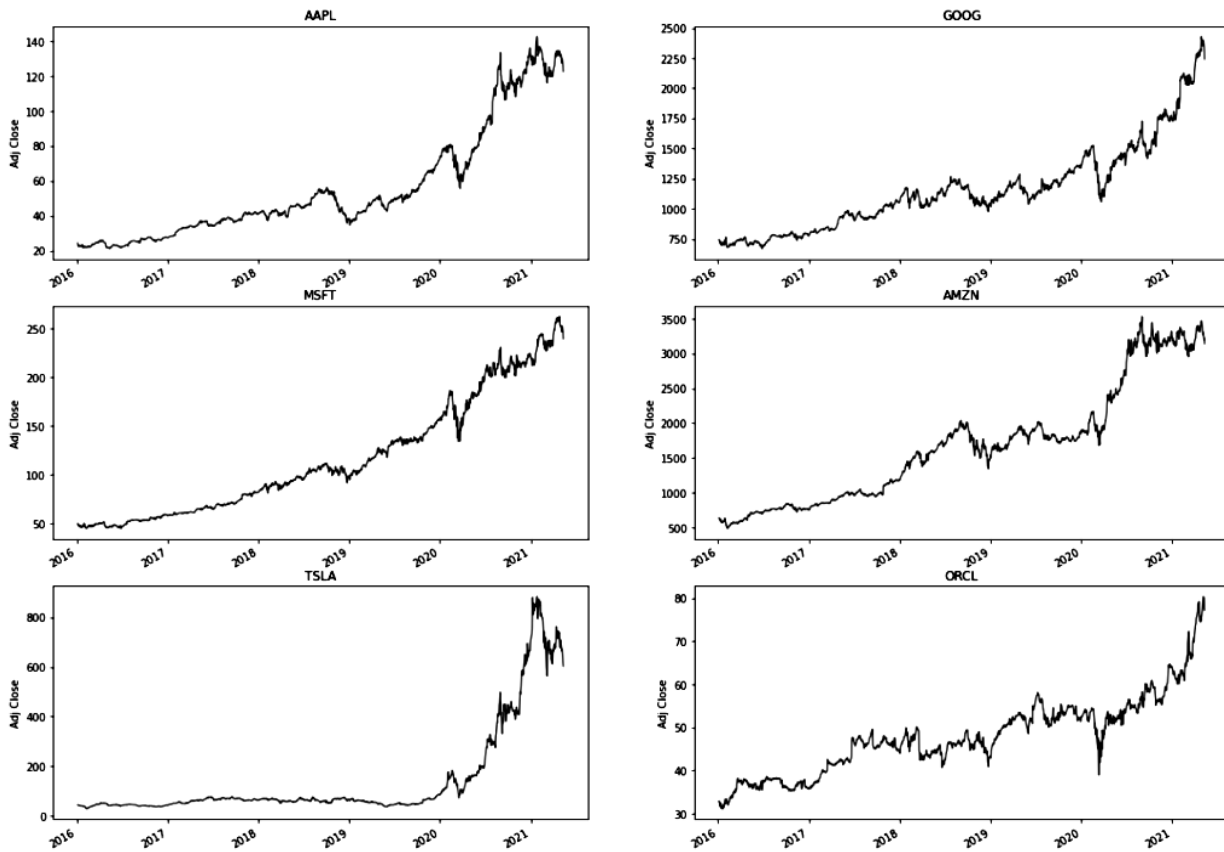


Рис. 2. Динаміка росту шести компаній за останні роки

Він може також проаналізувати наведені графіки з урахуванням накладання рухомого середнього (рис. 3). Середні значення беруть за певний проміжок часу, який вибирає трейдер. Цей інструмент дає змогу простежити циклічність часових рядів. Стратегії рухомого середнього можуть бути адаптовані до будь-яких часових періодів і допомагають довгостроковим інвесторам або короткостроковим трейдерам.

З одержаних графіків бачимо, що ціна Google, Tesla та Amazon істотно перевищує оцінки акцій інших компаній.

Окрім базового аналізу, система дає можливість візуалізації ризику недоотримання прибутку кожного активу на основі аналізу щоденної тенденції зміни ціни на акції. На рис. 4 наведено графік відсоткової зміни щоденних повернень за допомогою `pct_change()` на колонку даних `AdjClose` (коригованої ціни закриття акцій).

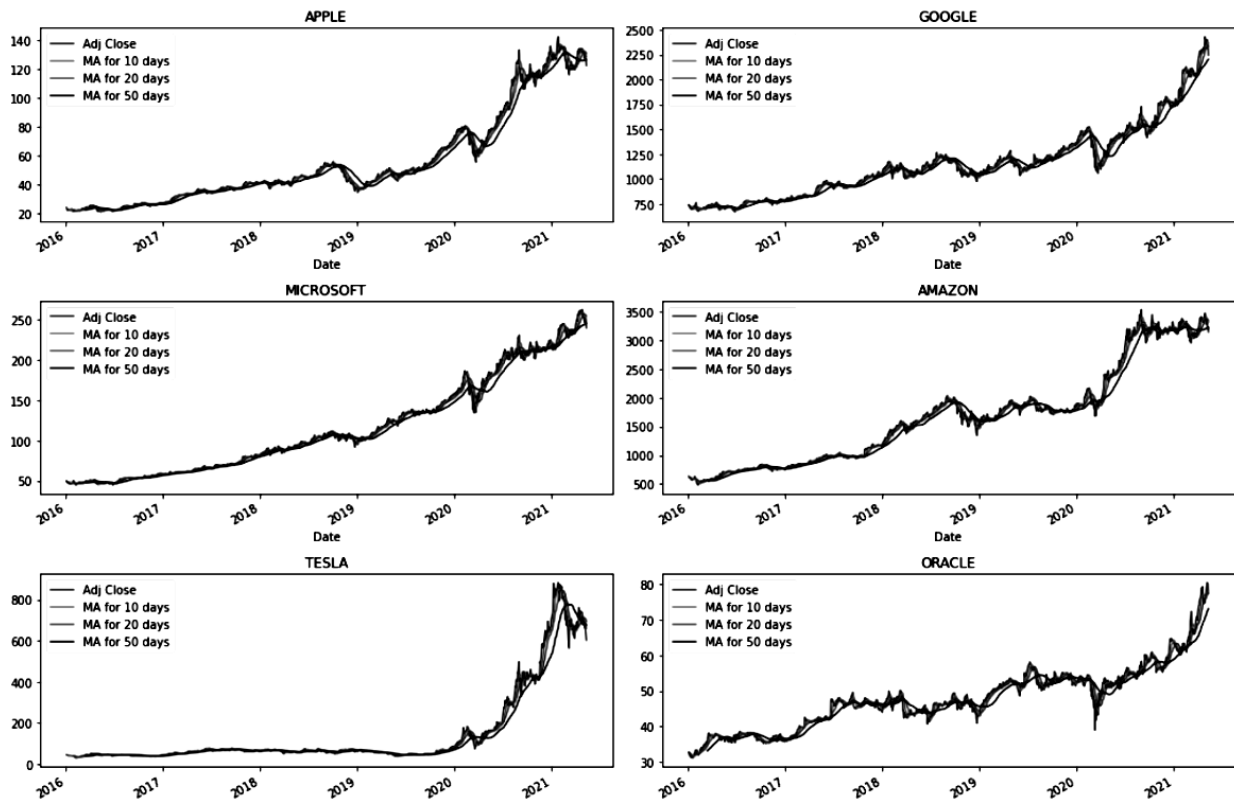


Рис. 3. Технічні компанії із рухомим середнім значенням 10 днів, 20 днів та 50 днів

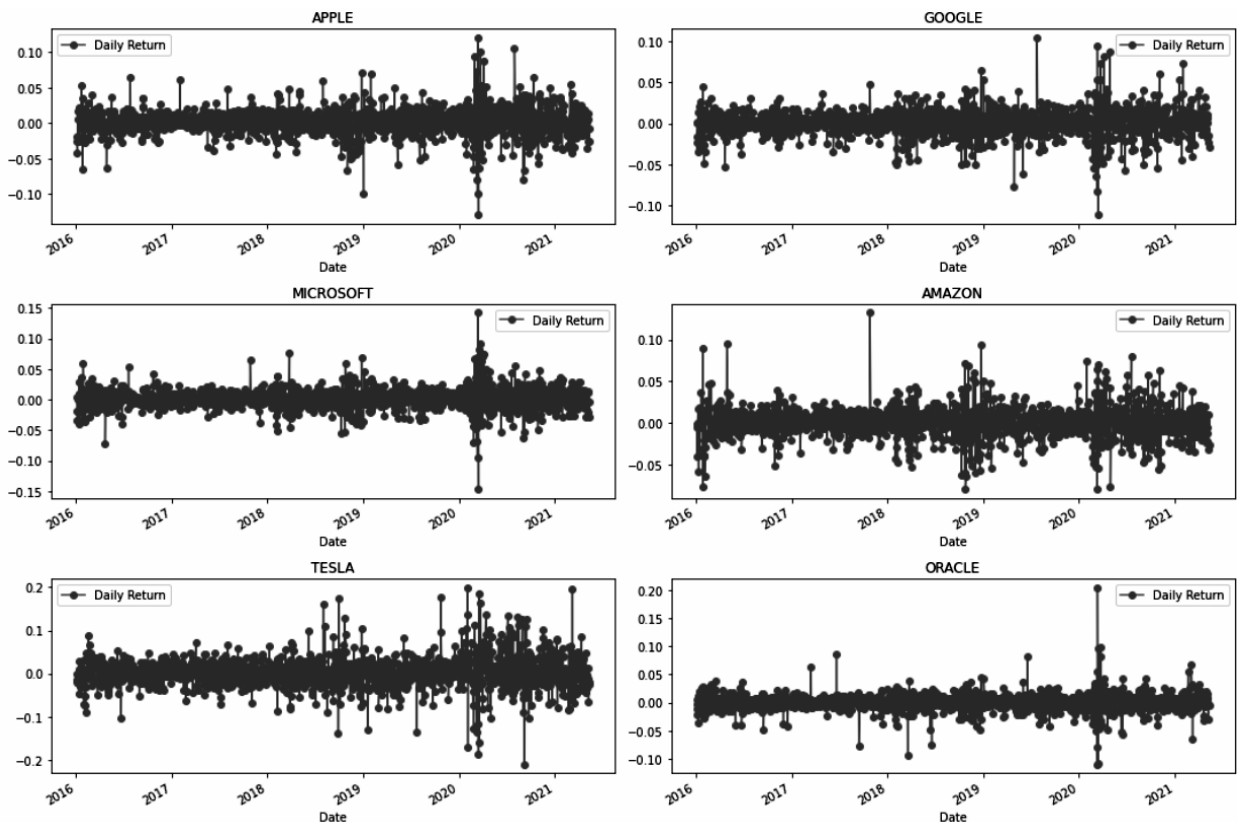


Рис. 4. Денна прибутковість, %

Для формування оптимального портфеля інструментів важливий показник кореляції інструментів між собою. Користувач системи може отримати як візуалізацію кореляції (рис. 5), так і

числову характеристику, визначену за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона (рис. 6), що є мірою сили лінійного зв'язку між двома змінними.

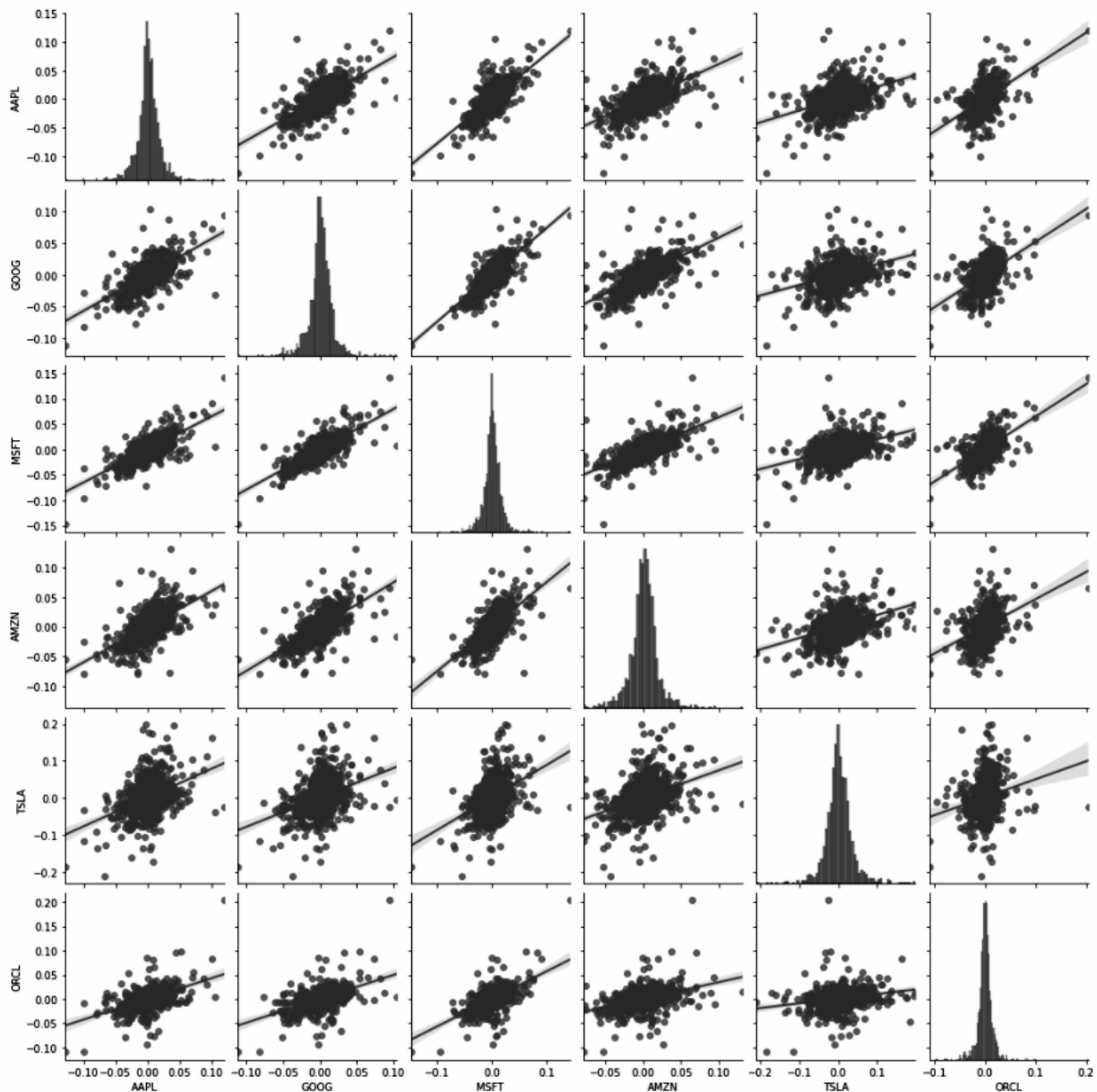


Рис. 5. Кореляція акцій компаній між собою

Також виводиться теплова карта, щоб відобразити числову кореляцію між ціною закриття акцій (рис. 7).

Ще одним технічним інструментом для роботи з інвестиціями є волатильність – статистичний показник розподілу прибутковості для цінного паперу або індексу ринку. Розраховують волатильність зазвичай у відсотках від ціни активу. Висока волатильність дає можливість інвестору більше заробляти на ринку, але зростання доходу можливе лише у випадку, якщо передбачити напрям ринку і ціновий рух свого активу. У протилежному випадку зростають ризики втрат. Отож, якщо волатильність низька і продовжує знижуватися, тоді на ринку сприятливі умови для підвищення ціни, і відповідно, якщо волатильність зростає, то це свідчить про посилення нервозності на ринку. Ринку пропонує хороші можливості для відкриття позицій, але і ризики втрат стають набагато вищими [17].

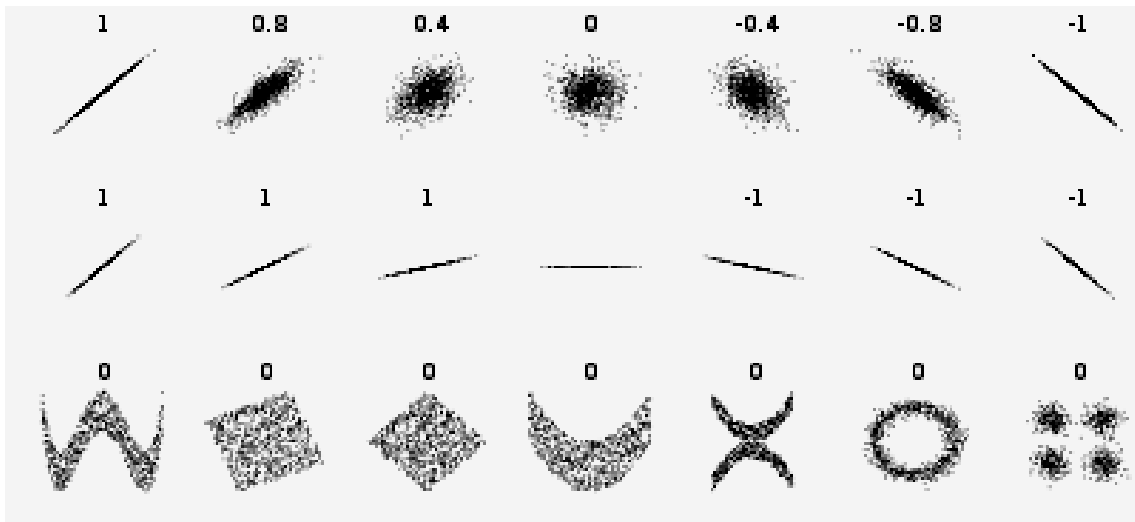


Рис. 6. Коефіцієнт кореляції Пірсона

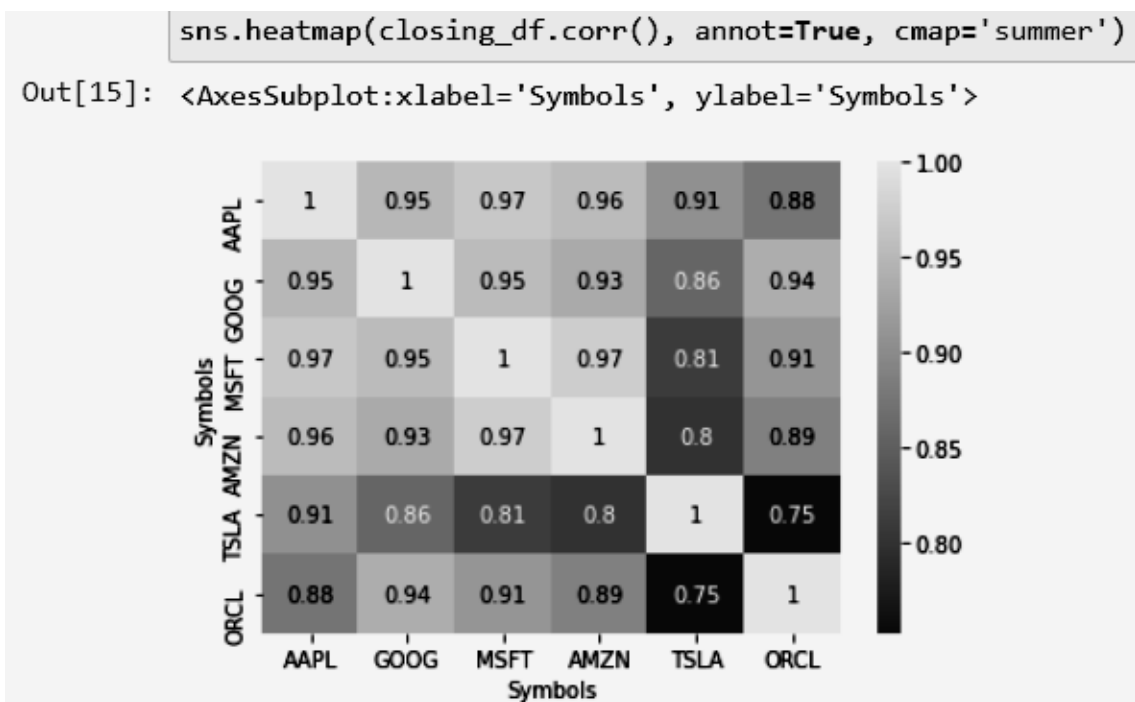


Рис. 7. Графік кореляції для ціни закриття

Проаналізувавши наведені на графіку (рис. 8) лінії кожного активу як окремої частини сукупного портфеля інвестицій, можна спрогнозувати рух ціни акцій на основі очікуваних прибутків та ризиків.

- **Apple** принесе великий дохід порівняно з іншими, але це доволі ризиковані акції.
- **Google** дасть менше прибутку, але він менш ризикований.
- **Microsoft** дасть мало прибутку, але ризик достатньо малий.
- **Amazon** дасть менше прибутку, але ризикованіший, ніж Microsoft.
- **Tesla** також принесе максимальну віддачу порівняно з іншими компаніями, але це найризикованіші акції.
- **Oracle** дасть найменше прибутку, але це найменш ризикована інвестиція.

Важливою функціональністю системи є можливість прогнозувати ціну фінансового інструменту.



Використано методи прогнозування стаціонарних рядів SARIMA і реалізовано два найпоширеніші методи перевірки стаціонарності – це візуалізація та тест Дікі-Фуллера (ADF) [18].

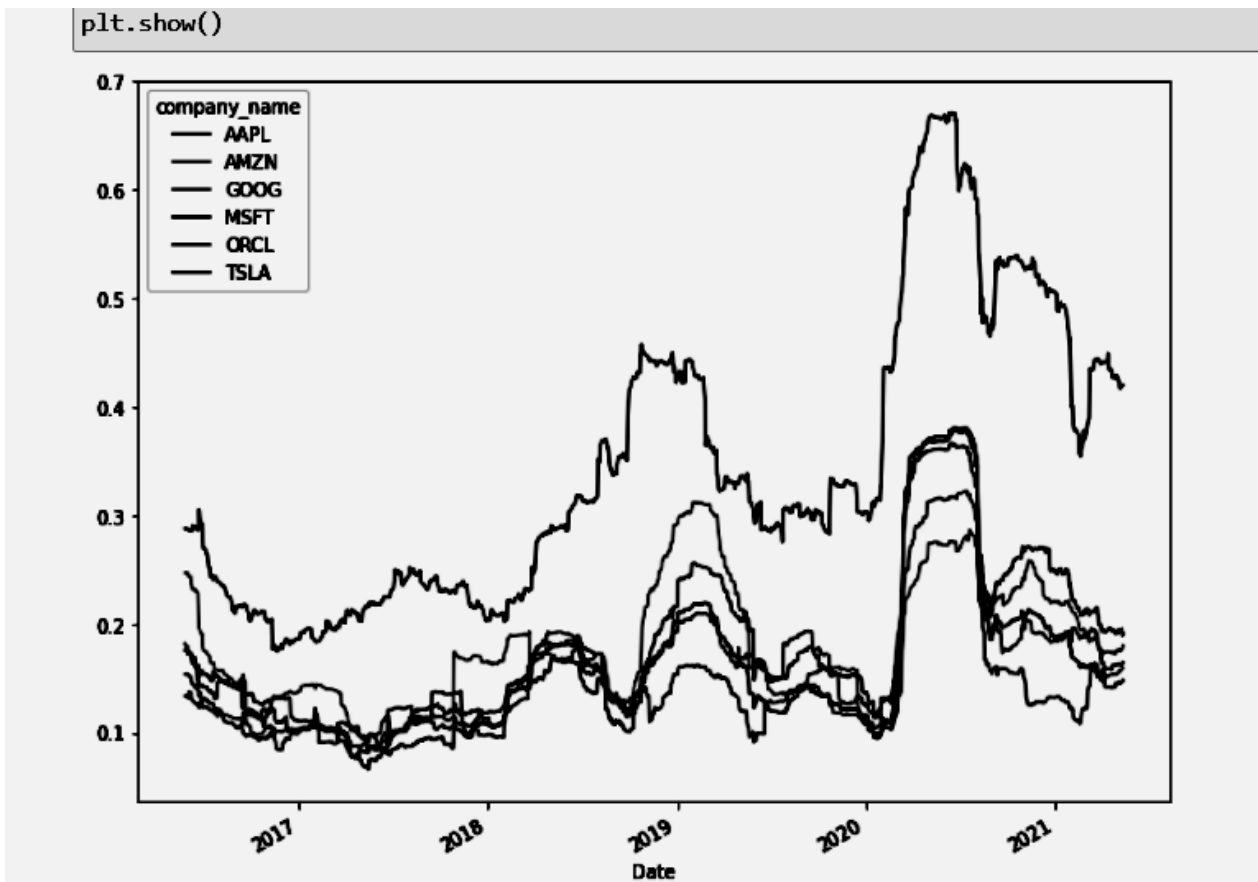


Рис. 8. Графік волатильності вибраних акцій

Під час побудови моделі SARIMA основними параметрами вибирають елементи тренду:

- $p$  – порядок авторегресії тенденції;
- $d$  – порядок різниці тенденцій;
- $q$  – вибір рухомої середньої тенденції.

Далі йдуть елементи для налаштування сезонних змін:

- $P$  – сезонне авторегресивне відхилення;
- $D$  – порядок сезонних різниць;
- $Q$  – сезонне відхилення рухомого середнього;
- $m$  – кількість часових кроків за один сезонний період.

Метрикою оцінки, яку використано для пошуку в наборі параметрів, так званій сітці, є значення AIC (Інформаційний критерій Акаїке). AIC вимірює, наскільки модель відповідає даним, беручи до уваги загальну складність моделі.

З рис. 9 видно, що отримана модель чітко зафіксувала сезонність, а також тенденцію зростання ціни акцій.

Вважаємо, що це хороший результат, адже середня абсолютна відсоткова помилка дала низький відсоток похибки. Ця метрика є мірою точності методів, якими виконують прогнозування у статистиці. За її допомогою ми отримали результат похибки прогнозу даних (рис. 10).

Оскільки система завантажує дані із довільного вебінформаційного джерела відкритого доступу, то для кращого аналізу інвестиційного портфеля варто додати ще порівняння із ризикованішими інвестиціями – криптовалютами, а саме Bitcoin та Ethereum, які дали великий приріст із

кінця 2020 р. Тому для визначення загальної ризикованості інвестицій створимо портфель із набору вищеназваних акції та криптовалют. Цікаво помітити відмінність у розподілі ризикованих активів, а також очікуваний прибуток, який може дати інвестиційний портфель (рис. 11).

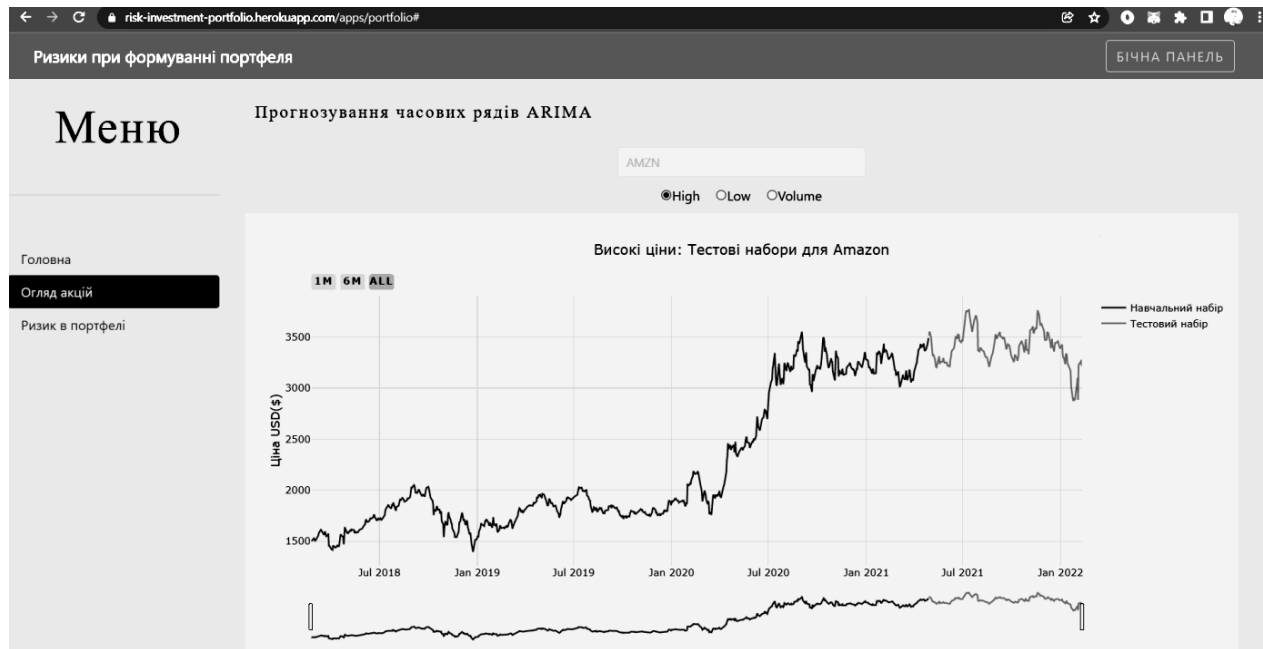


Рис. 9. Результат візуалізації моделі SARIMA

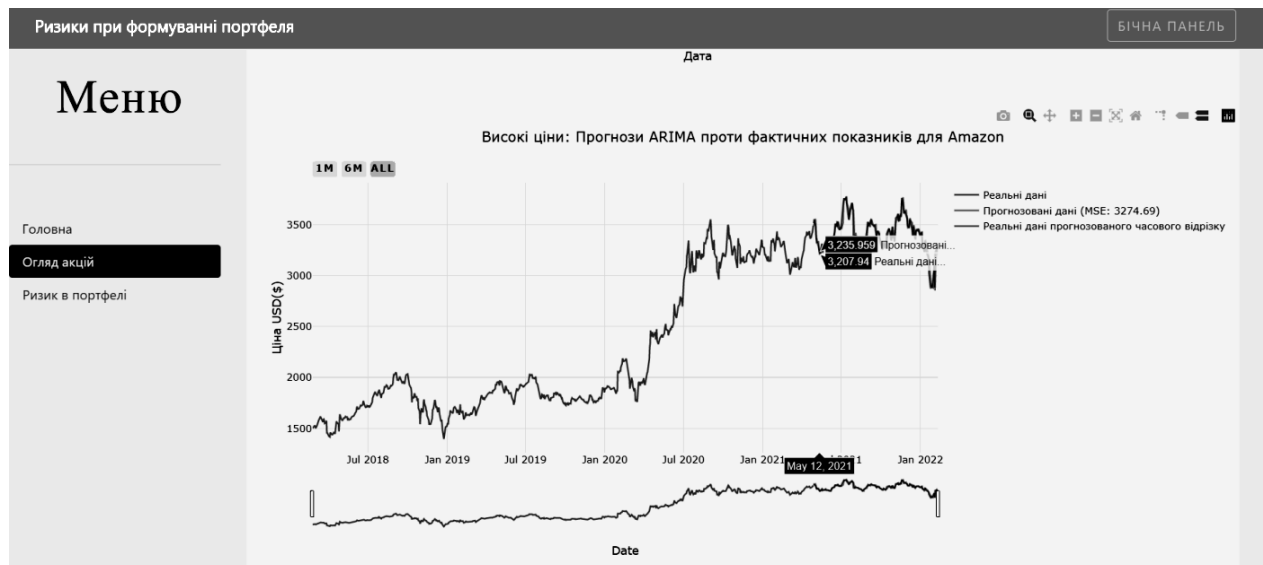


Рис. 10. Прогнозування часових рядів SARIMA.  
Порівняння прогнозів із реальними цінами

Стосовно керування портфелем інтерес становить прогноз річної прибутковості із порівнянням різних інструментів і наповнень портфеля. Розрахунок прибутковості складається із очікуваних прибутків  $E[R]$ . Оскільки дані щоденні, то потрібно знайти щоденну прибутковість, а після цього розрахувати відповідну річну прибутковість за 2017–2021 рр. і, як результат, отримати загальну річну прибутковість за всі розглянуті роки. Для цього обчислимо програмно річну норму відсотків (APR – annual percentage rate) або, інакше кажучи,  $R$  номінальне, і виведемо середню річну норму відсотків (APR).

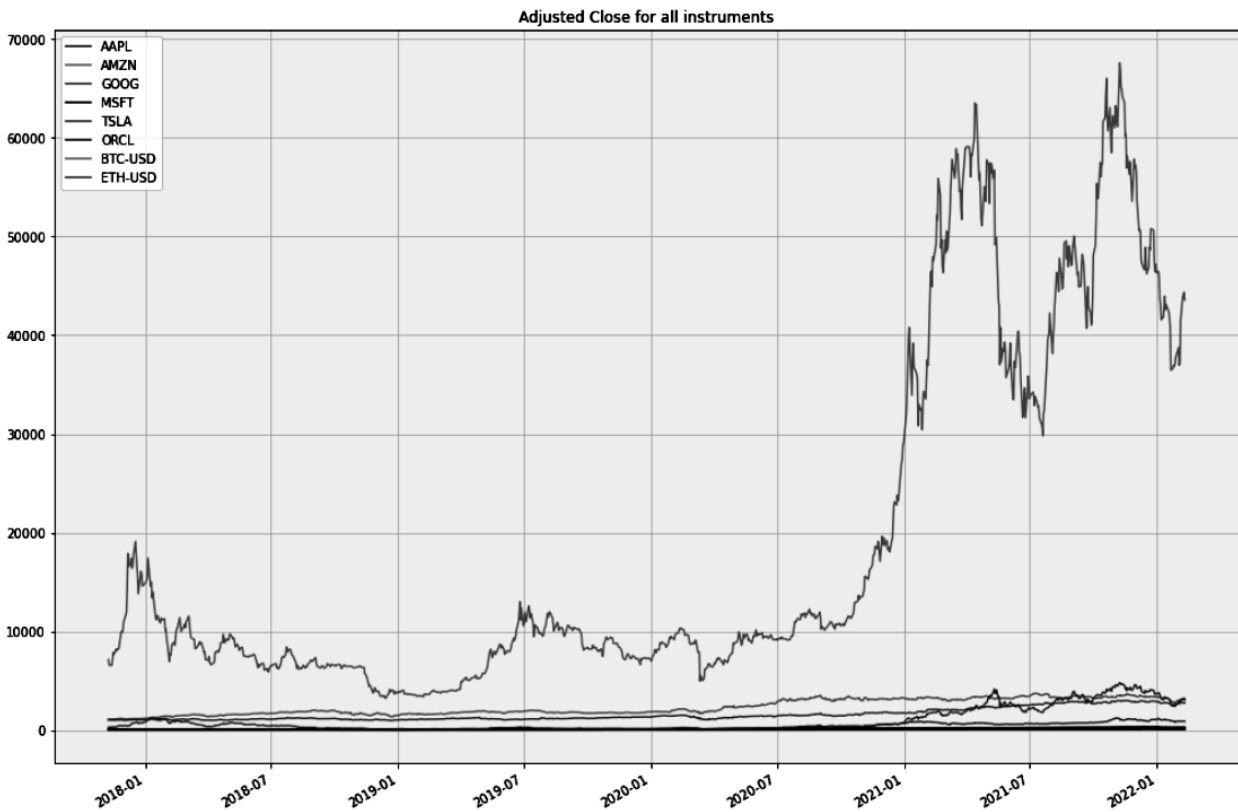


Рис. 11. Графік скоригованих цін із 2017 р.

```
In [13]: pd.DataFrame(APR_avg, columns = ['Average APR']).T
```

```
Out[13]:
```

	AAPL	AMZN	GOOG	MSFT	TSLA	ORCL	BTC-USD	ETH-USD
<b>Average APR</b>	0.337051	0.31879	0.225192	0.310585	0.709823	0.169564	1.065842	1.574091

Рис. 12. Річна норма відсотків, APR

Окремо розрахуємо ризик волатильності для кожного інструменту, використовуючи річне стандартне відхилення:

```
In [17]: pd.DataFrame(STD_avg, columns = ['Average STD']).T
```

```
Out[17]:
```

	AAPL	AMZN	GOOG	MSFT	TSLA	ORCL	BTC-USD	ETH-USD
<b>Average STD</b>	0.267536	0.260366	0.241199	0.236095	0.532808	0.230666	0.706959	0.995118

Рис. 13. Стандартне відхилення (щорічно) – середній показник

і середню дисперсію за останні чотири роки:

```
In [20]: pd.DataFrame(VAR_avg, columns = ['Average VAR']).T
```

```
Out[20]:
```

	AAPL	AMZN	GOOG	MSFT	TSLA	ORCL	BTC-USD	ETH-USD
<b>Average VAR</b>	0.083765	0.077584	0.066014	0.069515	0.325037	0.062956	0.525794	1.077708

Рис. 14. Середня річна дисперсія за чотири роки

Криптовалютам Bitcoin та Ethereum властива найбільша віддача, але також найвища волатильність, як і очікувалося, тому що криптовалютний ринок доволі нестабільний порівняно з ринком акцій або цінних паперів.

Під час обчислення ефективності портфеля використано коефіцієнт Шарпа, який є відношенням очікуваної надлишкової віддачі портфеля до його волатильності:

$$SR = \frac{E[R] - R_f}{\sigma} = \frac{APR - R_f}{\sigma}$$

Система надає можливість створювати різні набори із портфелів, щоб під час подальшого аналізу вибрати найкращий з них.

- Портфель № 1 – це так званий фіктивний портфель. Попередній аналіз ризиків дає можливість знайти значення ваг для базових інструментів, які формуватимуть портфель. Результати дослідження показують, що у портфеля № 1 (фіктивний ризикований) вища віддача прибутковості, ніж у портфеля № 1 (фіктивний із загальним обсягом). Результат цього тестового підходу не забезпечує необхідної мінімізації ризику, але, оскільки значення коефіцієнта Шарпа близьке до одиниці, робимо висновок, що цей портфель вважається доволі добрим. Проаналізуємо інші результати.

- Портфель № 2 – це вже оптимізований портфель. Під час його формування застосована симуляція Монте-Карло побудови різних випадково сформованих ваг для базових інструментів. Як видно з рис. 15, саме цей портфель має найвищий коефіцієнт Шарпа.

Return E[R]	Risk $\sigma$	Sharpe Ratio SR	
<b>#1 dummy (risky)</b>	0.408131	0.371511	1.017818
<b>#1 dummy (total)</b>	0.370318	0.334360	1.017818
<b>#2 optimized max sr (risky)</b>	0.297763	0.189513	1.412900
<b>#2 optimized max sr (total)</b>	0.270986	0.170562	1.412900
<b>#2 optimized min <math>\sigma</math> (risky)</b>	0.297763	0.189513	1.412900
<b>#2 optimized min <math>\sigma</math> (total)</b>	0.270986	0.170562	1.412900

Рис. 15. E [r],  $\sigma$ , SR для портфелів № 2

Наступний етап дослідження – аналіз співвідношення прибутку та ризику. Ефективним відображенням результатів є їх візуалізація (рис. 16), на якій точки даних (портфелів) забарвлено на основі інтенсивності відповідного кольору (що більша насиченість тону, то щільнішими будуть прогнозовані результати).

На рис. 16 можемо побачити, як усі портфелі розподіляються у просторі щодо значення середньої дисперсії разом із окремими інструментами (акціями та криптовалютами). Інвестування у будь-яку комбінацію портфелів набагато вигідніше, ніж інвестування виключно в окремі інструменти, особливо якщо цей портфель не є випадковим і його оптимізують із застосуванням будь-якої методології. Візуалізована інформація є допоміжною під час формування портфеля інвестицій.

За результатами аналізу вибраного портфеля № 2 можна зробити висновок, що інвестування у диверсифікований портфель є вигіднішим і кориснішим варіантом, ніж індивідуальні вкладення у безризиковий актив або в окремі інструменти. Також в цьому випадку коефіцієнт Шарпа дорівнюватиме приблизно 1,41, що вважають непоганим результатом. Отже, оптимізований та диверсифікований портфель забезпечує найкраще співвідношення винагороди до ризику, що, своєю чергою, мінімізує ризик для цього рівня прибутковості.

Створення та управління портфелем повинно враховувати події на будь-якому рівні, які впливають на міжнародну економіку, наприклад, пандемію коронавірусу. Тому бажано враховувати усі побічні ситуації, які можуть так чи інакше вплинути на зміну ціни вибраних активів.

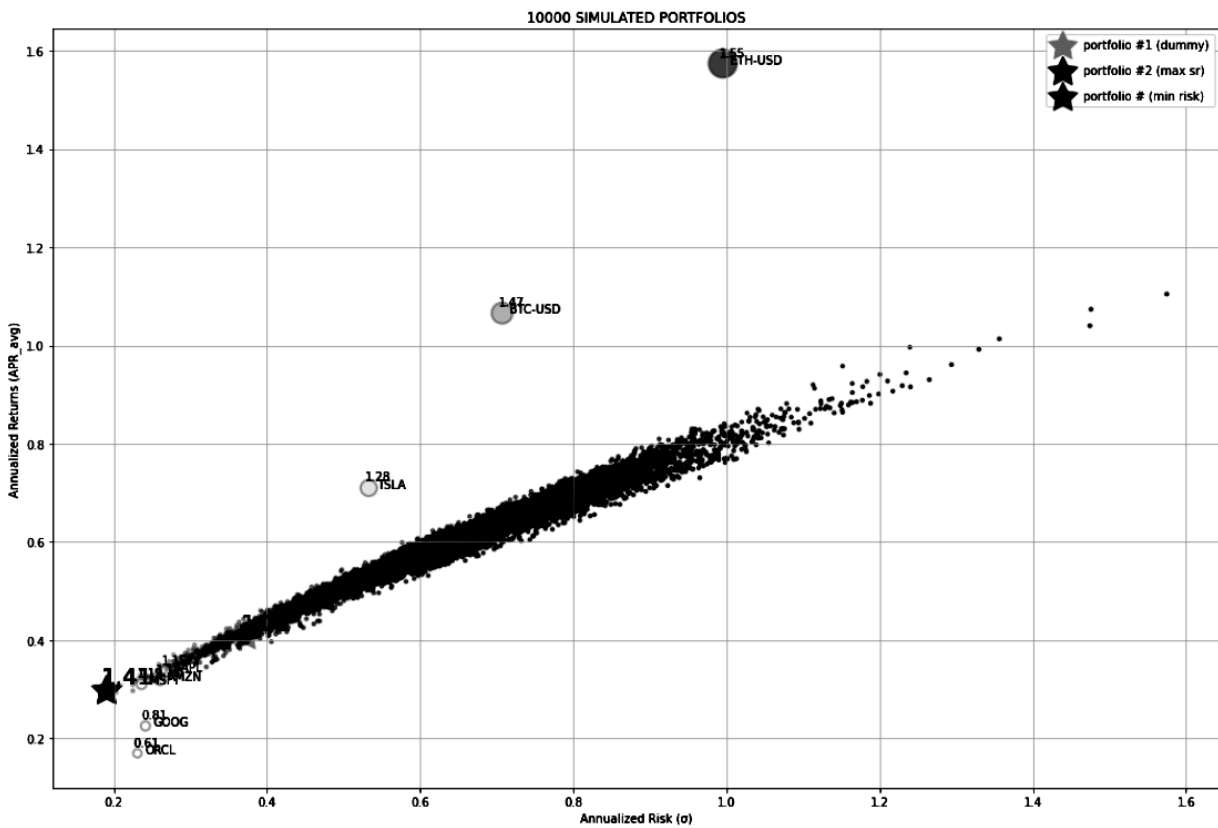


Рис. 16. Моделювання Монте-Карло для побудови 10000 випадкових портфелів

На рис. 17 зображено результат дослідження на момент першої публікації додатка. Але було вирішено порівняти дані з урахуванням того, що ринок сьогодні став ще волатильнішим. Особливо помітна волатильність на ринку криптовалют – останній квартал можемо спостерігати за швидкою зміною ціни Bitcoin, а відповідно й інших криптовалют.

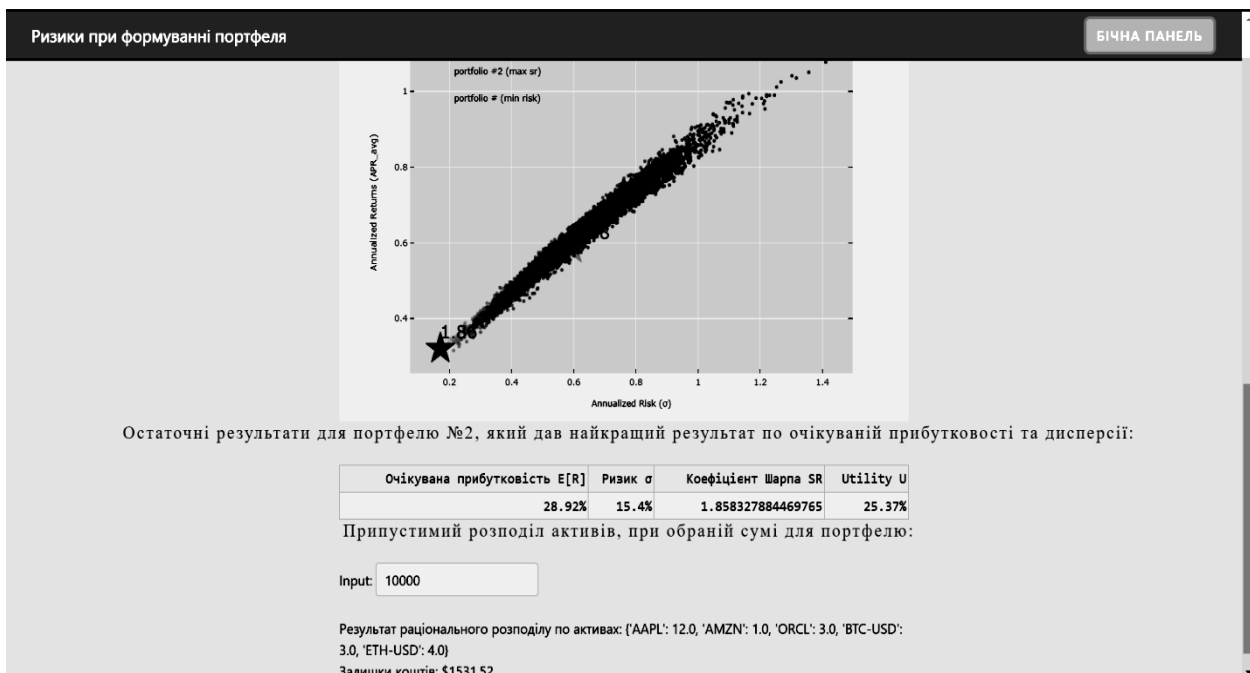


Рис. 17. Очікувані прибутки та ризик для вибраного портфеля інвестицій (06.2021)

Отож, для порівняння оновлено дані відповідно до терміну подавання статті. Аналіз даних показав, що вибрані криптовалюти збільшили ризикованість нашого портфеля. Тому було прийнято рішення дещо змінити наповнення портфеля, замінивши найменш ризиковану інвестицію Oracle на дохіднішу інвестицію The Boeing Company – одну із найбільших аерокосмічних, а також оборонних корпорацій. Своєю чергою, з боку криптовалют вирішено замінити нестабільний Ethereum на цікавіший актив, який може забезпечити більшу дохідність, а саме на криптовалюту Chainlink. На рис. 18 наведено оновлену візуалізацію вибору оптимального портфеля та розрахунок його прибутковості й розподілу активів у портфелі. Помітна відмінність результатів зумовлена високою волатильністю ринку криптовалют.

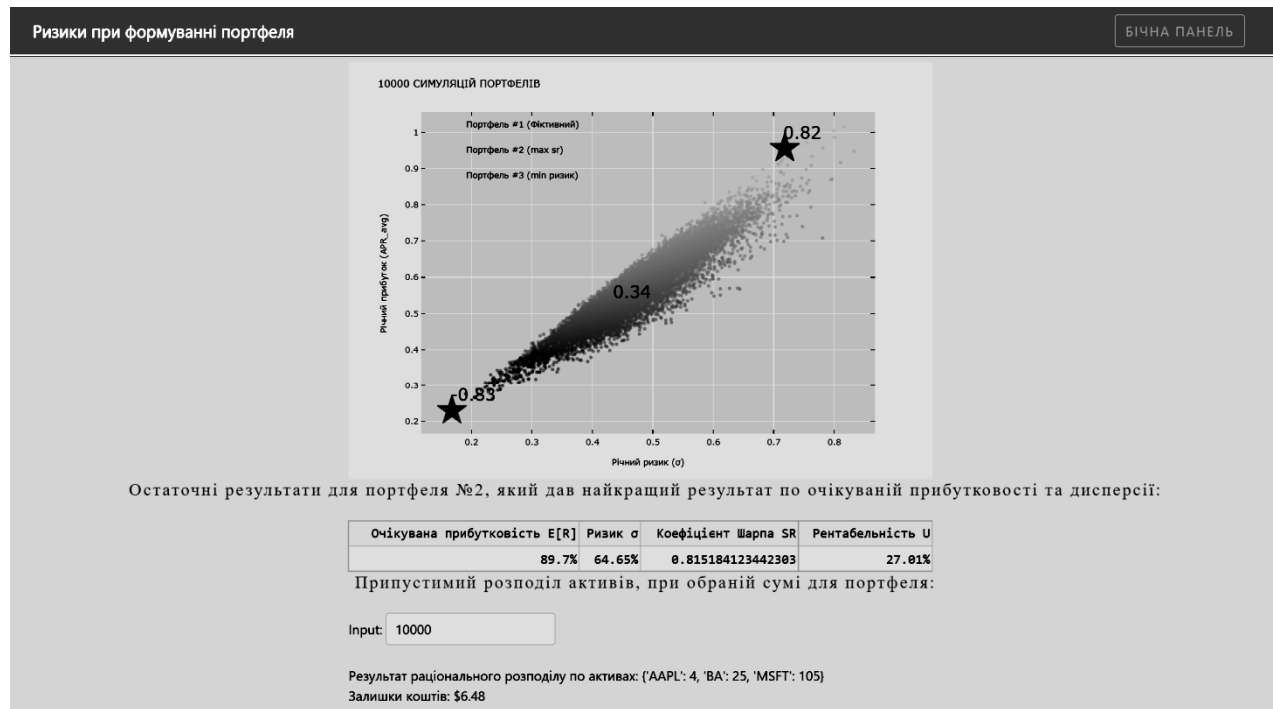


Рис. 18. Оновлені очікувані прибутки та ризик для вибраного портфеля інвестицій (02.2022)

Як результат на рис. 19 у вигляді діаграми візуалізовано оптимальне наповнення портфеля інвестицій.



Рис. 19. Діаграма результату раціонального розподілу за активами портфеля

Веборієнтовне рішення надає можливість у режимі реального часу аналізувати та прогнозувати портфелі за наявними в доступі видами акцій різних компаній. Це рішення допоможе інвестору знайти оптимальне наповнення портфеля та мінімізувати можливі ризики інвестиції.

### Висновки

У роботі розглянуто складності, що виникають у непрофесійних або малокваліфікованих інвесторів під час прийняття рішення щодо формування та оптимізації наповнення інвестиційного портфеля. Запропоновано огляд спеціалізованих інформаційних джерел у сфері керування ризиками та аналізу даних під час формування портфеля інвестицій. Із використанням можливостей мови програмування Python та її бібліотек створено інформаційну систему підтримки прийняття рішень під час формування портфеля цінних паперів. Сервіс орієнтований на українську аудиторію, а інтерфейс прикладної програми дає можливість клієнту визначитись із ціною на акції та створити набір активів на основі запропонованих у системі прогнозів. Подана інформаційна система дає змогу, здійснивши візуальне порівняння наявних на фінансовому ринку історичних даних вартості активів, приймати рішення щодо видів придбаних цінних паперів. Система також дає змогу проаналізувати ризики інвестиційного портфеля та вибрати оптимальні співвідношення між прогнозованими доходами та ризиками інвестицій. Новостворена інформаційна система підтримки прийняття рішення під час формування інвестиційного портфеля та керування інвестиційними ризиками опублікована в мережі інтернет за адресою: <https://risk-investment-portfolio.herokuapp.com>.

### Список літератури

1. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77–91. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
2. Кузьмін О. Є., Алексєєв І. В., Колісник М. К. (2007). Проблеми фінансово-кредитного регулювання інноваційного розвитку виробничо-господарських структур: монографія / за заг. ред. О. Є. Кузьміна, І. В. Алексєєва. Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 152 с.
3. Lu, J., Ruan, D. and Zhang, G. (eds.) (2007). E-Service Intelligence: Methodologies, Technologies and Applications (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1203907>.
4. Stoilov, T. (2019). How to integrate complex optimal data processing in information services in internet, in Proc. 20th Int. Conf. Computer Systems and Technologies, ACM Digital Library, 19–30. URL: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345254>.
5. Ta, V. D., Liu, C. M. and Tadesse, D. A. (2020). Portfolio optimization-based stock prediction using long-short term memory network in quantitative trading, *Applied Sciences*, 10(2020), 437. URL: <https://doi.org/10.3390/app10020437>.
6. Кальний С. В., Висоцький В. А. (2019). Управління формуванням інвестиційного портфеля підприємства в Україні. *Ефективна економіка*, № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6953>. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.3.39>
7. Мединська Т. В., Руцишин Н. М., Ніконенко У. М. (2020). Податкове регулювання інвестиційної діяльності банків України. *Бізнес Інформ*, № 11, С. 316–324. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-11-316-324>
8. García-Galicia, M., Carsteanu, A. A. and Clempner, J. B. (2019). Continuous-time mean variance portfolio with transaction costs: Aproximal approach involving time penalization, *International Journal of General Systems*, 48(2), 91–111. URL: <https://doi.org/10.1080/03081079.2018.1522306>.
9. Huang, X. and Wang, X. (2019). Portfolio investment with options based on uncertainty theory, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18, 929–952. URL: <https://doi.org/10.1142/S0219622019500159>.
10. Allaj, E. (2020). The Black–Litterman model and views from a reverse optimization procedure: An out-of-sample performance evaluation. *Computational Management Science*, 17, 465–492. URL: <https://doi.org/10.1007/s10287-020-00373-6>.
11. Palczewski, A. and Palczewski, J. (2019). Black-Litterman model for continuous distributions. *European Journal of Operational Research*, 273(2), 708–720. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.013>, <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0377221718306933>.
12. Rutkowska, A., Bartkowiak, M. (2019). Exertion approach to vague information in portfolio selection problem with many views, 2019 Conf. Int. Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2019) (Atlantis Press, Paris, France, 142–149. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/eusat-19/125914792>.

13. Wen, F., Xu, L., Ouyang, G. and Kou, G. (2019). Retail investor attention and stock price crash risk: Evidence from China. *Journal of International Review of Financial Analysis*, 65(2019), 1–15. URL: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.101376>.
14. Kou, G., Akdeniz, Ö., Dinçer, H. and Yüksel, S. (2021). Fintech investments in European banks: A hybrid IT2 fuzzy multidimensional decision-making approach. *Journal of Financial Innovation*, 7(39), 1–28. URL: <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00256-y>.
15. Wes McKinney (2018). Python for Data Analysis. Wes McKinney, Julie Steele and Meghan Blanchette. United States of America: O'Reilly, 470 с.
16. Jake, VanderPlas (2017). Python Data Science Handbook. Essential Tools for Working with Data / Jake VanderPlas. United States of America: O'Reilly Media, Inc., 1005. Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 548.
17. Ярошко С. М., Манзій О. С.. (2021). Фінансова математика. Частина 1: навч. посіб. Львів: ЗУКЦ, 209 с.
18. Dickey, D. A.; Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74 (366): 427–431. JSTOR 2286348. URL: <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>.

### References

1. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1) 77–91. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
2. Kuzmin, O., Alekseev, I., Kolisnyk, M. (2007). Problems of financial and credit regulation of innovative development of production and economic structures: monograph. Lviv Polytechnic National University Publishing House, 152 p.
3. Lu, J. D. Ruan and G. Zhang (eds.) (2007). E-Service Intelligence: Methodologies, Technologies and Applications (Springer-Verlag), Berlin, Heidelberg. Available at: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1203907>.
4. Stoilov T. (2019). How to integrate complex optimal data processing in information services in internet, in Proc. 20th Int. Conf. Computer Systems and Technologies, ACM DigitalLibrary, 19–30. Available at: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345254>.
5. Ta, V. D., Liu, C. M. and Tadesse, D. A. (2020). Portfolio optimization-based stock prediction using long-short term memory network in quantitative trading. *Applied Sciences*, 10(2020), 437. <https://doi.org/10.3390/app10020437>.
6. Kalnyi, S. V. and Vysotskyi, V. A. (2019). Management formation of investment portfolio enterprises in Ukraine, *Efektivna ekonomika*, [Online], Vol. 3. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6953>. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.3.39>
7. Medynska, T. V., Rushchyshyn, N. M., and Nikonenko, U. M. (2020). Tax Regulation of Investment Activity of Ukrainian Banks, *Business Inform*, 11:316–324. Available at: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-11-316-324>
8. García-Galicia, M., Carsteanu, A. A. and Clempner, J. B. (2019). Continuous-time mean variance portfolio with transaction costs: A proximal approach involving time penalization, *International Journal of General Systems*, 48(2), 91–111. Available at: <https://doi.org/10.1080/03081079.2018.1522306>.
9. Huang, X. and Wang, X. (2019). Portfolio investment with options based on uncertainty theory, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18, 929–952. Available at: <https://doi.org/10.1142/S0219622019500159>.
10. Allaj, E. (2020). The Black–Litterman model and views from a reverse optimization procedure: An out-of-sample performance evaluation, *Computational Management Science*, 17(2020), 465–492. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10287-020-00373-6>.
11. Palczewski, A. and Palczewski, J. (2019). Black-Litterman model for continuous distributions. *European Journal of Operational Research*, 273(2), 708–720. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.013>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221718306933>.
12. Rutkowska, A. and Bartkowiak, M. (2019). Exertion approach to vague information in portfolio selection problem with many views, 2019 Conf. Int. Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2019) (Atlantis Press, Paris, France, 2019), 142–149. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/eus%at-19/125914792>.
13. Wen, F., Xu, L., Ouyang, G. and Kou, G. (2019). Retail investor attention and stock price crash risk: Evidence from China, *Journal of International Review of Financial Analysis*, 65(2019), 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.101376>.
14. Kou, G., Akdeniz, Ö., Dinçer, H. and Yüksel, S. (2021). Fintech investments in European banks: A hybrid IT2 fuzzy multidimensional decision-making approach. *Journal of Financial Innovation*, 7(39), 1–28. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00256-y>.



15. Wes McKinney (2018). Python for Data Analysis / Wes McKinney, Julie Steele and Meghan Blanchette. United States of America: O'Reilly, 470.
16. Jake VanderPlas (2017). Python Data Science Handbook. Essential Tools for Working with Data / Jake VanderPlas. United States of America: O'Reilly Media, Inc., 1005. Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 548.
17. Yaroshko, S., Manziy, O. (2021). Financial mathematics. Part 1. Lviv: ZUKC Publishing House, 209 p.
18. Dickey, D. A.; Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74 (366): 427–431. JSTOR2286348. Available at: <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>

## INFORMATION SYSTEM SUPPORTING DECISION-MAKING PROCESSES FOR FORMING OF SECURITIES PORTFOLIO

Andriy Senyk<sup>1</sup>, Oleksandra Manziy<sup>2</sup>, Yuriy Futryk<sup>3</sup>, Oleksandr Stepanyuk<sup>4</sup>, Yuliya Senyk<sup>5</sup>

<sup>1-3</sup> Lviv Polytechnic National University,

<sup>4</sup> Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology,

<sup>5</sup> Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics

<sup>1</sup> andrij.p.senyk@lpnu.ua, ORCID0000-0002-1614-512X,

<sup>2</sup> oleksandra.s.manzii@lpnu.ua, ORCID 0000-0002-6480-2307,

<sup>3</sup> yurii.futryk.mpmkm.2021@lpnu.ua, ORCID 0000-0001-5271-9883,

<sup>4</sup> soi\_2014@ukr.net, ORCID0000-0001-9821-3933,

<sup>5</sup> yuliya.senik@gmail.com, ORCID 0000-0001-6524-4741

© Senyk A., Manziy O., Futryk Yu., Stepanyuk O., Senyk Yu., 2022

Due to large-scale changes in the economy in the world and in Ukraine in particular, there has recently been a significant increase in interest in the problems of investment theory. An example is the intensification in recent years of the purchase of shares of large international companies and cryptocurrencies and, according to the rapid growth of their values. It is known that as a special case, the theory of investment considers the task of optimizing investment portfolios.

It is established that the issue of decision-making on the formation and optimization of the investment portfolio is in the field of attention of both large investment companies and private investors, because choosing among possible alternatives for allocating investments within the financial assets market, the investor will get different results. It is accepted that the optimal distribution of the investment portfolio should provide the best return while maintaining the least risk, and the result should be understood as the amount of income received during the period of ownership of the investment portfolio.

An information system to support the decision-making of the securities portfolio has been developed, which allows potential investors to independently assess the effectiveness of the investment portfolio by comparing the growth dynamics of shares available on the financial market. It is known that most of the information encountered by the investor is in tabular format, and according to the methodology of scientific knowledge, people are more receptive to visualized ways of presenting information. The newly created information system uses a visualization process that presents available tabulated information in a structured form of diagrams, graphs, charts.

**Key words:** information and communication technologies; mathematical methods; visualization; risk; portfolio theory; Python.