

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**НН Інститут прикладного системного аналізу  
Кафедра математичних методів системного аналізу**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Оксана ТИМОЩУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Дипломна робота**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Системний аналіз і управління»**

**спеціальності 124 «Системний аналіз»**

**на тему: «Моделі і прогнози ринкових ризиків»**

Виконав:

студент ІV курсу, групи КА-94

Ревенко Ілля Євгенович \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, к.т.н., Тимощук О.Л. \_\_\_\_\_

Консультант з економічного розділу:

Доцент, к.е.н., Рощина Н.В. \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:

Доцент к.ф.-м.н., Статкевич В.М. \_\_\_\_\_

Рецензент:

Доцент, к.т.н., Кисельов Геннадій Дмитрович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**НН Інститут прикладного системного аналізу**  
**Кафедра математичних методів системного аналізу**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 124 «Системний аналіз»

Освітня програма «Системний аналіз і управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Оксана ТИМОЩУК

«\_\_» травня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу студенту**

**Ревенку Іллі Євгеновичу**

1. Тема роботи «**Моделі і прогнози ринкових ризиків**», керівник роботи Тимошук Оксана Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри ММСА, затверджені наказом по університету від «\_\_» лютого 2023 р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом роботи 12.06.2023.
3. Вихідні дані до роботи - Дані про ціни на акції з відкритого датасету на Kaggle, приклади прогнозування фінансових ризиків за допомогою різних моделей та методів.
4. Зміст роботи - Актуальність задач моделювання і прогнозування фінансових процесів та ризиків втрат, Аналіз моделей та методів фінансових ризиків, Моделювання і оцінювання ринкового ризику.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) - Методи боротьби з фінансовими ризиками, Аналіз середньої динаміки цін, Метод Prophet, Модель ARIMA, Ансамблева модель.

6. Консультанти розділів роботи<sup>1\*</sup>

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
економічний	Рощина Н.В., доц., к.е.н.		
нормоконтроль	Статкевич В.М., доцент, к.ф.-м.н		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування тематики дослідження	01.09.2022 – 30.09.2022	виконано
2	Збір інформації	01.03.2023 - 30.03.2023	виконано
3	Вивчення варіантів реалізації	01.04.2023 - 30.04.2023	виконано
4	Розробка методу дослідження даних	01.05.2023 - 15.05.2023	виконано
5	Оформлення дипломної роботи	15.05.2023 - 25.05.2023	виконано
6	Підготовка презентації для захисту	25.05.2023 - 27.05.2023	виконано
7	Отримання допуску до захисту	27.05.2023 - 28.05.2023	виконано
8	Попередній захист дипломної роботи	28.05.2023 - 30.05.2023	виконано
9	Захист дипломної роботи	18.06.2023 - 19.06.2023	виконано

Студент

Ілля РЕВЕНКО

Керівник

Оксана ТИМОЩУК

---

<sup>1\*</sup> Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 115 с., 50 рис., 2 дод., 17 джерела., 6 таблиць.

РИЗИК, РИНКОВИЙ РИЗИК, ВОЛАТИЛЬНІСТЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ,  
АНАЛІЗ, МОДЕЛЬ, СИСТЕМА ПІДТРИМКИ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

На тему: «Моделі і прогнози ринкових ризиків»

Об'єкт дослідження – ринкові процеси та ризики, пов'язані з виконанням фінансових операцій.

Предмет дослідження – методи VaR, CVaR, Prophet та ARIMA аналізу, стохастичні моделі ризику та сценарний аналіз, аналіз ринків ризиків.

Мета роботи – підвищення якості прогнозування ринкових ризиків завдяки автоматизованому процесу для прийняття рішень та аналізу фінансових процесів.

Методи дослідження – методи статистичного аналізу даних з використанням вартісних мір ризику.

В роботі досліджується проблема управління ринковими ризиками у різних компаніях. Розглянуті методи аналізу даних для вимірювання ринкових ризиків.

Виконаний глибокий математичний та прикладний аналіз методів Prophet і ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA).

Новизна роботи – інтегрованість методик Prophet та методу ARIMA та автоматизований процес їх відслідковування.

## ABSTRACT

Diploma work: 115 P., 50 figures, 2 appendices, 17 sources., 6 tables.

RISK, MARKET RISK, VOLATILITY, FORECASTING,  
ANALYSIS, MODEL, DECISION SUPPORT SYSTEM

On the topic: "Models and forecasts of market risks"

Object of study - market processes and risks associated with the implementation of financial transactions.

Subject of research - methods of VaR, CVaR, Prophet and ARIMA analysis, stochastic risk models and scenario analysis, analysis of risk markets.

The purpose of the work is to improve the quality of market risk forecasting through automated process for decision-making and analysis of financial processes.

Research methods - methods of statistical data analysis using cost measures of risk.

The paper investigates the problem of market risk management in different companies. The methods of data analysis for measuring market risks are considered.

An in-depth mathematical and applied analysis of the Prophet and ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) methods is performed. The novelty of the work is the integration of Prophet and ARIMA methods and the automated process of their tracking.

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА РИЗИКІВ ВТРАТ	10
1.1 Актуальність задач моделювання і прогнозування фінансових процесів та ризиків втрат	10
1.2 Суть ринкового ризику	11
1.3 Методи боротьби з фінансовими ризиками	15
1.3.1 Ідентифікація та оцінка ризиків	17
1.3.2 Побудова стратегії відповіді на ризик	19
1.3.3 Впровадження контролю за ризиками	20
1.4 Висновки до розділу 1	21
2 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ	23
2.1 Модель Value at Risk (VaR)	24
2.2 Модель Capital Asset Pricing Model (CAPM)	28
2.3 Метод Prophet	30
2.4 Модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)	31
2.5 Стохастичні моделі ризиків	32
2.6 Сценарний Аналіз	36
2.7 Висновки до розділу 2	38
3 МОДЕЛЮВАННЯ І ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВОГО РИЗИКУ	40
3.1 Вибір та опис датасету	40
3.2 Середня динаміка цін закриття	41
3.3 Первинний аналіз датасету	43

	7
3.4 Prophet	44
3.5 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)	48
3.6 Ансамблева модель Prophet(0.5) + ARIMA(0.5)	52
3.7 Ансамблева модель Prophet(0.7) + ARIMA(0.3)	55
3.8 Розрахунок змін на ринку	59
3.9 Висновки до розділу 3	61
4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ	
62	
4.1 Постановка задачі проектування	63
4.2 Обґрунтування функцій програмного продукту	63
4.3 Обґрунтування системи параметрів програмного продукту	66
4.4 Аналіз експертного оцінювання параметрів	68
4.5 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій	74
4.6 Економічний аналіз варіантів розробки ПП	76
4.7 Вибір кращого варіанту ПП техніко-економічного рівня	82
4.8 Висновки до розділу 4	83
ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	85
ДОДАТОК А	88
ДОДАТОК Б	108

## ВСТУП

Сучасний світ фінансів та інвестицій відзначається постійними змінами та нестабільністю. Ринки стають все більш складними і непередбачуваними, а інвестори та фінансові установи знаходяться перед постійно зростаючими ризиками. У такому середовищі виникає потреба в розробці моделей та прогнозів ринкових ризиків, що дозволить краще розуміти й управляти цими ризиками..

Ми постійно шукаємо нові інструменти та можливості адаптуватися до цих змін. Однак важливо розуміти, що інновації та креативність іноді несуть великий ризик системних збоїв в економічних системах. Востаннє такий сценарій мав місце під час економічної кризи 2008 року, коли економічні системи пережили серйозні збої та нестабільність. Ця криза виникла через надмірний ризик і безгосподарність у фінансовому секторі, що призвело до змін у світовій економіці. Це спричинило збитки для компаній, втрату робочих місць і загальний економічний спад, який мав далекосяжні наслідки для багатьох країн і суспільств.

Моя дипломна робота присвячена темі "Моделі і прогнози ринкових ризиків", де я прагну дослідити сутність, методологію та практичні аспекти аналізу та передбачення ризиків на фінансових ринках. Завданням цього дослідження є створення глибокого уявлення про різні типи ринкових ризиків, їх вплив на фінансові ринки та розробка ефективних моделей та методів прогнозування.

У моїй роботі я буду розглядати такі ключові аспекти, як ринковий ризик, кредитний ризик, ліквіднісний ризик та інші, і досліджувати їх взаємозв'язок та вплив на фінансові ринки. Також зосереджуся на розробці математичних моделей, статистичних методів та інших інструментів, які

можуть бути використані для прогнозування ринкових ризиків та управління ними.

Для досягнення мети моєї дипломної роботи, я буду аналізувати актуальну літературу, проводити емпіричні дослідження, а також використовувати інструменти фінансового моделювання та аналізу даних. Будучи на основі роботи відомих авторів та практиків, я сподіваюся створити високо унікальну теоретичну базу та практичні рекомендації для ефективного управління ринковими ризиками.

Основна мета моєї дипломної роботи полягає в розумінні сутності ринкових ризиків та розробці надійних моделей та прогнозів, що допоможуть фінансовим установам, інвесторам та регуляторам управляти ризиками та приймати обґрунтовані рішення. В цьому контексті я буду зосереджуватися на використанні передових методів та інструментів, а також на їх практичній застосовності.

Очікую, що результати моєї дипломної роботи допоможуть розширити наші знання про ринкові ризики та сприятимуть поліпшенню управління ними. Це дослідження має велике значення для фінансової галузі, оскільки воно сприяє створенню більш стійких та ефективних фінансових систем, які відповідають вимогам сучасного динамічного світу.

# 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА РИЗИКІВ ВТРАТ

## 1.1 Актуальність задач моделювання і прогнозування фінансових процесів та ризиків втрат

Для сучасних підприємців і фінансових установ важливо мати можливість прогнозувати фінансові процеси і оцінювати ризики втрат. Нестабільність на фінансових ринках та зміни у глобальному економічному середовищі створюють складні виклики, які необхідно вирішувати для забезпечення стабільності та прибутковості.

1. **Управління ризиками:** Незалежно від розміру підприємства, управління ризиками є невід'ємною частиною успішного фінансового управління. Ризики можуть походити з різних джерел, включаючи фінансові ринки, зміни в законодавстві, конкуренцію та інші зовнішні фактори. Моделювання ризиків дозволяє ідентифікувати й оцінювати можливі загрози, а також розробляти стратегії та заходи для їх зниження або уникнення. Це важливо для забезпечення стабільності та збалансованості фінансового стану підприємства.
2. **Прогнозування фінансових процесів:** Розуміння майбутнього фінансового стану є важливим для прийняття обґрунтованих рішень щодо інвестицій, фінансового планування та розвитку стратегій. Моделювання фінансових процесів дозволяє прогнозувати дохідність, ліквідність, прибутковість та інші ключові показники, що допомагає підприємствам адаптуватися до змін у ринкових умовах, розробляти ефективні фінансові стратегії та вирішувати проблеми, що виникають.

3. Оцінка інвестиційних можливостей: Прийняття рішень щодо інвестицій є складною задачею, оскільки пов'язане з ризиками та невизначеністю. Моделювання фінансових ризиків допомагає оцінювати потенційні ризики та дохідність інвестиційних проектів, що дає змогу зробити обґрунтований вибір між різними варіантами та мінімізувати ризики втрат.
4. Фінансовий моніторинг: Для підприємств і фінансових установ важливо вести постійний моніторинг фінансових процесів і ризиків. Моделювання дозволяє виявляти потенційні проблеми, зміни у фінансовому стані та ризики з достатньою швидкістю, щоб вжити вчасних заходів для їх запобігання або ліквідації. Це допомагає забезпечити стабільність фінансових операцій та уникнути значних втрат.

Загалом, моделювання і прогнозування фінансових процесів та ризиків втрат допомагають підприємствам і фінансовим установам краще розуміти та управляти їх фінансовим станом, знижувати ризики та приймати обґрунтовані рішення. Це стає надзвичайно важливим у сучасному непередбачуваному і конкурентному фінансовому середовищі, де правильне управління ризиками та прогнозування є ключовими факторами успіху.

## 1.2 Суть ринкового ризику

Відповідно до визначення Національного банку України, ринковий ризик можна описати як наявний або можливий ризик, пов'язаний з можливими негативними змінами у вартості цінних паперів, товарів і курсів іноземних валют. Ці зміни впливають на фінансові надходження та капітал, які вкладені в торговельний портфель. Ринковий ризик також включає

можливу зміну або зниження вартості інвестицій через неконтрольовані фактори ринку. Такі ринкові фактори можуть включати економічний спад, зміни в державній політиці, які впливають на ключові процентні ставки, природні катастрофи, політичні конфлікти, терористичні акти та інші подібні події.

Ринковий ризик виникає внаслідок незапланованих змін у ринкових умовах, які можуть мати негативний вплив на фінансові результати підприємства або інвестора. Ринковий ризик може мати різні аспекти, і краще розуміння цих аспектів дозволить ефективно управляти ним і знизити його негативний вплив.

Основні аспекти ринкового ризику включають:

**Ринкові ціни:** Зміна ринкових цін на товари, послуги або активи може мати великий вплив на фінансові показники підприємства. Це може включати зміни вартості сировини, цін на енергію, ціни на фінансові інструменти та інші фактори, що визначають ринкову ціну. Ринкові тренди та аналіз для прогнозування можливих змін у цінах, дозволяють виявити можливі ризики і підготуватися до них.

**Валютний ризик:** В сучасному глобалізованому світі, зміни валютних курсів можуть значно впливати на фінансові результати підприємства або інвестора. Зміни валютних курсів можуть призводити до змін у вартості іноземних валют, що має наслідком зміну вартості активів або збитків через конвертацію валют. Аналізу валютних ринків та прогнозування допомагають у визначенні можливого валютного ризику та розробки стратегій його управління.

**Ринкова ліквідність:** Ліквідність ринку визначається наявністю готівки або можливістю швидко продати або купити активи за поточними ринковими цінами. Зміни в ринковій ліквідності можуть призводити до змін вартості активів або можливості їх продажу. Дослідження ринкової ліквідності та

оцінка можливих ризиків, пов'язаних з ліквідністю ринку допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо управління активами.

Ринкові тенденції: Звернення уваги на ринкові тенденції, такі як економічні, політичні та соціокультурні зміни, які можуть впливати на фінансові ринки, є важливим аспектом аналізу. Аналітик проводить моніторинг новин та аналізує зміни в ринкових умовах з метою виявлення можливих ризиків та можливостей. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій та управління портфелем, допомагаючи уникнути негативних наслідків та використати потенційні переваги ринку.

Для розуміння суті ринкових ризиків можна використати поняття "Премія за ринковий ризик" або "Market Risk Premium". Це додатковий прибуток, який інвестор отримує або очікує отримати, утримуючи ризикований ринковий портфель замість безризикових активів. Ця премія є частиною моделі ціноутворення капіталу (CAPM) і використовується аналітиками та інвесторами для розрахунку прийнятної норми прибутку для інвестицій.

Замість припущення, що майбутні ринки акцій будуть схожі на минулі, прогнозовані премії за ринок можна розрахувати, враховуючи структурні зміни на ринках акцій. Це означає, що дослідники та інвестори можуть використовувати наявні знання та прогнози для модифікації або заміни історичних даних і отримання більш точних прогнозів.

Розрахунок Market Risk Premium можна здійснити двома способами: за допомогою історичних даних або прогнозованих значень. Для прогнозування премії за ринковий ризик потрібно спочатку оцінити очікувану рентабельність ринку, що базується на прогнозах аналітиків щодо вільного грошового потоку ринку до власників акцій.

Оцінка очікуваної рентабельності ринку (Market Value):

Методологія оцінки очікуваної рентабельності ринку може варіюватись, але один зі способів - використання прогнозів аналітиків щодо вільного грошового потоку ринку до власників акцій.

Формула ринкової вартості:

$$\text{Market Value} = \text{Free Cash Flow to Equity Holders} / (\text{Cost of Equity} - \text{Growth})$$

Де:

Free Cash Flow to Equity Holders - вільний грошовий потік до власників акцій;

Cost of Equity - вартість власного капіталу;

Growth - показник росту.

Визначення вартості власного капіталу (Cost of Equity):

Формула вартості власного капіталу залежить від розрахунку Market Value та росту (Growth).

Формула вартості власного капіталу:

$$\text{Cost of Equity} = \text{Free Cash Flow to Equity Holders} / (\text{Market Value} + \text{Growth})$$

Де:

Free Cash Flow to Equity Holders - вільний грошовий потік до власників акцій;

Market Value - ринкова вартість акцій;

Growth - показник росту.

Визначення безризикової ставки:

Безризикова ставка зазвичай вважається поточним показником майбутніх безризикових ставок.

Розрахунок Market Risk Premium:

$$\text{Market Risk Premium} = \text{Cost of Equity} - \text{Risk-Free Rate}$$

Де:

Cost of Equity - вартість власного капіталу;

Risk-Free Rate - безризикова ставка.

Отже, розрахунок Market Risk Premium включає в себе оцінку очікуваної рентабельності ринку (Market Value), вартості власного капіталу (Cost of Equity) і врахування безризикової ставки (Risk-Free Rate).

Ринковий ризик неможливо повністю уникнути, але правильне його управління може допомогти знизити його негативний вплив. Використання методів моделювання та прогнозування фінансових процесів, аналіз ринкових даних та стратегічне планування для ефективного управління ринковим ризиком відіграють значну роль у забезпеченні успішного фінансового результату.

### 1.3 Методи боротьби з фінансовими ризиками

Компаніям необхідно визначитися з типом ризику та стратегією щодо нього. Вибір інструменту залежить від рівня знань та ефективності. Розуміння методів управління ризиками важливо для керівного складу. Компанії можуть керувати різними типами ризиків за допомогою різних методів або стратегій.

Цикл управління ризиками СІМА показує контрольний цикл, починаючи з визначення ризиків та закінчуючи контролем. Політика керівництва вказує на типи ризиків та загальне бажання компанії до ризиків. Відправна точка - розуміння діапазону та типу ризиків, які впливають на стратегічні цілі компанії та їх взаємозв'язок. (Рисунок 1.1)

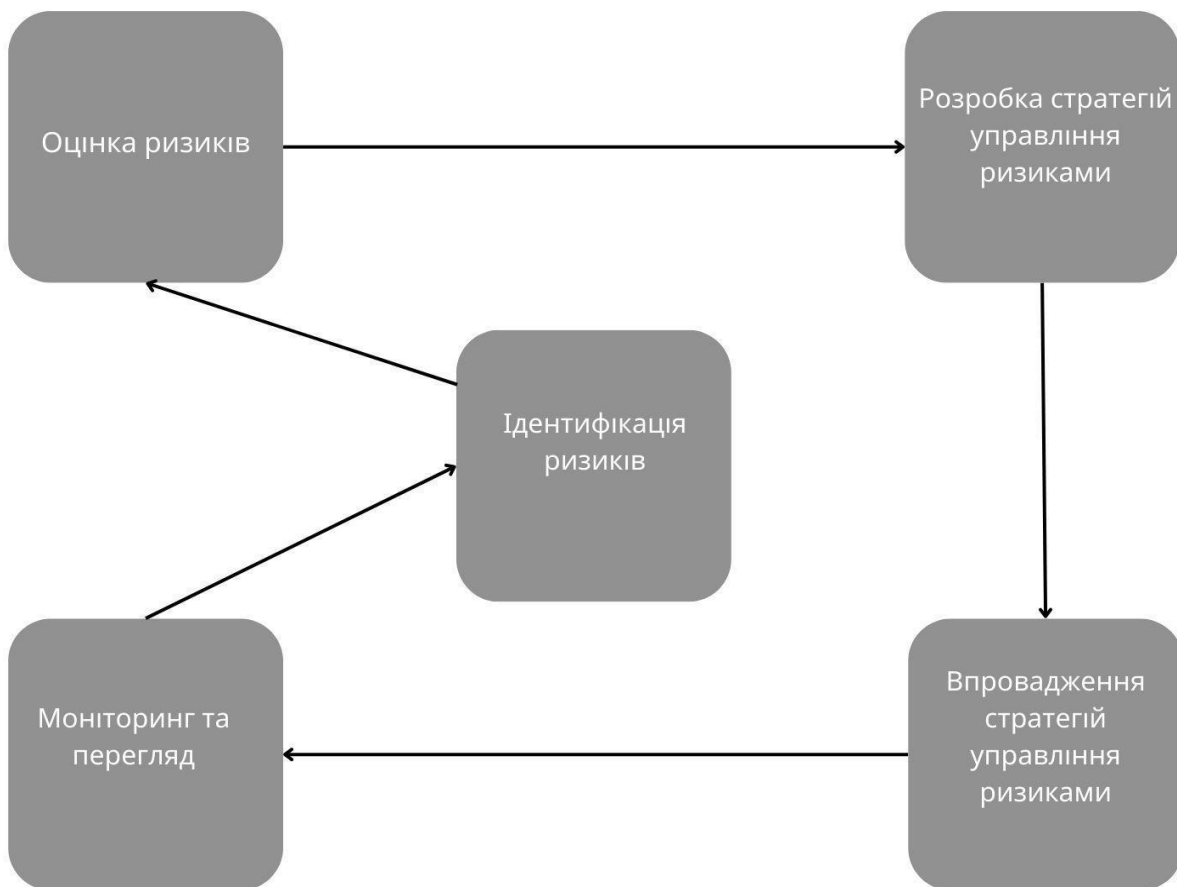


Рисунок 1.1

Цикл управління ризиками СІМА (Chartered Institute of Management Accountants) включає наступні етапи:

1. Ідентифікація ризиків: Перший крок полягає в визначенні потенційних ризиків, які можуть вплинути на організацію. Це може включати фінансові ризики, ризики зміни ринкових умов, оперативні ризики та інші фактори, які можуть створювати небезпеку.
2. Оцінка ризиків: На цьому етапі ризики аналізуються з точки зору ймовірності виникнення та впливу на організацію. Використовуються різні методи оцінки ризиків, такі як аналіз ймовірності, важливості та можливих наслідків.
3. Розробка стратегій управління ризиками: Після оцінки ризиків розробляються стратегії та плани, спрямовані на управління та

зменшення ризиків. Це може включати прийняття заходів для запобігання ризикам, перенесення ризиків на страхувальників, розробку контрольних механізмів та інші заходи.

4. Впровадження стратегій управління ризиками: На цьому етапі вживаються практичні кроки для реалізації стратегій управління ризиками. Це може включати впровадження контрольних процедур, навчання персоналу, забезпечення належного моніторингу та звітності.
5. Моніторинг та перегляд: Останній етап циклу управління ризиками включає постійне моніторинг ризиків та їх перегляд. Використовуються ключові показники ризику та інші інструменти для виявлення змін в ризиковому середовищі та потенційних нових ризиків.

Цей цикл управління ризиками СІМА є ітеративним процесом, що дозволяє організаціям ефективно виявляти, оцінювати та керувати ризиками з метою забезпечення стійкості та успішності.

### 1.3.1 Ідентифікація та оцінка ризиків

У цьому підрозділі акцентується увага на процесі ідентифікації та оцінки ризиків, що становлять важливу частину фінансового управління. Ідентифікація ризиків полягає в визначенні потенційних небезпек, які можуть вплинути на фінансову діяльність організації. Для цього використовуються різноманітні методи, включаючи аналіз попередніх подій, експертні оцінки, опитування зацікавлених сторін, аналіз статистичних даних та дослідження ринку.

Після ідентифікації ризиків проводиться їх оцінка. Цей процес включає визначення ймовірності появи ризикових подій та їх потенційного впливу на

фінансові результати та цілі організації. Для оцінки ризиків можуть використовуватися різні підходи, включаючи кількісні методи, такі як статистичний аналіз, моделювання ризиків, сценарний аналіз та інші.

Одним із популярних методів оцінки ризиків є аналіз відносної важливості ризиків. Цей підхід дозволяє визначити, які ризики мають найбільший вплив на фінансову діяльність організації та потребують особливої уваги. Для цього ризики оцінюються за такими критеріями, як ймовірність виникнення, потенційний збиток або втрата, термін виявлення та інші.

Додатково, можуть використовуватися такі методи, як аналіз чутливості, деривативний аналіз, матриця ризиків та інші. Ці методи допомагають зрозуміти, як різні фактори та змінні впливають на фінансові результати та які ризики є найбільш значущими.

Важливою складовою ідентифікації та оцінки ризиків є також розробка системи реєстрації та документування ризиків. Це дозволяє зберігати інформацію про ідентифіковані ризики, їх характеристики, оцінки та прийняті заходи з управління ризиками. Така система створює базу даних для подальшого аналізу та планування стратегій управління ризиками.

Отже, ідентифікація та оцінка ризиків є важливим етапом управління фінансовими ризиками. Вона дозволяє компанії зрозуміти потенційні небезпеки та їх вплив на фінансові результати, що є важливим для прийняття ефективних рішень щодо управління ризиками та захисту фінансових інтересів організації.

### 1.3.2 Побудова стратегії відповіді на ризик

Побудова стратегії відповіді на ризик є важливим етапом управління фінансовими ризиками, оскільки вона визначає шляхи та заходи, які необхідно прийняти для зменшення негативного впливу ризиків на фінансові результати організації.

Першим кроком у побудові стратегії є визначення цілей, які організація прагне досягти в умовах ризику. Ці цілі повинні бути конкретними, вимірюваними, досяжними, релевантними та часово обмеженими (SMART-принцип). Вони визначаються з урахуванням потенційних загроз та можливостей, які можуть виникнути внаслідок ризиків.

Далі слід провести аналіз альтернативних стратегій відповіді на ризик. Це включає ідентифікацію різних можливих шляхів зменшення ризиків, їх вартості та ефективності. Важливо враховувати ресурси, які можуть бути витрачені на реалізацію кожної стратегії, а також потенційний вплив на фінансову діяльність та стабільність організації.

Після аналізу альтернативних стратегій слід вибрати найбільш оптимальну стратегію відповіді на ризик. Це вимагає оцінки ризиків, їх важливості та ймовірності виникнення, а також врахування фінансових та операційних обмежень організації. Вибрана стратегія повинна бути націлена на зниження ризиків до прийнятного рівня та забезпечення фінансової стабільності.

Після вибору стратегії необхідно розробити план її реалізації. Це включає визначення необхідних ресурсів, встановлення відповідальних осіб, визначення термінів та критеріїв успішності. План повинен бути чітким, реалістичним та враховувати всі необхідні аспекти для ефективного управління ризиками.

Останнім етапом є впровадження обраної стратегії та контроль за її реалізацією. Це передбачає впровадження необхідних заходів, моніторинг їх ефективності та вчасне внесення коригувань у разі необхідності. Контроль за ризиками дозволяє забезпечити виконання запланованих стратегій та досягнення визначених цілей управління ризиками.

Побудова стратегії відповіді на ризик є важливим елементом ефективного управління фінансовими ризиками. Цей процес дозволяє організації зрозуміти, як ефективно реагувати на ризики та забезпечити стійкість своєї фінансової діяльності в змінних умовах ринку та оточуючого середовища.

### 1.3.3 Впровадження контролю за ризиками

Впровадження контролю за ризиками є важливим кроком у процесі управління фінансовими ризиками. Цей етап включає в себе прийняття конкретних заходів та механізмів для виявлення, оцінки, моніторингу та управління ризиками в організації.

Першим кроком у впровадженні контролю за ризиками є встановлення системи ідентифікації ризиків. Це означає визначення методів та процедур для виявлення потенційних ризиків, які можуть впливати на фінансову діяльність організації. Це може включати аналіз історичних даних, проведення експертних оцінок та використання інших інструментів для ідентифікації ризиків.

Після ідентифікації ризиків проводиться оцінка їх важливості та ймовірності виникнення. Це дозволяє визначити, які ризики потребують найбільшої уваги та ресурсів для їх управління. Оцінка ризиків зазвичай

здійснюється на основі аналізу статистичних даних, експертних оцінок та використання різних моделей та методів.

Далі слід розробити план дій для управління ризиками. Це включає в себе визначення конкретних заходів та стратегій для зменшення ризиків, встановлення відповідальних осіб, визначення термінів та визначення критеріїв успішності. План дій повинен бути реалістичним, конкретним та розробленим з урахуванням потенційних ризиків організації.

Після впровадження плану дій необхідно встановити систему моніторингу ризиків. Це включає в себе постійне спостереження за ризиковими факторами, виявлення змін у ризиковому середовищі та оцінку ефективності заходів, прийнятих для управління ризиками. Моніторинг може здійснюватися за допомогою регулярних аналізів, звітів та оцінок результатів.

Останнім етапом є вжиття заходів для керування ризиками. Це включає в себе прийняття відповідних коригувань у стратегіях та заходах, що вживаються для управління ризиками, на основі результатів моніторингу та оцінки. Зміни можуть включати в себе вдосконалення процесів, впровадження нових заходів або зміну підходу до управління ризиками залежно від ситуації.

Впровадження контролю за ризиками дозволяє організації ефективно виявляти, оцінювати та управляти фінансовими ризиками. Це допомагає забезпечити стійкість фінансової діяльності організації, мінімізувати втрати та досягнути поставлених фінансових цілей.

#### 1.4 Висновки до розділу 1

У розділі 1 було розглянуто актуальність задач моделювання і прогнозування фінансових процесів та ризиків втрат. В сучасному світі, де

фінансові ринки стають все більш складними і непередбачуваними, важливість моделювання та прогнозування стає необхідністю для ефективного управління фінансовими ризиками.

Особлива увага була приділена розумінню сутності ринкового ризику. Ринковий ризик відображає можливість збитків, що виникають в результаті коливань ринкових умов та непередбачуваних змін. Розуміння цього ризику є важливим елементом для розробки ефективних стратегій боротьби з фінансовими ризиками.

Далі, у розділі було розглянуто методи боротьби з фінансовими ризиками. Ідентифікація та оцінка ризиків відіграють ключову роль у процесі управління ризиками. Цей етап дозволяє виявити потенційні ризики та оцінити їх важливість та ймовірність виникнення. Побудова стратегії відповіді на ризик включає розробку конкретних заходів та стратегій для зменшення ризиків і впровадження плану дій, який враховує потенційні ризики організації. Впровадження контролю за ризиками відіграє важливу роль у процесі управління ризиками, забезпечуючи систему ідентифікації ризиків, оцінку їх важливості та ймовірності, розробку плану дій та вжиття заходів для керування ризиками.

Розділ 1 показав, що розуміння, ідентифікація та оцінка ризиків, побудова стратегії відповіді та впровадження контролю є важливими етапами управління фінансовими ризиками.

## 2 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ

У сучасному світі фінансові ризики є невід'ємною частиною будь-якої фінансової діяльності. Вони являють собою можливість втрат або непередбачуваних змін в результаті фінансових операцій або зовнішніх факторів, що впливають на фінансові ринки.

Моделі фінансових ризиків є важливим інструментом для розуміння, вимірювання та управління ризиками у фінансовому менеджменті. Вони дозволяють фахівцям з фінансового менеджменту аналізувати та прогнозувати можливі наслідки фінансових ризиків, а також приймати обґрунтовані рішення щодо управління ними.

Основною метою моделювання фінансових ризиків є розробка математичних і статистичних моделей, які враховують важливі фактори, що впливають на ризик, і дозволяють прогнозувати його вплив на фінансову діяльність. Це допомагає фахівцям з фінансового менеджменту бути готовими до можливих ризиків і приймати раціональні рішення для зменшення їхнього впливу.

У цьому розділі будуть розглянуті деякі ключові моделі фінансових ризиків, які широко використовуються на практиці. Серед них буде модель Value at Risk (VaR), яка дозволяє з певним рівнем достовірності визначити максимально можливі втрати портфеля або фінансової установи. Також буде розглянута Capital Asset Pricing Model (CAPM), яка використовується для оцінки ризику та визначення оптимального співвідношення між ризиком та доходністю. Крім того, будуть розглянуті метод Prophet, модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) та стохастичні моделі, які враховують невизначеність та випадковість фінансових ринків.

Розуміння та використання цих моделей дозволить фахівцям з фінансового менеджменту більш об'єктивно оцінювати ризики, приймати

обґрунтовані рішення щодо управління ними та забезпечувати стабільність фінансових процесів. У наступних розділах будуть детальніше розглянуті кожні з цих моделей та їх застосування в практичних ситуаціях фінансового менеджменту.

## 2.1 Модель Value at Risk (VaR)

Модель Value at Risk (VaR) є однією з найбільш поширених і використовуваних моделей для вимірювання ризику в фінансовому управлінні. Вона дозволяє оцінити максимальну можливу збитковість портфеля або фінансової установи з певним рівнем довіри протягом певного періоду часу.

Ідея VaR полягає в тому, щоб визначити максимальну можливу втрату, яку може зазнати портфель або фінансова установа в результаті небажаного руху цін або ринкових змін. Вона виражається в грошовому еквіваленті або відсотках від вартості портфеля.

Одна з ключових переваг моделі VaR полягає в тому, що вона надає кількісну міру ризику, яка дозволяє порівнювати ризики різних портфелів або фінансових установ. Крім того, VaR може бути використана для прийняття рішень щодо управління ризиком, таких як встановлення лімітів ризику, розробка стратегій ризикового управління та вибір оптимального рівня довіри.

Проте важливо зазначити, що VaR має свої обмеження. Вона ґрунтується на припущеннях про нормальний розподіл дохідності активів, яке може не враховувати екстремальні події або хвильові коливання на ринках. Крім того, VaR не вказує на можливі збитки, які можуть виникнути за межами визначеного періоду часу.

У практичному застосуванні, VaR використовується фінансовими установами, інвестиційними фондами, трейдерами та іншими суб'єктами фінансового ринку для оцінки ризику та прийняття рішень щодо управління портфелем. Ця модель є важливим інструментом у сучасному фінансовому управлінні, сприяючи зменшенню можливих збитків і забезпеченню фінансової стабільності.

Існують різні методи розрахунку VaR:

Параметричний метод, також відомий як метод дисперсії-коваріації, базується на припущенні нормального розподілу доходності активів. Він використовує середнє значення та дисперсію доходності для визначення VaR.

Параметричний VaR обчислюється за формулою:

$$VaR = \alpha \times \sigma \times \text{ВП} \times \sqrt{N},$$

де  $\alpha$  – квантиль довірчого інтервалу;

$\sigma$  – волатильність;

ВП – відкрита позиція;

N – період прогнозу.

Базельський комітет рекомендує включати у моделі оцінки фінансових ризиків довірчий інтервал на рівні 99%, однак у країнах з перехідною економікою вважається достатнім використовувати довірчий інтервал на рівні 95%. Для цього рівня довірчого інтервалу значення квантиля дорівнює 1.96.

Історичний метод використовує історичні дані доходності активів для визначення VaR. Він вибирає найнижчі значення доходності, що відповідають заданому довірчому інтервалу, і використовує їх для розрахунку VaR.

Процес розрахунку VaR за допомогою історичного методу передбачає наступні кроки:

1. Збір історичних даних: Спочатку необхідно зібрати історичні дані про доходності активів або портфелів. Ці дані можуть бути щоденними, щомісячними або іншими періодичними значеннями.

2. Сортування даних: Зібрані дані сортуються в порядку зростання або спадання.
3. Визначення довірчого інтервалу: Встановлюється рівень довіри, який обирається відповідно до потреб і вимог моделі. Наприклад, можна використовувати довірчий інтервал на рівні 95%.
4. Вибір квантиля: За допомогою довірчого інтервалу визначається квантиль розподілу, який відповідає цьому довірчому інтервалу. Для довірчого інтервалу на рівні 95% квантиль дорівнює 1,96.
5. Обчислення VaR: Для розрахунку VaR за історичним методом вибираються дані, які відповідають квантилю розподілу. Зазвичай, використовуються найнижчі значення дохідності, що належать до квантиля, визначеного довірчим інтервалом. Це означає, що VaR визначається як втрата, яка не буде перевищувати це нижче визначене значення.

Історичний метод привабливий тим, що він використовує реальні дані, а не базується на припущеннях щодо розподілу дохідності. Однак, він має певні обмеження, такі як нездатність передбачити майбутні зміни ринкових умов та врахувати екстремальні події, які можуть вплинути на ризики. Тому використання історичного методу повинно супроводжуватися іншими підходами та моделями для більш точної оцінки фінансових ризиків.

Метод Монте-Карло використовує комп'ютерне моделювання для створення великої кількості сценаріїв дохідності активів. Він генерує випадкові значення для факторів ризику та розраховує VaR шляхом спостереження за розподілом отриманих траєкторій.

Процес розрахунку Value at Risk (VaR) за допомогою методу Монте-Карло включає наступні кроки:

1. Визначення моделі: Спочатку необхідно вибрати або розробити математичну модель, яка описує поведінку активів або портфеля. Ця модель повинна враховувати ризикові фактори та їх взаємозв'язок.

2. Генерація випадкових сценаріїв: Використовуючи введені ризикові фактори, створюються випадкові сценарії для кожного фактора. Ці сценарії можуть бути згенеровані на основі історичних даних або використовуючи статистичні розподіли.
3. Моделювання дохідності: Для кожного випадкового сценарію обчислюється відповідна дохідність активів або портфеля згідно з обраною моделлю. Цей крок включає розрахунок цільової функції або інших параметрів, які характеризують ризик.
4. Акумуляція результатів: За допомогою випадкових сценаріїв та їх відповідних дохідностей обчислюється розподіл можливих результатів. Це може включати розрахунок середнього значення, стандартного відхилення та квантилей розподілу.
5. Розрахунок VaR: За допомогою отриманого розподілу результатів можна розрахувати Value at Risk. Зазвичай VaR визначається як квантиль розподілу з визначеним рівнем довіри, наприклад, 95% або 99%.
6. Інтерпретація та аналіз результатів: Отримані значення VaR використовуються для прийняття рішень щодо керування ризиками. Аналізується ступінь вразливості портфеля до ризиків та розглядаються можливі стратегії для зменшення ризиків.

Метод Монте-Карло є потужним і гнучким інструментом, оскільки він дозволяє враховувати складні залежності та екстремальні події, які не враховуються в інших методах оцінки ризиків. Водночас, він вимагає значної обчислювальної потужності та часу для проведення великої кількості симуляцій. Через сукупність цих факторів даний метод не підходить для вирішення нашої задачі.

## 2.2 Модель Capital Asset Pricing Model (CAPM)

Модель Capital Asset Pricing Model (CAPM) є однією з найвідоміших та найширше використовуваних моделей оцінки фінансових активів. Вона надає інвесторам можливість оцінювати вартість активів, робити розрахунки щодо дохідності та ризиків, а також встановлювати відповідні ціни для активів.

Основна ідея CAPM полягає в тому, що дохідність активу залежить від двох факторів: безризикової ставки дохідності та премії за ризик, пов'язаного з ринковим ризиком. CAPM виражається за допомогою наступного рівняння:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i * (E(R_m) - R_f),$$

де:

$E(R_i)$  - очікувана дохідність активу  $i$ ,

$R_f$  - безризикова ставка дохідності,

$\beta_i$  - бета-коефіцієнт активу  $i$ ,

$E(R_m)$  - очікувана дохідність ринку.

Бета-коефіцієнт ( $\beta_i$ ) визначає міру чутливості дохідності активу до загального ринкового ризику. Він вимірює, як актив реагує на рухи ринку. Якщо  $\beta_i > 1$ , то актив є більш чутливим до ринкових змін. Зворотно, якщо  $\beta_i < 1$ , то актив менш чутливий до ринкових змін.

Безризикова ставка дохідності ( $R_f$ ) відображає очікувану дохідність безризикового активу, такого як державні облігації. Це ставка, яку інвестор отримує за ризиковим вкладенням, яке вважається безризиковим.

Очікувана дохідність ринку ( $E(R_m)$ ) відображає очікувану середню дохідність ринкового портфеля активів. Вона включає в себе ризик та дохідність всього ринку.

Діаграма CAPM (Рисунок 2.1), відома як Security Market Line (SML), візуалізує взаємозв'язок між дохідністю активу та його систематичним ризиком. Вона відображає бета-коефіцієнт по горизонтальній осі та очікувану

дохідність по вертикальній осі. SML має позитивний нахил, що відображає премію за ризик. Активи, які лежать вище SML, вважаються недооціненими, тоді як активи, які знаходяться нижче SML, вважаються переоціненими.

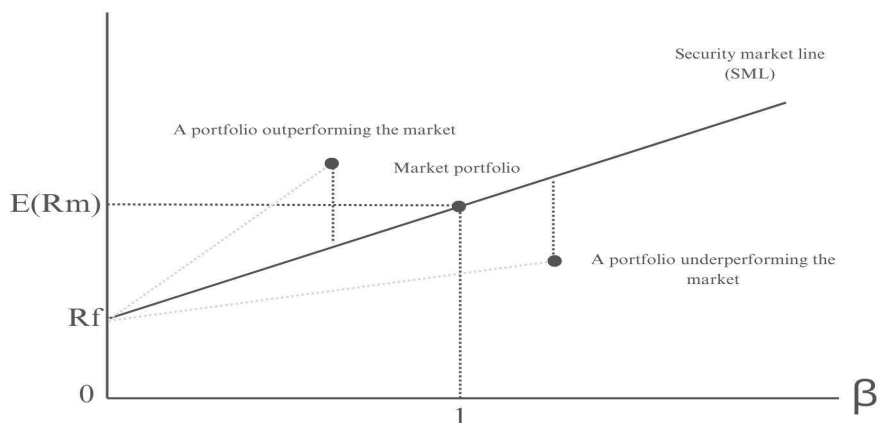


Рисунок 2.1

Використання CAPM допомагає інвесторам приймати рішення щодо вибору та оцінки активів. Вона також застосовується у портфельному управлінні для визначення оптимального співвідношення активів у портфелі, враховуючи їх дохідність та ризики.

Варто зауважити, що CAPM має свої обмеження і припущення. Вона базується на ефективній ринковій гіпотезі, яка вважає, що ринок є ефективним і всі публічно доступні інформації враховуються в цінах активів. Крім того, CAPM передбачає лінійну залежність між ризиком та дохідністю активів, що може бути спростовано в реальних ринкових умовах.

Як і всі моделі оцінки, CAPM має свої обмеження, оскільки деякі припущення, які вона використовує, є ідеалістичними. Наприклад, бета-коефіцієнти є непередбачуваними, змінюються з часом, відображають лише системний ризик, а не загальний ризик.

Хоча ця модель не відповідає нашим вимогам, вона є широко використовуваною для оцінки цінних паперів.

## 2.3 Метод Prophet

Метод Prophet є потужним інструментом для прогнозування часових рядів, зокрема ринкових ризиків. Він був розроблений командою Facebook з метою надання простого та ефективного рішення для прогнозування складних тенденцій та сезонності в даних.

Основна ідея за методом Prophet полягає в тому, щоб моделювати часові ряди, використовуючи адитивну модель з трендом, сезонністю та компонентою змінності. Завдяки своїй гнучкості та автоматичному аналізу даних, Prophet дозволяє прогнозувати різні типи часових рядів, включаючи дані зі змінною трендом, нелінійність та аномалії.

Процес використання методу Prophet включає наступні кроки:

1. Підготовка даних: Дані повинні бути відформатовані у відповідний часовий ряд, який містить дату та значення. Пропуски в даних можуть бути заповнені або виключені з аналізу в залежності від потреби.
2. Визначення моделі: Prophet автоматично визначає сезонність та тренд в даних. Також можна вказати додаткові фактори, такі як святкові дні або події, що можуть вплинути на прогноз.
3. Налаштування параметрів: Метод Prophet має ряд налаштовуваних параметрів, які можна використовувати для кращого врахування особливостей даних. Наприклад, можна змінювати розмір сезонної компоненти або включати змінну регресії.
4. Прогнозування: Після налаштування моделі можна здійснювати прогнози на майбутній період. Prophet надає зручний інтерфейс для створення прогнозів та візуалізації результатів.

Використання методу Prophet дозволяє отримати достатньо точні прогнози ринкових ризиків, що дозволяє фінансовим установам та інвесторам приймати обґрунтовані рішення на основі передбачуваності ринку.

Важливо зауважити, що для успішного використання методу Prophet потрібно мати належне розуміння статистичних методів та принципів прогнозування. Також рекомендується докладно ознайомитися з документацією та прикладами використання методу Prophet, які надаються командою Facebook, для кращого розуміння його можливостей та налаштування.

## 2.4 Модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)

Модель авторегресії зі змінною середньою (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) є однією з найпоширеніших моделей прогнозування часових рядів. ARIMA поєднує в собі три основні компоненти: авторегресію (AR), рухомий середній (MA) і інтеграцію (I).

Основна ідея ARIMA полягає в тому, щоб зробити часовий ряд стаціонарним шляхом видалення тренду та сезонності. Для досягнення цього мети використовуються операції диференціювання та зваженого усереднення. Після цього модель ARIMA може бути застосована для прогнозування на основі попередніх значень та похибок.

Основні компоненти ARIMA:

1. Авторегресія (AR): В даному компоненті прогнозування залежить від попередніх значень самого часового ряду. Кількість попередніх значень, що використовуються, визначається параметром "p".
2. Рухомий середній (MA): Цей компонент враховує попередні похибки прогнозу для прогнозування майбутніх значень. Кількість попередніх похибок, що використовуються, визначається параметром "q".

3. Інтеграція (I): Цей компонент використовується для зроблення часового ряду стаціонарним шляхом диференціювання. Кількість диференціювань, що використовуються, визначається параметром "d".

ARIMA модель може мати різні комбінації параметрів (p, d, q), що впливають на її точність та здатність прогнозувати часовий ряд. Підбір оптимальних параметрів може вимагати аналізу даних, використання статистичних методів та експертного досвіду.

ARIMA модель може бути використана для прогнозування різних фінансових ризиків, таких як цінові ризики, валютні ризики, ризики вкладень тощо. Вона є ефективним інструментом для аналізу та прогнозування часових рядів у фінансовій сфері.

## 2.5 Стохастичні моделі ризиків

Стохастичні моделі ризиків використовуються для моделювання невизначеності та змінливості фінансових ризиків. Ці моделі враховують стохастичні фактори, такі як волатильність ринку, зміни процентних ставок, валютних курсів тощо, які впливають на цінові рухи фінансових інструментів. Розглянемо ці моделі більш детально:

Модель Гарша-Брауна-Манделяброта (GBM):

Модель Гарша-Брауна-Манделяброта (GBM) є однією з найбільш поширених моделей у фінансовій аналітиці для моделювання цін на фінансові активи, такі як акції, валюти, товари тощо. Ця модель базується на стохастичному процесі, який дозволяє враховувати випадкову природу коливань цін.

Основна ідея моделі GBM полягає в тому, що ціна активу в майбутньому залежить від його поточної ціни та стохастичного руху. Математично GBM визначається наступним диференціальним рівнянням:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dW$$

де:

$dS$  - зміна ціни активу

$S$  - ціна активу

$\mu$  - середня дохідність активу

$dt$  - диференціал часу

$\sigma$  - волатильність активу

$dW$  - диференціал Wiener'a (стохастичний процес, що моделює випадкові зміни)

Це стохастичне диференціальне рівняння Блека-Шоулза описує залежність між зміною ціни активу, його поточною ціною, середнім приростом і випадковим шумом. Часто GBM також використовується для моделювання прибутків

Модель ARMA-GARCH (Autoregressive Moving Average - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) є популярною стохастичною моделлю, яка використовується для моделювання та прогнозування фінансових ризиків. Вона комбінує ARMA модель для моделювання залежностей в часовому ряді та GARCH модель для моделювання змінливості (гетероскедастичності) в ряді.

ARMA модель використовується для опису автокореляційних та коваріаційних залежностей в часовому ряді. Вона складається з двох основних компонентів: авторегресійної (AR) компоненти, що враховує попередні значення ряду, та ковзного середнього (MA) компоненти, що враховує попередні значення помилок моделі. ARMA модель може бути записана у вигляді:

$$y_t = c + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \Theta_1 \varepsilon_{t-1} + \Theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \Theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

де:

$y_t$  - значення ряду в момент часу  $t$

$c$  - константа

$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$  - параметри авторегресійної компоненти

$y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$  - попередні значення ряду

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$  - параметри ковзного середнього компоненти

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$  - попередні значення помилок моделі

$\varepsilon_t$  - поточне значення помилки моделі, яке вважається нормально розподіленим з нульовим середнім та дисперсією  $\sigma^2$ .

GARCH модель використовується для моделювання змінливості в часовому ряді. Вона базується на уявленні, що дисперсія ряду залежить від попередніх значень помилок моделі та квадратів попередніх значень ряду.

GARCH модель може бути записана у вигляді:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \beta_2 \sigma_{t-2}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

де:

$\sigma_t^2$  - дисперсія ряду в момент часу  $t$

$\omega$  - початкове значення дисперсії

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  - параметри, що визначають вплив попередніх значень помилок моделі

$\varepsilon_{t-1}^2, \varepsilon_{t-2}^2, \dots, \varepsilon_{t-p}^2$  - квадрати попередніх значень помилок моделі

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$  - параметри, що визначають вплив попередніх значень дисперсії

$\sigma_{t-1}^2, \sigma_{t-2}^2, \dots, \sigma_{t-q}^2$  - попередні значення дисперсії ряду.

ARMA-GARCH модель комбінує ARMA та GARCH моделі, використовуючи ARMA модель для моделювання залежностей в часовому ряді, а GARCH модель - для моделювання змінливості в ряді. Ця модель

дозволяє враховувати як автокореляційні залежності, так і змінливість ряду, що є важливими аспектами фінансових ризиків.

Застосування ARMA-GARCH моделі включає прогнозування вартості активів, оцінку ризиків портфельів, моделювання волатильності фінансових рядів та інші фінансові аналізи. Ця модель дозволяє краще розуміти та прогнозувати зміни цін та волатильності на фінансових ринках, що допомагає приймати обґрунтовані рішення управління ризиками та інвестиціями.

Наступна діаграма показує загальну структуру ARMA-GARCH моделі (Рисунок 2.2):

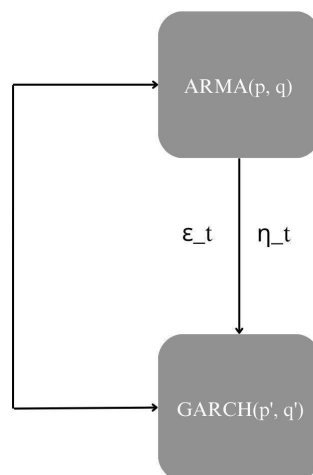


Рисунок 2.2

ARMA-GARCH модель складається з ARMA компоненти, яка моделює залежності в часовому ряді, та GARCH компоненти, яка моделює змінливість ряду. Помилки моделі ARMA-GARCH ( $\epsilon_t$ ) використовуються як вхідні дані для GARCH моделі, що дозволяє прогнозувати дисперсію ряду ( $\sigma_t^2$ ).

Таким чином, ARMA-GARCH модель є потужним інструментом для аналізу фінансових ризиків, оскільки вона дозволяє моделювати як

залежності в часовому ряді, так і змінність цього ряду. Використання формул, діаграм та зображень допомагає краще розуміти та використовувати цю модель для прогнозування ризиків та прийняття рішень на фінансових ринках.

Модель множинної регресії:

Модель множинної регресії використовується для аналізу взаємозв'язку між різними факторами та ризиками. Вона допомагає виявити вплив різних змінних на результати інвестиційних рішень. Формула моделі множинної регресії має наступний вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

де:

$Y$  - залежна змінна (наприклад, дохідність портфеля)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  - коефіцієнти регресії

$x_1, x_2, \dots, x_n$  - незалежні змінні (фактори ризику)

$\varepsilon$  - помилка моделі

## 2.6 Сценарний Аналіз

Сценарний аналіз використовується, щоб дослідити можливі наслідки різних сценаріїв на фінансовий стан компанії. Будуть обрані різні сценарії, які вважаються важливими для організації. Ці сценарії можуть включати будь-які події, які можуть мати відношення до обраної організації. Наприклад, можна дослідити сценарій, в якому фондовий ринок знижується на 94%, або сценарій, в якому втрачено ключового інвестора. Також можна дослідити сценарії, пов'язані з змінами в обмінному курсі, процентних ставках та інші.

Розглянемо основні кроки сценарного аналізу.

1. Визначення сценаріїв: Сценарії визначаються на основі різних факторів, що впливають на фінансові результати, таких як зміни валютних курсів, процентних ставок, економічні чинники тощо. Важливо враховувати різноманітні можливі варіанти, які можуть виникнути.
2. Моделювання сценаріїв: Для кожного сценарію створюються математичні моделі, які враховують залежність між різними факторами та їх вплив на фінансові показники. Ці моделі можуть бути базовими (наприклад, заснованими на історичних даних) або синтетичними (наприклад, створеними на основі стохастичних процесів).
3. Розрахунок фінансових показників: За допомогою моделей обчислюються фінансові показники для кожного сценарію. Це може включати розрахунок дохідності, ризику, вартості активів або інших показників, які важливі для оцінки фінансових ризиків.
4. Аналіз результатів: Отримані результати порівнюються та аналізуються для оцінки ризиків і визначення можливих наслідків. Використовуючи отриману інформацію, можна приймати рішення щодо управління ризиками, розробки стратегій або робити прогнози щодо майбутніх фінансових результатів.

Отримані результати аналізу сценаріїв можна перетворити на міру ризику. Було припущено, що ризик дорівнює найбільшій прогнозованій втраті з усіх розглянутих сценаріїв. Це дозволяє оцінити потенційні ризики та визначити заходи для управління ними.

Сценарний аналіз допомагає краще розуміти можливі наслідки різних ситуацій і приймати обґрунтовані рішення щодо управління ризиками. Використовуючи цей підхід, можна бути більш підготовленим до можливих

випадків і реагувати на них ефективніше, що сприяє стабільності та успішності нашої компанії.

Так само, як методологія VaR, методологія аналізу сценаріїв є надзвичайно гнучкою і може бути застосована до різноманітних видів ризиків. Один з найпоширеніших варіантів аналізу сценаріїв - оцінка кредитного ризику. Багато компаній проводять аналіз сценаріїв, щоб визначити потенційні збитки в разі невиконання основним контрагентом їхніх кредитних зобов'язань. Крім того, все більш поширеним стає стрес-тестування ризиків фінансування та ліквідності компаній.

Переваги таких вправ чітко виявлені через труднощі, з якими стикалися під час кредитної кризи 2007-2008 років. Ці кризи підкреслили необхідність вивчення та управління ризиками усіх аспектів діяльності компанії, включаючи кредитний ризик, ризик ліквідності та інші. Аналіз сценаріїв дозволяє компаніям оцінити свою стійкість до різних негативних сценаріїв та приймати обґрунтовані рішення з управління ризиками.

## 2.7 Висновки до розділу 2

У другому розділі роботи були розглянуті кілька моделей фінансових ризиків, таких як Value at Risk (VaR), Capital Asset Pricing Model (CAPM), стохастичні моделі ризиків і сценарний аналіз. Крім того, також дослідили Метод Prophet і Модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA). Кожна з цих моделей має свої особливості і використовується для вимірювання, управління та прогнозування ризиків у фінансових сферах.

Після ознайомлення з усіма найвідомішими методами та моделями, був зроблений висновок, що для вирішення задачі найбільш підходять модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) та метод Prophet.

Модель ARIMA дозволяє прогнозувати цінові рівні та зміни в часових рядах, враховуючи авторегресію, рухомий середній та інтеграцію. З іншого боку, метод Prophet є потужним інструментом для прогнозування часових рядів, зокрема ринкових ризиків, і надає просте та ефективне рішення для прогнозування складних тенденцій та сезонності.

Використання цих моделей у практичному застосуванні дозволяє зробити обґрунтовані рішення, забезпечити стійкість фінансового стану організації і зменшити вплив ризиків на її діяльність.

## 3 МОДЕЛЮВАННЯ І ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВОГО РИЗИКУ

### 3.1 Вибір та опис датасету

Для аналізу цін на акції використано датасет, доступний на платформі Kaggle. Датасет охоплює період з 02.01.2014 по 29.12.2017 року і містить дані про різні компанії і їхні акції.

У цьому датасеті представлені такі дані: дата, ціна відкриття, ціна закриття, максимальна і мінімальна ціна, обсяг торгів та індекси акцій. Він надає можливість аналізувати цінову динаміку акцій різних компаній і виявляти тренди та патерни.

Датасет містить різні стовпці, які представляють різні аспекти цін на акції, що дозволяє вивчати їх зміни та взаємозв'язки. Кожен рядок датасету відображає дані для конкретної дати і компанії, що дозволяє проводити детальний аналіз та робити висновки щодо ринкових ризиків і можливостей. Далі представлений опис структури датасету. (Рисунок 3.1)

Field Name	Description
Symbol	Назва компанії
Date	Дата відкриття торгів
Open	Ціна відкриття
High	Максимальна ціна
Low	Мінімальна ціна
Close	Ціна закриття
Volume	Обсяг торгів

Рисунок 3.1 - Всі поля набору даних та їх опис

### 3.2 Середня динаміка цін закриття

Експлораторний аналіз даних (EDA) - це процес вивчення та розуміння даних, що включає докладний аналіз, візуалізацію та виявлення закономірностей та залежностей. Це перший крок у дослідженні набору даних перед застосуванням більш складних аналітичних методів.

EDA дозволяє отримати загальне уявлення про дані, їх структуру та взаємозв'язки між змінними. Це включає огляд даних, виявлення аномалій, обробку пропущених значень, статистичний аналіз, побудову графіків та діаграм для візуалізації даних.

EDA допомагає виявити ключові особливості даних, виявити потенційні взаємозв'язки та залежності, а також виявити потенційні проблеми або шаблони. Це допомагає дослідникам та аналітикам зробити обґрунтовані висновки та прийняти подальші рішення щодо аналізу даних.

Важливими етапами EDA є завантаження та огляд даних, виявлення та обробка пропущених значень, аналіз розподілу змінних, виявлення кореляцій та залежностей, побудова графіків та візуалізація даних. Цей процес дозволяє отримати цінну інформацію про дані та підготувати їх для подальшого аналізу та моделювання.

EDA є важливим етапом у вивченні даних і використовується в різних галузях, включаючи фінансовий аналіз, маркетингові дослідження, медичні дослідження та багато інших. Він допомагає зрозуміти дані, з'ясувати ключові фактори та залежності, а також зробити обґрунтовані висновки на основі наявних даних.

Для візуалізації та порівняння динаміки цін акцій, були використані накладені графіки для 10 випадково обраних компаній з нашого датасету.(Рисунок 3.2). Ці графіки демонструють зміни цін акцій цих компаній протягом певного періоду часу.

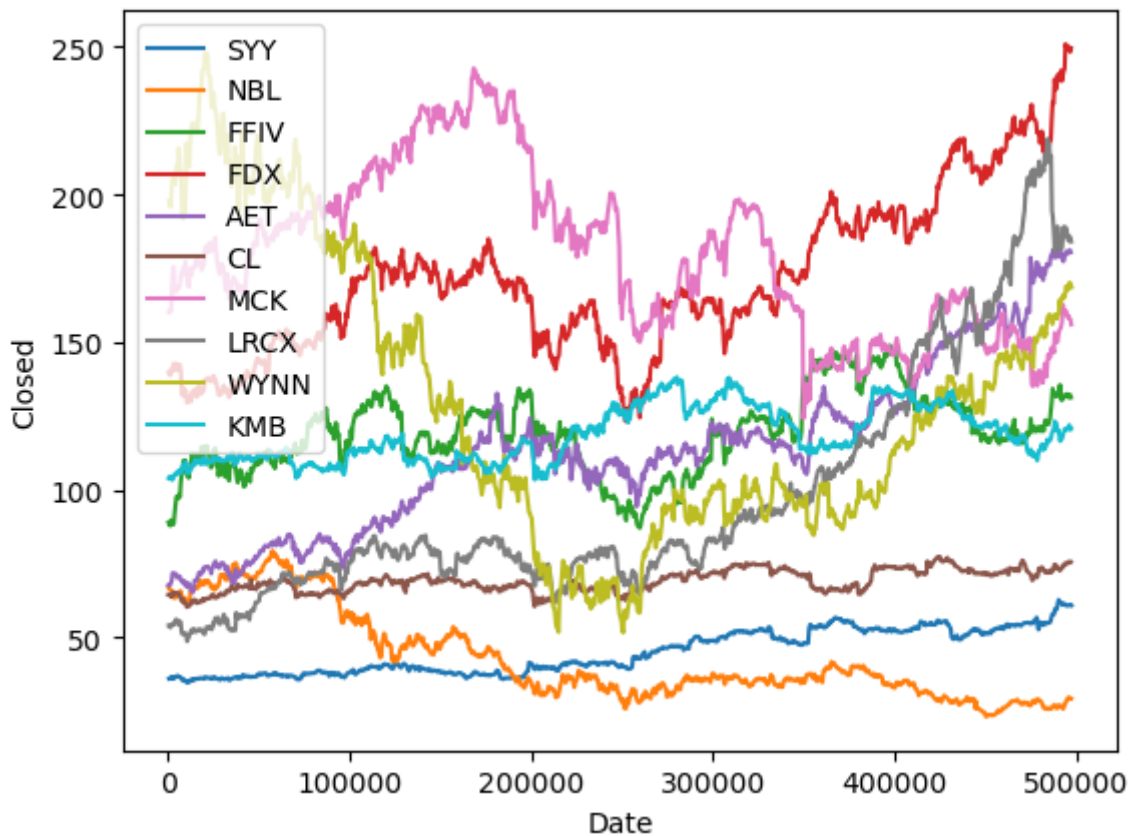


Рисунок 3.2

На основі рисунку можна зробити висновок, що графіки цін акцій різних компаній мають відмінності у своєму поведінці. Кожна компанія має свої унікальні зміни в цінах акцій, які можуть бути вплинуті різними факторами, такими як економічні умови, ринкові тенденції, конкуренція та інші чинники.

Графіки компаній можуть відобразити різні типи тенденцій, такі як зростання, спад або коливання. Деякі компанії можуть мати стабільні ціни акцій, що характеризуються малою волатильністю, тоді як інші можуть мати значні коливання у цінах акцій, що свідчить про більшу ризикованість.

Такі різниці у поведінці графіків компаній можуть бути пов'язані з їхньою галуззю діяльності, фінансовим станом, керівництвом та іншими факторами. Врахування цих різниць є важливим аспектом аналізу ринку акцій та прийняття рішень щодо інвестування.

Отже, аналіз графіків компаній дозволяє отримати уявлення про їхню індивідуальну поведінку на ринку та з'ясувати потенційні можливості або ризики, пов'язані з інвестуванням у ці акції. (Рисунок 3.3)

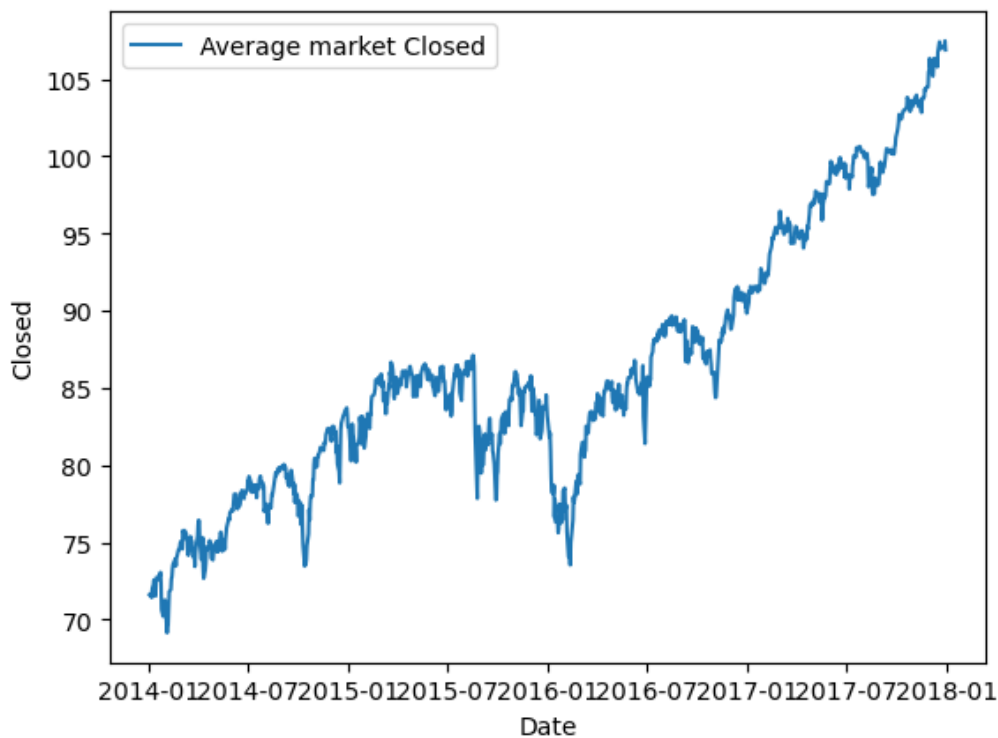


Рисунок 3.3- Середній рух по ринку

### 3.3 Первинний аналіз датасету

Датасет є готовим до аналізу, оскільки він не має пропущених значень і не потребує додаткового очищення, агрегацій чи маніпуляцій.

Огляд датасету:

1. Датасет містить інформацію про акційні ціни на протязі певного періоду.
2. Кожен рядок датасету представляє окреме спостереження акційних цін.

3. Стівці включають дату, ціну відкриття, максимальну ціну, мінімальну ціну, ціну закриття та обсяг торгів.

Оскільки датасет не має пропущених значень, це означає, що всі дані в кожному стівці заповнені і доступні для аналізу. Це полегшує роботу з даними, оскільки не потрібно займатись заповненням пропущених значень або виключенням неповних даних.

Також важливо відзначити, що датасет готовий до роботи, що означає, що його можна використовувати безпосередньо для проведення аналізу акційних цін. Немає необхідності в додатковій обробці, очищенні чи агрегації даних, оскільки вони вже представлені в зручному форматі.

Такий готовий до використання датасет дозволяє ефективно проводити аналіз акційних цін і здійснювати розрахунки, моделювання та прогнозування без необхідності додаткових маніпуляцій з даними.

### 3.4 Prophet

Prophet - це відкритий інструмент для прогнозування часових рядів, розроблений командою Facebook. Він надає можливість легко та швидко моделювати та прогнозувати тренди та сезонність у часових рядах з місячним або щоденним інтервалом.

Пропоную ознайомитися з детальним описом методу Prophet та його формулами:

#### 1. Модель тренду:

Загальна модель:  $y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + e(t)$ , де:

$y(t)$  - значення часового ряду в момент часу  $t$ ,

$g(t)$  - модель тренду,

$s(t)$  - модель сезонності,

$h(t)$  - модель свята/подій,

$e(t)$  - помилка моделі.

Модель тренду:  $g(t) = k(t) + \delta(t)$ , де:

$k(t)$  - лінійний тренд,

$\delta(t)$  - змінний тренд з впливом сезонності.

Лінійний тренд:  $k(t) = a + b * t$ , де:

$a$  - параметр зсуву тренду,

$b$  - коефіцієнт нахилу тренду,

$t$  - часовий індекс.

Змінний тренд з впливом сезонності:  $g(t) = k(t) + \sum [a_n * \cos(\frac{2\pi n t}{P}) + b_n$

$* \sin(\frac{2\pi n t}{P})]$ , де:

$N$  - кількість гармонік,

$a_n, b_n$  - параметри гармонік,

$P$  - період сезонності.

## 2. Модель сезонності:

Модель сезонності:  $s(t) = s(t) = \sum [a_n * \cos(\frac{2\pi n t}{P}) + b_n * \sin(\frac{2\pi n t}{P})]$ , де:

$N$  - кількість гармонік,

$a_n, b_n$  - параметри гармонік,

$P$  - період сезонності.

## 3. Модель свята/подій:

Модель свята/подій:  $h(t)$ , де:

$h(t) = 1$ , якщо момент часу  $t$  включає свято/подію, та  $h(t) = 0$  в іншому випадку.

## 4. Модель помилки:

Модель помилки:  $e(t)$ , яка припускається незалежною та нормально розподіленою.

Пропозиція використовувати Prophet полягає в тому, що він автоматизує багато процесів, таких як виявлення трендів, сезонності, виявлення подій та побудова прогнозів, забезпечуючи зручний та ефективний аналіз часових рядів.

Набір формул, наведених вище, дозволяє моделювати різні компоненти часових рядів та враховувати їх в прогнозуванні. З використанням цих формул та алгоритму, Prophet здатний зробити достатньо точні прогнози часових рядів, що важливо для прийняття обґрунтованих рішень у фінансовому аналізі та плануванні.

На Рисунках 3.4 - 3.13 представлені прогнозовані графіки цін акцій на 60 днів вперед з кроком в 1 день, порівняно з реальними цінами. Для цього використовується модель, яка здатна зробити прогнози на основі наявних даних. Моделі був поданий повний графік цін акцій для певної компанії, після чого модель згенерувала прогноз на наступний день. Згенерований прогноз було записано, а потім порівняно з реальною ціною акцій на той день. Цей процес повторюється для кожного наступного дня на протязі 60 днів.

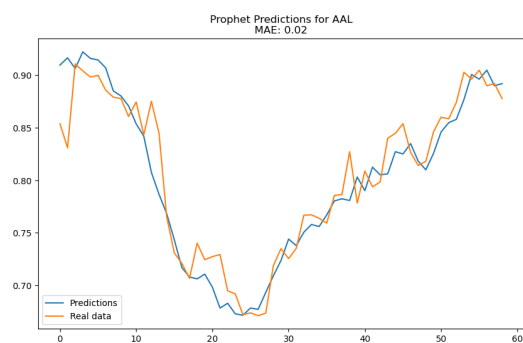


Рисунок 3.4

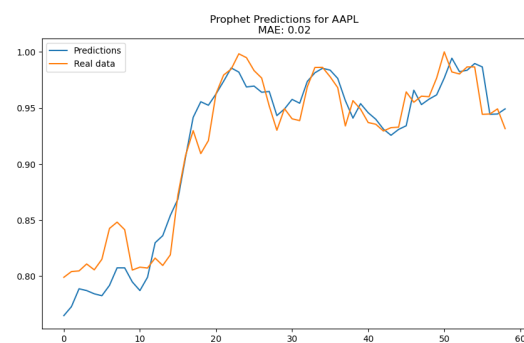


Рисунок 3.5

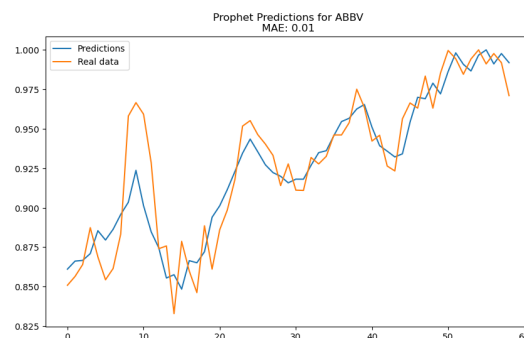
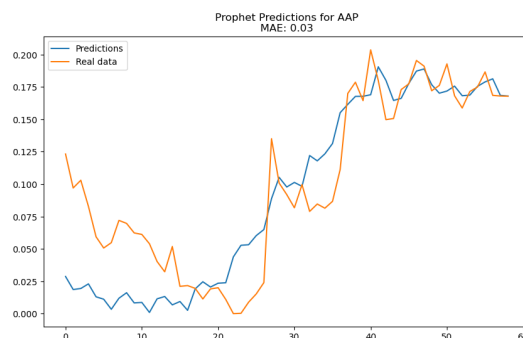


Рисунок 3.6

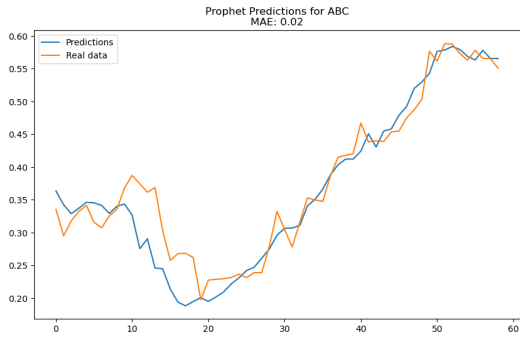


Рисунок 3.8

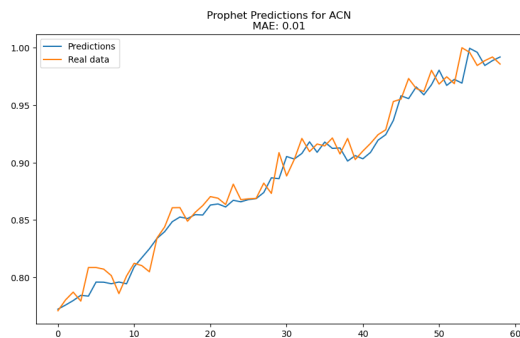


Рисунок 3.10

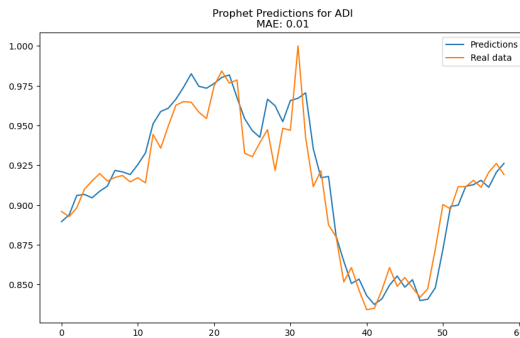


Рисунок 3.12

Рисунок 3.7

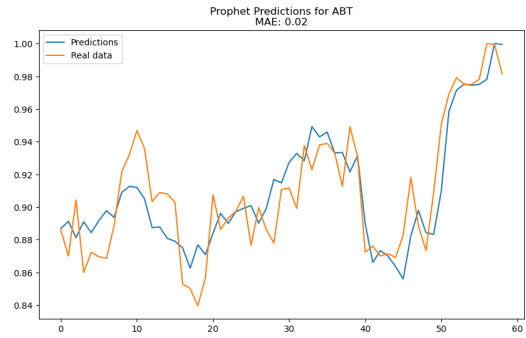


Рисунок 3.9

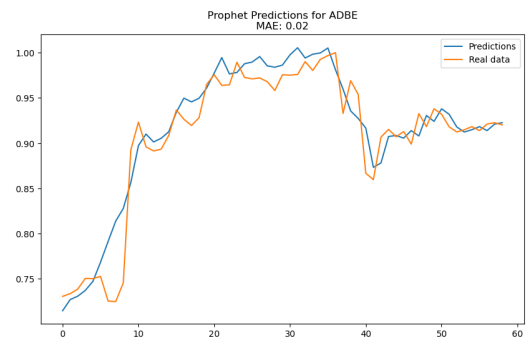


Рисунок 3.11

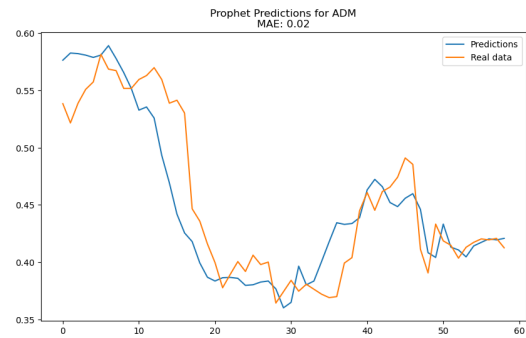


Рисунок 3.13

Середня похибка для даної моделі складає 1.7%. Це означає, що прогнози, отримані з цим методом, є досить точними і мало відрізняються від реальних значень цін акцій. Також можна спробувати інший метод прогнозування, щоб з'ясувати, чи можливо покращити якість прогнозу.

### 3.5 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) - це статистична модель, яка використовується для прогнозування часових рядів. Вона поєднує в собі авторегресійну (AR) модель, модель ковзного середнього (MA) та інтегровану (I) модель для моделювання залежностей у часових рядах. ARIMA є одним з найпоширеніших підходів до прогнозування часових рядів і широко використовується у фінансовій аналітиці, економіці та інших галузях.

Формула ARIMA моделі може бути записана як:

ARIMA(p, d, q):

$$Y(t) = c + \phi(1) * Y(t-1) + \phi(2) * Y(t-2) + \dots + \phi(p) * Y(t-p) + \theta(1) * e(t-1) + \theta(2) * e(t-2) + \dots + \theta(q) * e(t-q) + e(t)$$

де:

$Y(t)$  - значення часового ряду на момент часу  $t$ ,

$c$  - постійний член,

$\phi(1), \phi(2), \dots, \phi(p)$  - коефіцієнти авторегресії (AR), які представляють попередні значення ряду,

$\theta(1), \theta(2), \dots, \theta(q)$  - коефіцієнти рухомого середнього (MA), які представляють попередні значення шуму ряду,

$e(t)$  - шумовий член на момент часу  $t$ .

Модель ARIMA також має параметри  $p$ ,  $d$  та  $q$ , які визначають порядок авторегресії, рівень інтеграції та порядок ковзної середньої відповідно. Параметр  $p$  визначає кількість попередніх значень ряду, що використовуються для прогнозування, параметр  $d$  відповідає за рівень різниці між послідовними значеннями ряду для стаціонарності, а параметр  $q$  визначає кількість попередніх значень шуму, що використовуються для прогнозування.

Модель ARIMA дозволяє аналізувати часові ряди, виявляти тенденції, сезонність та інші закономірності, що допомагає прогнозувати майбутні значення ряду. При застосуванні моделі ARIMA до фінансового аналізу, наприклад, прогнозування цін на акції, модель може враховувати попередні ціни на акції, шум і деякі фактори, що впливають на ціни, для отримання прогнозів майбутніх цін на акції.

Важливо зазначити, що налаштування параметрів ARIMA моделі вимагає дослідження та аналізу часового ряду, включаючи стаціонарність, автокореляцію, часові лаги тощо. Після вибору оптимальних параметрів модель можна використовувати для прогнозування майбутніх значень ряду на основі наявних даних.

На Рисунках 3.14 - 3.23 наведені прогнозні графіки цін акцій на протязі 60 днів вперед з кроком в 1 день, порівняно з реальними цінами. Для отримання цих прогнозів була використана модель, яка базується на алгоритмі ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Процес аналогічний з тим, що використовувався в попередньому розділі.

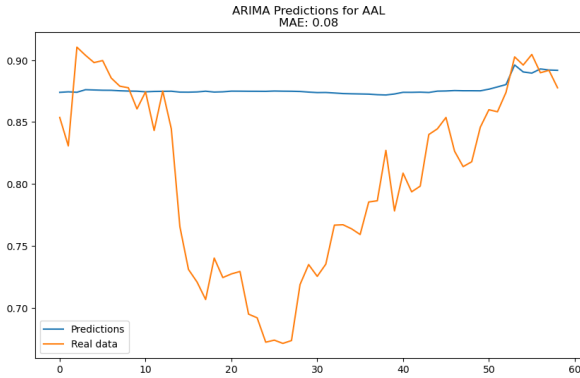


Рисунок 3.14

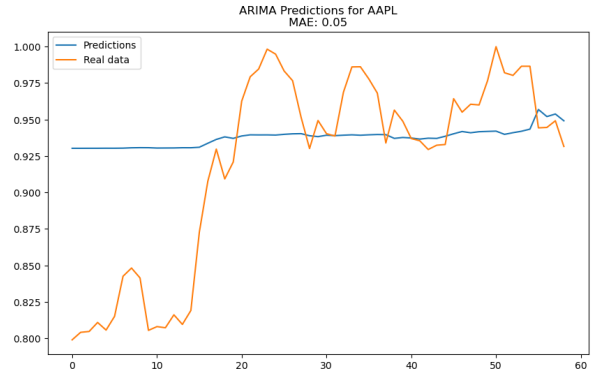


Рисунок 3.15

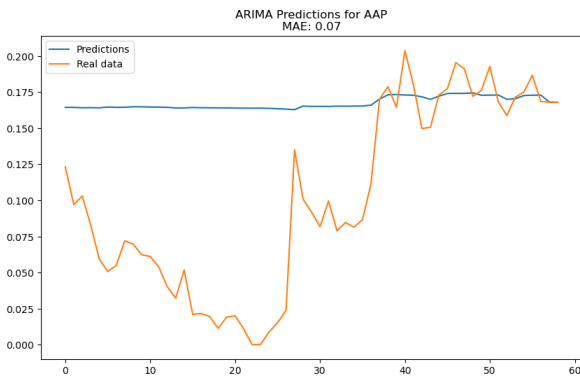


Рисунок 3.16

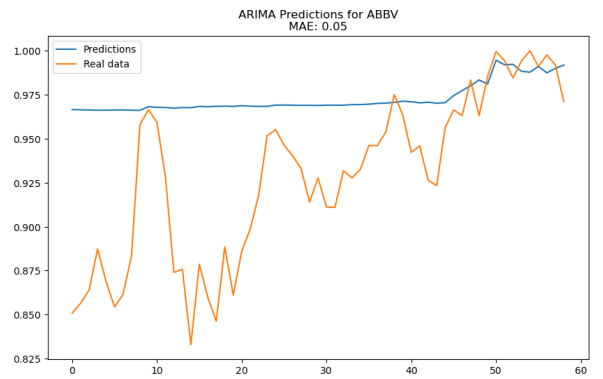


Рисунок 3.17

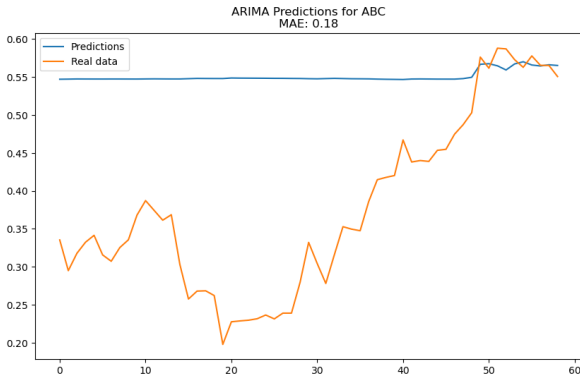


Рисунок 3.18

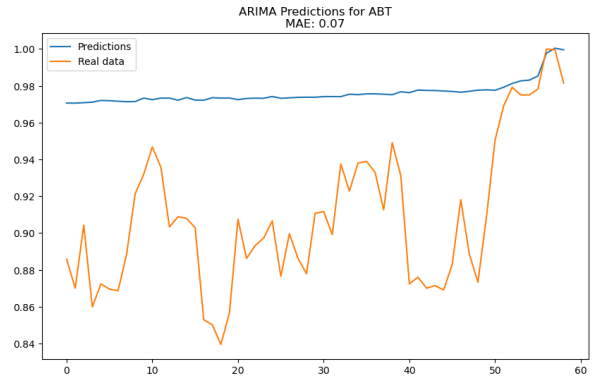


Рисунок 3.19

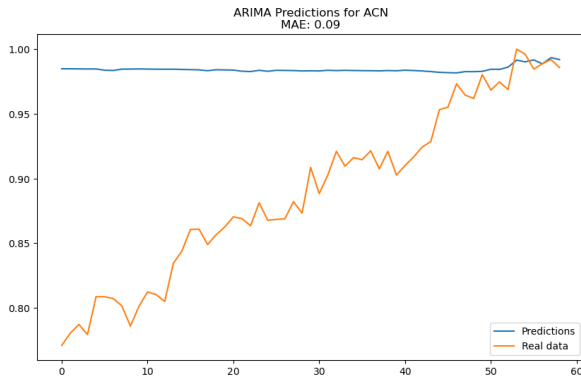


Рисунок 3.20

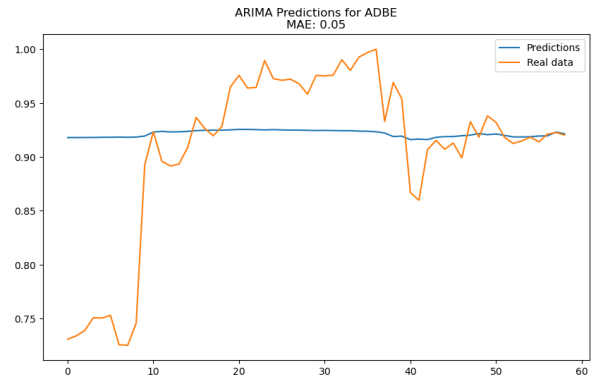


Рисунок 3.21

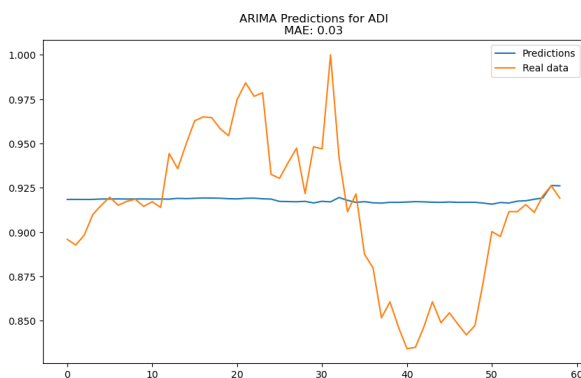


Рисунок 3.22

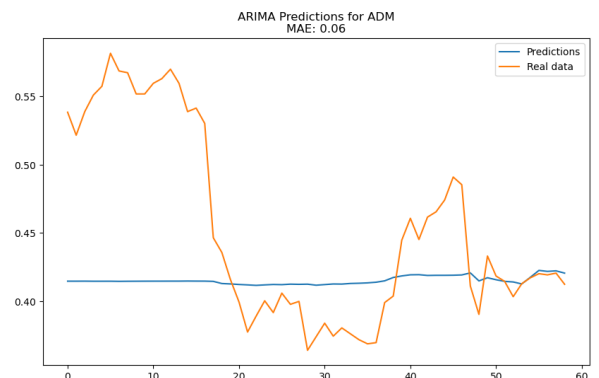


Рисунок 3.23

Середня похибка для даної моделі складає 7,1%, що свідчить про те, що прогнози, отримані з цим методом, не є досить точними і суттєво відрізняються від реальних значень цін акцій. Одна з можливих причин такої низької точності може полягати в тому, що модель не була належним чином натренована для передбачення на один день вперед. Для досягнення більш точних прогнозів можна враховувати інші фактори, такі як новини, фінансові показники чи макроекономічні дані, які можуть вплинути на ціни акцій. Такі додаткові фактори можуть бути враховані у моделі для покращення її прогностичної здатності. У наступному розділі будуть об'єднані ці два методи.

### 3.6 Ансамблева модель Prophet(0.5) + ARIMA(0.5)

Під час проведення аналізу властивостей прогнозування методів Prophet і ARIMA, було виявлено переваги і недоліки кожного з них. Метод Prophet, хоч і дає загальну тенденцію і розумно прогнозує тренди і сезонність, часто може бути досить нестабільним і виявляти певну волатильність. З іншого боку, метод ARIMA є більш стійким і згладжує шуми та непередбачувані зміни в даних, але його прогнози можуть бути занадто плавними і не відображати достатньо різких змін.

Отже, для того, щоб поєднати переваги обох методів і згладити недоліки, використовується ансамблева модель, яка комбінує прогнози обох методів з використанням вагових коефіцієнтів. Завдяки використанню цього підходу отримано більш збалансований прогноз, який враховує як загальну тенденцію і сезонність (з методу Prophet), так і стійкість до шумів і непередбачуваних змін (з методу ARIMA).

Застосування вагових коефіцієнтів (у даному випадку 0.5 для кожного методу) в ансамблі дозволяє регулювати внесок кожного методу в кінцевий прогноз. Таким чином, комбінований прогноз буде представляти збалансовану версію прогнозів, що дає гладший графік, але з достатньою чутливістю до різких змін.

Це особливо корисно, коли бажано згладити шуми і непередбачувані зміни в прогнозах методу Prophet, а також зробити прогнози методу ARIMA менш плавними. Комбінація цих двох методів в ансамбевій моделі допомагає досягти цієї мети і отримати прогноз, який поєднує кращі риси обох підходів.

Формула для ансамбльного прогнозу може мати наступний вигляд:

$$\text{Ensemble Forecast} = (0.5 * \text{Prophet Forecast}) + (0.5 * \text{ARIMA Forecast})$$

Тут 0.5 - ваговий коефіцієнт, який може бути змінений в залежності від потреби. Цей коефіцієнт визначає, яку частку внеску кожного методу має внести в кінцевий прогноз.

На Рисунках 3.24 - 3.33 наведені прогнозні графіки цін акцій на наступні 60 днів з кроком в 1 день, порівняно з реальними цінами. У цьому випадку використовувалась ансамблева модель, яка комбінує два алгоритми - Prophet і ARIMA. Прогнозний графік формується шляхом вагового поєднання прогнозів обох алгоритмів з використанням коефіцієнта 0.5 для кожного з них.

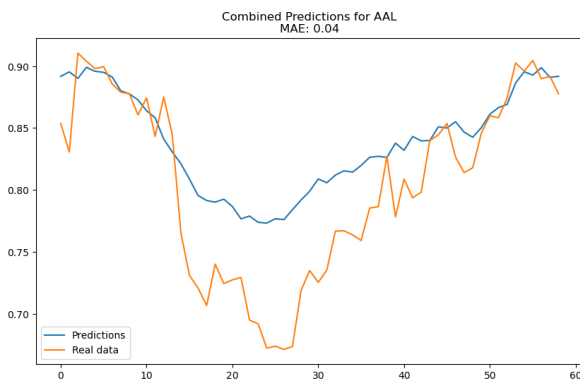


Рисунок 3.24

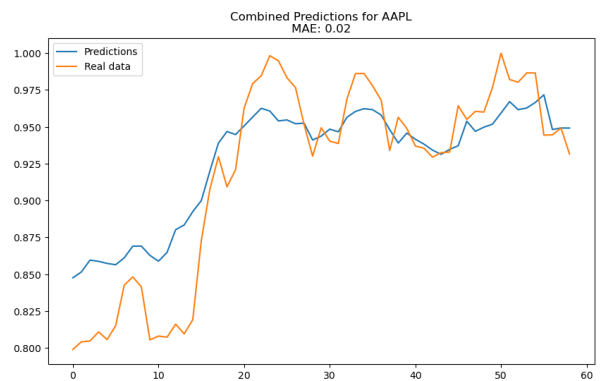


Рисунок 3.25

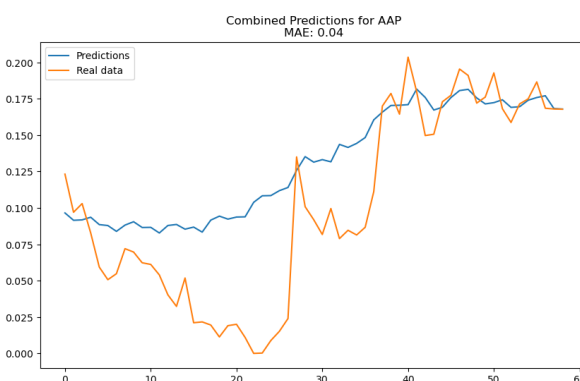


Рисунок 3.26

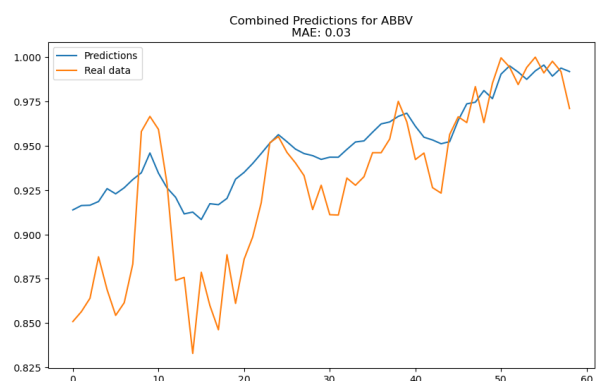


Рисунок 3.27

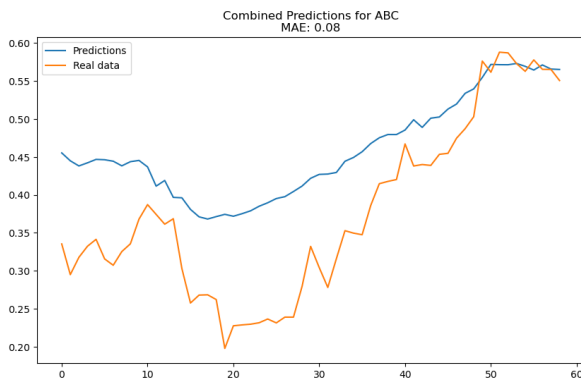


Рисунок 3.28

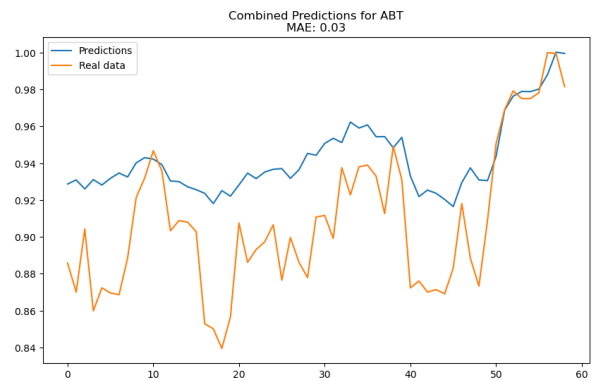


Рисунок 3.29

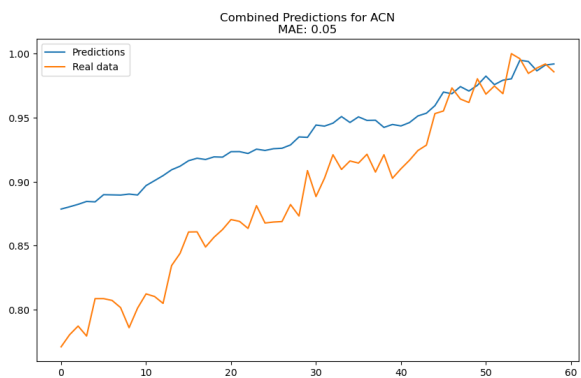


Рисунок 3.30

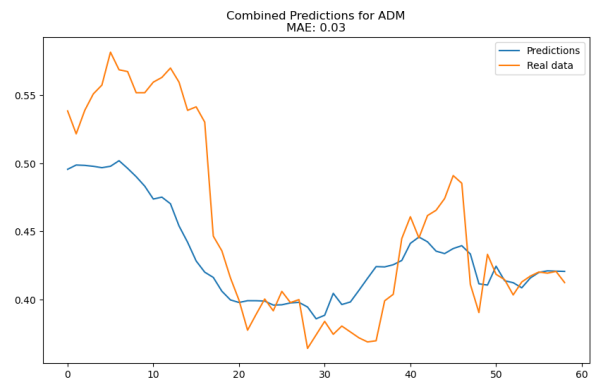


Рисунок 3.31

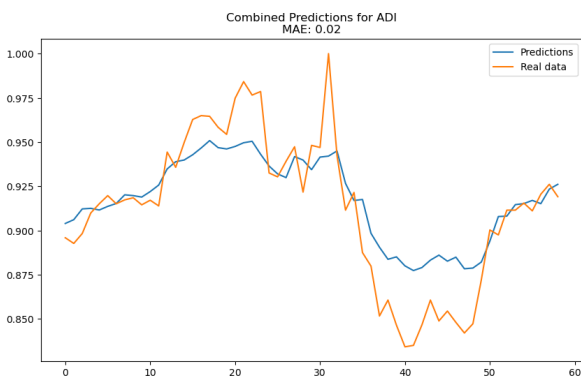


Рисунок 3.32

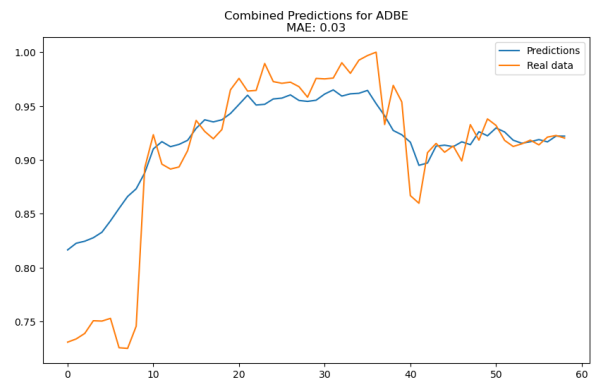


Рисунок 3.33

Застосування такого підходу дозволяє згладити графік і зменшити волатильність, яку може продемонструвати метод Prophet. У той же час, використання ARIMA сприяє зменшенню шумів і непередбачуваних змін в прогнозах. Комбінований прогноз, отриманий з цієї ансамбльної моделі,

надає більш плавний графік, який краще відображає загальну тенденцію руху цін акцій.

Середня похибка для даної ансамбльної моделі складає 3.6%, що свідчить про певну точність прогнозів, але є можливість деякого розбіжності з реальними значеннями цін акцій. Це може бути пов'язано з тим, що кожен метод (Prophet і ARIMA) має свої сильні сторони і обмеження.

У наступному розділі буде розглянуто процес покращення точності прогнозів, завдяки збільшенню вагового коефіцієнту для методу Prophet до 0.7, що означає, що його прогноз отримає 70% ваги. Це може дозволити надати більший вплив методу Prophet, який може бути більш точним і адаптованим до даного набору даних. Збільшення вагового коефіцієнта для Prophet може допомогти згладити графіки і зменшити різноманітність прогнозів, що можуть виникати від недосконалості ARIMA. Це може призвести до покращення точності і надійності прогнозів на наступні 60 днів.

Проте важливо враховувати, що точність прогнозів може залежати від багатьох факторів, таких як якість набору даних, структура ринку та непередбачувані фактори, які можуть вплинути на ціни акцій. Підналагодження моделі, включаючи вибір оптимальних вагових коефіцієнтів та використання інших алгоритмів, може бути важливим для подальшого покращення точності прогнозів.

### 3.7 Ансамблева модель Prophet(0.7) + ARIMA(0.3)

Ансамблева модель Prophet(0.7) + ARIMA(0.3) використовує обидва методи для розроблення прогнозів цін акцій. У цій моделі, ваговий коефіцієнт для методу Prophet становить 0.7, що означає, що його прогноз отримує 70% ваги, тоді як ваговий коефіцієнт для методу ARIMA дорівнює 0.3, що

представляє 30% ваги. Це відображає значення і вплив кожного методу на кінцевий прогноз моделі.

Щоб отримати прогнозовану ціну акцій, спочатку отримуємо прогнози від кожного методу окремо: Prophet дає прогноз, наприклад, 80, а ARIMA дає прогноз 60. Потім, для отримання ансамбльного прогнозу, було використано вагові коефіцієнти для обох методів і обчислено середньозважене значення прогнозів:

$$\text{Прогноз} = (\text{Прогноз Prophet} * \text{Ваговий коефіцієнт Prophet}) + (\text{Прогноз ARIMA} * \text{Ваговий коефіцієнт ARIMA})$$

У випадку, якщо Prophet прогнозує 80, а ARIMA прогнозує 60, і вагові коефіцієнти 0.7 для Prophet і 0.3 для ARIMA, тоді ансамбльний прогноз буде:  
$$\text{Прогноз} = (80 * 0.7) + (60 * 0.3) = 56 + 18 = 74$$

Таким чином, ансамблева модель використовує обидва методи з відповідними ваговими коефіцієнтами для отримання прогнозів цін акцій. Це дозволяє поєднати переваги кожного методу і зменшити їх недоліки, створюючи більш точні та згладжені прогнози.

На Рисунках 3.34 - 3.43 представлені прогнозні графіки цін акцій на наступні 60 днів з кроком в 1 день порівняно з реальними цінами. У цьому випадку була використана ансамблева модель, яка поєднує два алгоритми - Prophet і ARIMA. Прогнозний графік формується шляхом вагового поєднання прогнозів обох алгоритмів з використанням коефіцієнтів 0.7 та 0.3 відповідно.

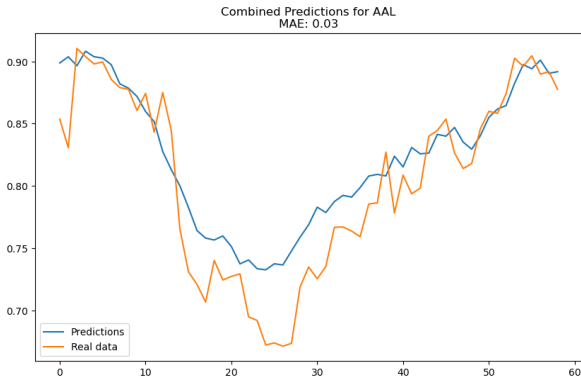


Рисунок 3.34

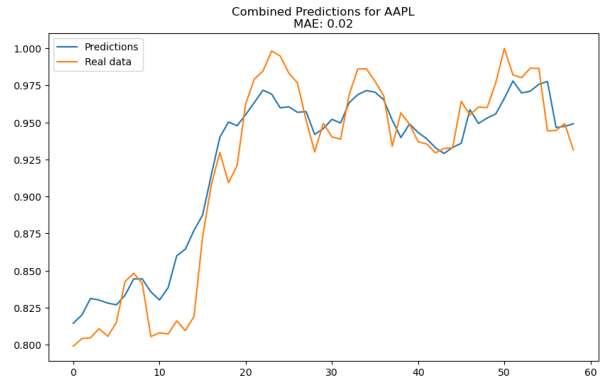


Рисунок 3.35

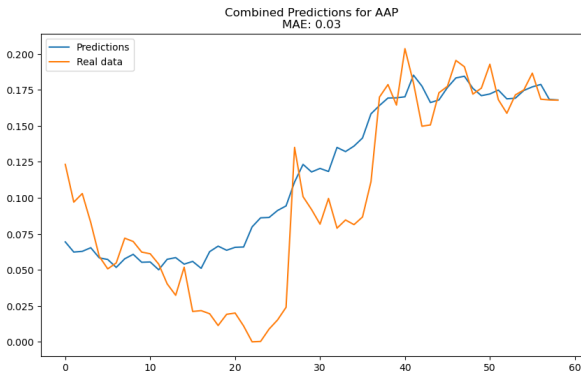


Рисунок 3.36

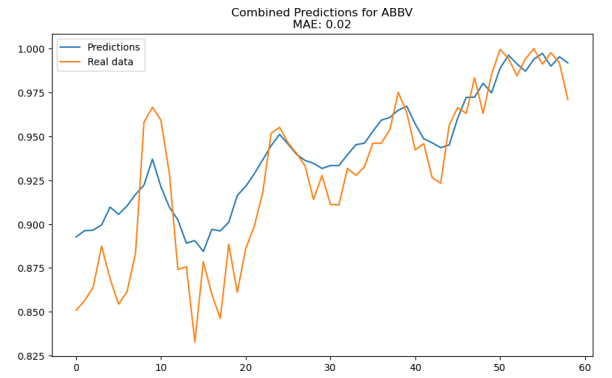


Рисунок 3.37

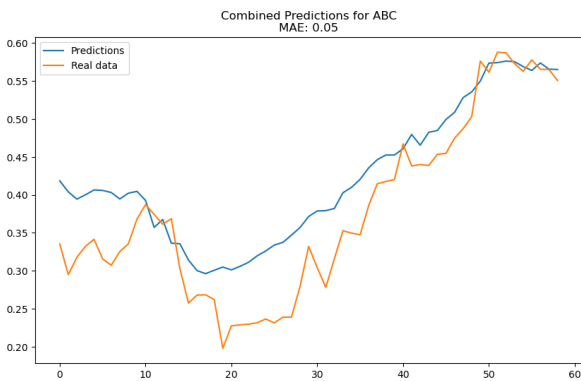


Рисунок 3.38

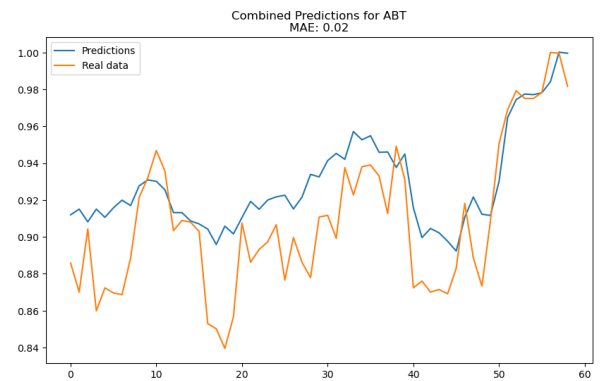


Рисунок 3.39

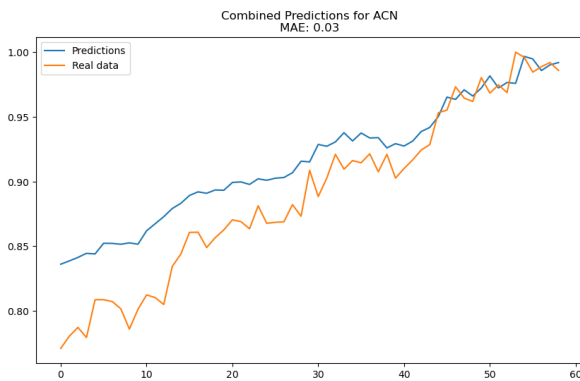


Рисунок 3.40

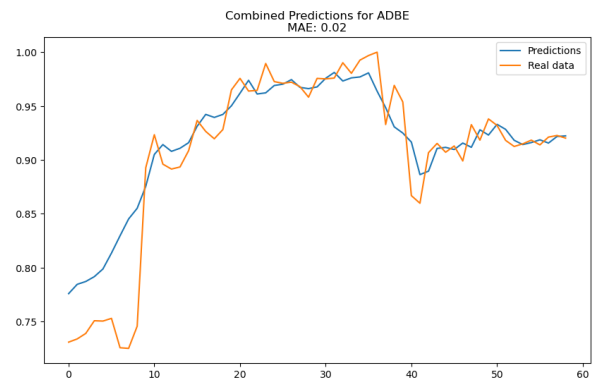


Рисунок 3.41

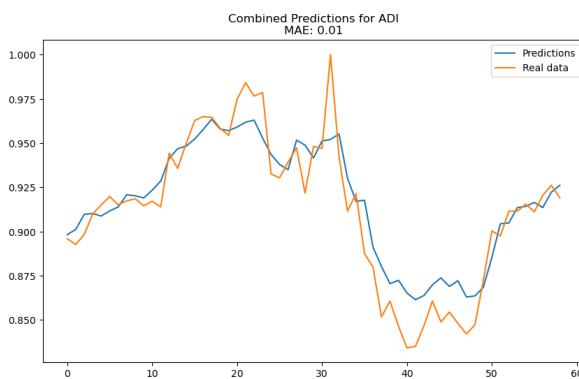


Рисунок 3.42

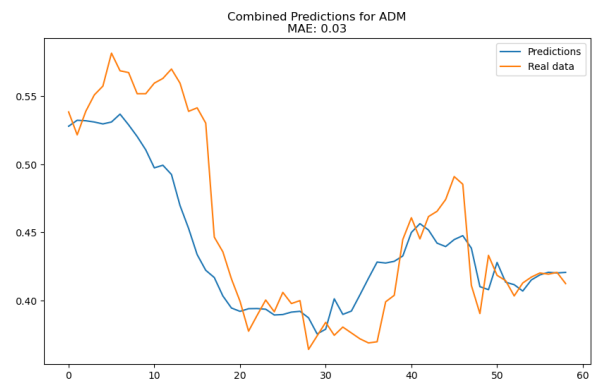


Рисунок 3.43

Комбінований прогноз, отриманий з цієї ансамбльної моделі, надає більш плавний графік, який краще відображає загальну тенденцію руху цін акцій. Завдяки комбінації двох алгоритмів з різними вагами, модель здатна краще враховувати різні аспекти руху цін акцій і зменшувати похибку передбачень.

Середня похибка для даної ансамбльної моделі складає 2.4%, що є кращим показником, ніж у ансамбльної моделі Prophet(0.5) + ARIMA(0.5). Це свідчить про те, що прогнози, отримані з ансамбльної моделі Prophet(0.7) + ARIMA(0.3), мають вищу точність і наближаються до реальних значень цін акцій.

Під час досліджень метод Prophet продемонстрував найменшу похибку, тому було прийнято рішення зосередитись на ньому для подальшого прогнозування цін акцій. Це означає, що у наступному розділі буде використано виключно метод Prophet для забезпечення більш точних передбачень. Цей підхід дозволить отримати більш достовірні результати та зменшити вплив можливих похибок і невідповідностей.

### 3.8 Розрахунок змін на ринку

У цьому розділі використано метод Prophet для прогнозування цін акцій на майбутні дні. Оскільки Prophet має більшу точність, бажано перевірити, як зміниться графік цін акцій на наступний день залежно від зміщення на певний відсоток. Конкретно, перевіряється, як зміниться графік, якщо ціни піднімуться або знизяться на 5% від поточної вартості. Це дозволяє оцінити чутливість методу Prophet до варіацій у цінах акцій та встановити, наскільки точні його прогнози за таких умов.

Була розроблена програма, яка виконує аналіз динаміки цін акцій усіх компаній з датасету. Програма прогнозує майбутні зміни цін на наступний день для кожної компанії і порівнює їх з попередніми значеннями. В результаті, програма видає список компаній, чиї графіки цін зазнають зміни на рівень 5% або більше. (Рисунок 3.44) Це означає, що ці компанії мають значний потенціал для зміни цін у найближчий час.

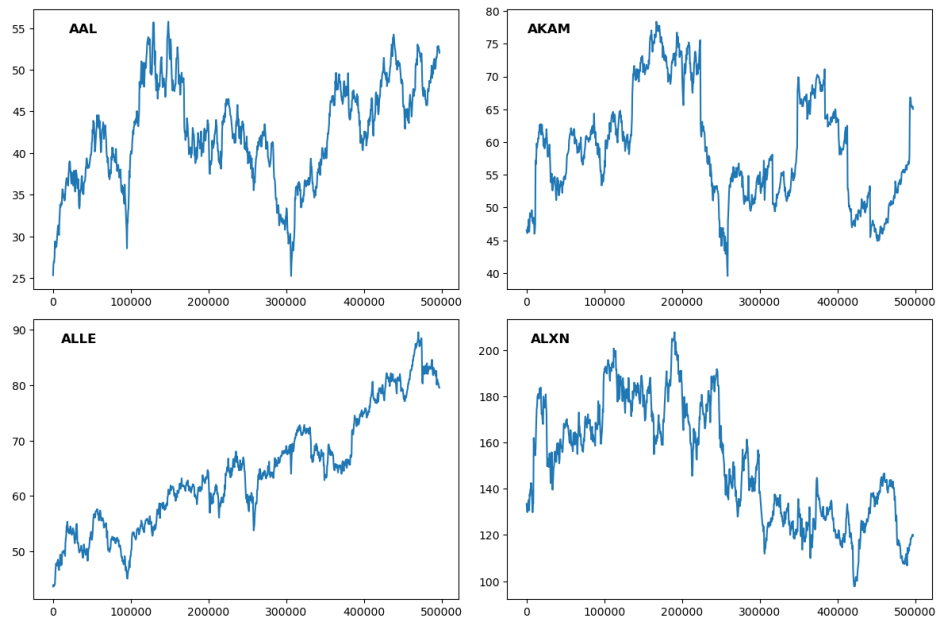


Рисунок 3.44

За допомогою методу Prophet виконано прогнозування для усіх з компаній, що включають AAL, AKAM, ALLE та ALXN. Передбачення показують, що наступного дня ці компанії матимуть зміну у закритті акційної ціни на 5% від поточного значення. Це означає, що ці компанії можуть очікувати зростання або спад цін акцій на 5% в порівнянні з поточними значеннями. (Рисунок 3.45)

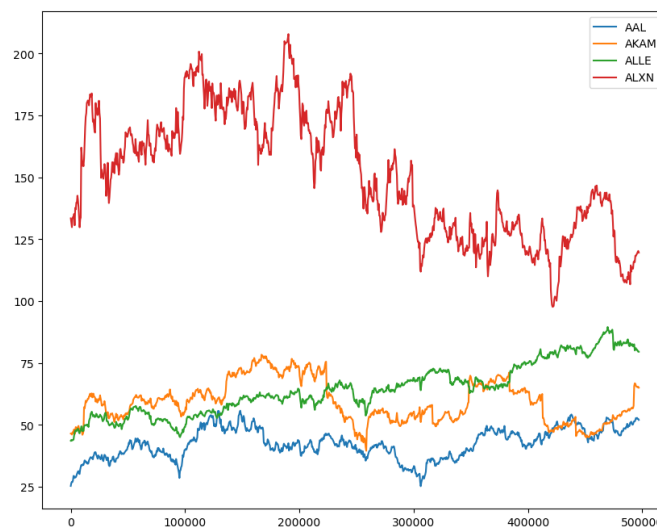


Рисунок 3.45 - Накладені графіки

### 3.9 Висновки до розділу 3

У цьому розділі проведено моделювання та оцінювання ринкового ризику, використовуючи різні методи та моделі.

Спочатку вибрано та описано використаний датасет, який містить дані про ціни акцій компаній. Наступною кроком було вивчення середньої динаміки цін закриття для загального розуміння руху ринку.

Був проведений первинний аналіз датасету, дослідження його характеристик, розподіл та кореляцію даних. Це дало додаткову інформацію для подальшого моделювання.

Далі розглянуто метод Prophet, який базується на адаптивному згладжуванні та сезонності, для прогнозування цін акцій. Було виявлено, що цей метод надає достатньо точні передбачення, але має деякі відмінності від реальних значень.

Після чого, досліджено метод ARIMA, який використовує авторегресію та середнє рухоме середнє для передбачення цін акцій. Хоча цей метод надає більш плавні графіки, точність його прогнозів є меншою.

У наступному етапі застосовано ансамблеву модель, яка поєднує методи Prophet і ARIMA з різними ваговими коефіцієнтами. За допомогою цієї моделі отримано передбачення з більш плавними графіками, але з певною похибкою.

У підсумку, було визначено, що метод Prophet має більшу точність в прогнозуванні цін акцій, тому було вирішено використовувати його для розрахунку змін на ринку. Використання правильної моделі для передбачення ринкового ризику може бути корисним для інвесторів та трейдерів при прийнятті рішень щодо інвестицій та управління портфелем.

#### 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

У даному розділі буде проведено оцінювання основних характеристик для майбутнього програмного продукту, що спеціалізується на дослідженні демографічного стану.

Дана реалізація буде сприяти проведенню усіх необхідних досліджень, що дасть змогу якісно дослідити питання не лише в Україні, проте у всьому світі.

Також в даному дослідженні показано різні варіанти реалізації для забезпечення найбільш коректної та оптимальної стратегії вибору, що має вплив на економічні фактори та сумісність з майбутнім програмним продуктом. Для цього застосовувався апарат функціонально-вартісного аналізу.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) передбачає собою технологію, що дозволяє оцінити реальну вартість продукту або послуги незалежно від організаційної структури компанії. ФВА проводиться з метою виявлення резервів зниження витрат за рахунок ефективніших варіантів виробництва, кращого співвідношення між споживчою вартістю виробу та витратами на його виготовлення. Для проведення аналізу використовується економічна, технічна та конструкторська інформація.

Алгоритм функціонально-вартісного аналізу включає в себе визначення послідовності етапів розробки продукту, визначення повних витрат (річних) та кількості робочих часів, визначення джерел витрат та кінцевий розрахунок вартості програмного продукту.

#### 4.1 Постановка задачі проектування

У роботі застосовується метод ФВА для проведення техніко-економічного аналізу розробки системи прогнозу стійкості фінансових показників. Оскільки рішення стосовно проектування та реалізації компонентів, що розробляється, впливають на всю систему, кожна окрема підсистема має її задовольняти. Тому фактичний аналіз представляє собою аналіз функцій програмного продукту, призначеного для збору, обробки та проведення аналізу даних по компанії.

Технічні вимоги до програмного продукту є наступні:

- функціонування на персональних комп'ютерах із стандартним набором компонентів;
- зручність та зрозумілість для користувача;
- швидкість обробки даних та доступ до інформації в реальному часі;
- можливість зручного масштабування та обслуговування;
- мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

#### 4.2 Обґрунтування функцій програмного продукту

Головна функція  $F_0$  – розробка можливого програмного продукту, яка дозволяє аналізувати різні характеристики, що безпосередньо впливають на стійкість підприємства. Беручи за основу цю функцію, можна виділити наступні:

$F_1$  – вибір самої програми.

$F_2$  – якісний аналіз даних.

$F_3$  – графічні показники.

Кожна з цих функцій має декілька варіантів реалізації:

Функція  $F_1$ :

а) Python.

б) R.

Функція  $F_2$ :

а) Застосування вбудованих функцій.

б) Створення своїх обчислень значень.

Функція  $F_3$ :

а) Використання шаблонних графіків.

б) Створення своїх.

Варіанти реалізації основних функцій наведені у морфологічній карті системи (рис. 4.1).

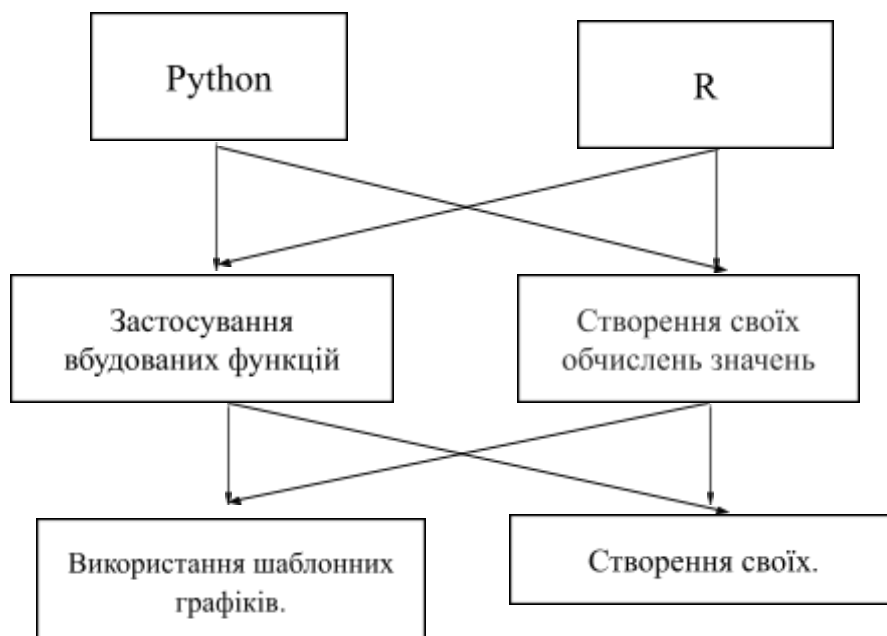


Рисунок 4.1 – Морфологічна карта

Морфологічна карта відображає множину всіх можливих варіантів основних функцій. Позитивно-негативна матриця показана в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Позитивно-негативна матриця

Функції	Варіанти реалізації	Переваги	Недоліки
$F_1$	<i>A</i>	Загальнодоступна програма, доступність багатьох бібліотек	Необхідність повної реалізації алгоритму
	<i>B</i>	Доступна в реалізації програма для різних обчислень	На написання коду необхідно мати базові навички та вміння
$F_2$	<i>A</i>	Доступність та легкість при написанні	Іноді не відповідає задачі яку треба розв'язати
	<i>B</i>	Ідеально описують усі необхідні характеристики	Достатньо затратно реалізовувати свої алгоритми для подальшої реалізації
$F_3$	<i>A</i>	Загальноприйнята реалізація	Іноді не відповідає очікуваним значенням
	<i>B</i>	При виконанні власних досліджень краще може передавати висновки	Необхідно достатньо багато часу для написання програми для побудови та знаходження всього необхідного в задачі.

На основі аналізу позитивно-негативної матриці робимо висновок, що при розробці програмного продукту деякі варіанти реалізації функцій варто відкинути, тому, що вони не відповідають поставленим перед програмним продуктом задачам. Ці варіанти відзначені у морфологічній карті.

Функція  $F_1$ :

Перевагу даємо загальнодоступності. Для спрощення роботи по написанню коду варіант Б має бути відкинтий.

Функція  $F_2$ :

Програма допускає обрання обох варіантів. Можливо використати варіанти А чи Б.

Функція  $F_3$ :

Реалізація першого варіанту є сприйнятливою для програми. Це варіант А.

Таким чином, будемо розглядати такий варіанти реалізації ПП:

$$F_1^a - F_2^a - F_3^a$$

$$F_1^a - F_2^b - F_3^a$$

Для оцінювання якості розглянутих функцій обрана система параметрів, описана нижче.

#### 4.3 Обґрунтування системи параметрів програмного продукту

На основі даних, розглянутих вище, визначаються основні параметри вибору, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня.

Для того, щоб охарактеризувати програмний продукт, будемо використовувати наступні параметри:

- $X1$  – час на оновлення даних;
- $X2$  – точність результату прогнозування;
- $X3$  – час на освоєння матеріалу;
- $X4$  – час на корегування та усунення недоліків;
- $X5$  – пропускна здатність мережевого каналу.

Обираємо лише середні та кращі показники наших параметрів на основі вимог стейкхолдерів та умов створення програмного продукту. Результати наведено у Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні параметри дослідження

Назва Параметра	Умовні позначе ння	Одиниці виміру	Значення параметра		
			гірші	середн і	кращі
Час на оновлення даних	$X1$	хв	60	35	0
Точність результату прогнозування	$X2$	%	10	50	99.9
Час на освоєння матеріалу	$X3$	год	4	3	1
Час на корегування та усунення недоліків	$X4$	год	8	2	0
Пропускна здатність мережевого каналу	$X5$	Мбіт/сек	10	100	1000

Графічні характеристики описаних параметрів дослідження зображено на Рисунку 4.2:

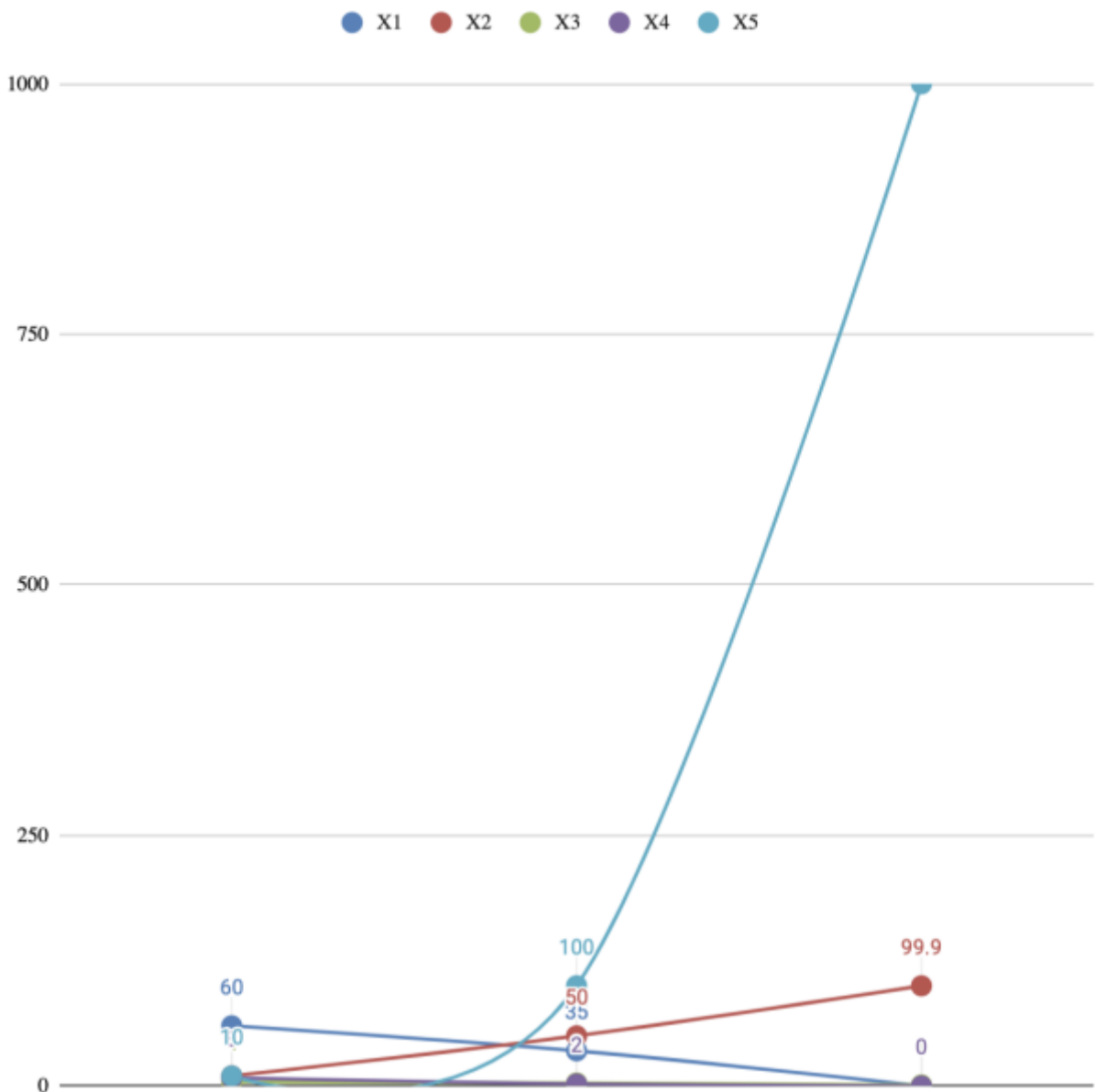


Рисунок 4.2

#### 4.4 Аналіз експертного оцінювання параметрів

Після детального обговорення й аналізу кожний експерт оцінює ступінь важливості кожного параметру для конкретно поставленої цілі – розробка

програмного продукту, який дає найбільш точні результати при знаходженні параметрів моделей адаптивного прогнозування і обчислення прогнозних значень.

Значимість кожного параметра визначається методом попарного порівняння. Оцінку проводить експертна комісія із 7 людей. Визначення коефіцієнтів значимості передбачає:

- визначення рівня значимості параметра шляхом присвоєння різних рангів;
- перевірку придатності експертних оцінок для подальшого використання;
- визначення оцінки попарного пріоритету параметрів;
- обробку результатів та визначення коефіцієнту значимості.

Результати експертного ранжування наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Результати ранжування параметрів

Позначення параметра	Назва параметра	Одиниці виміру	Ранг параметра за оцінкою експерта							Сума рангів $R_i$	Відхилення $\Delta_i$	$\Delta_i^2$
			1	2	3	4	5	6	7			
X1	Час на оновлення даних	хв	2	3	2	1	1	2	1	12	-9	81
X2	Точність результату прогнозування	%	1	1	1	2	2	1	2	10	-11	121
X3	Час на освоєння матеріалу	год	3	2	3	3	3	3	4	21	0	0
X4	Час на корегування та усунення недоліків	год	4	4	5	4	5	4	3	29	8	64
X5	Пропускна здатність мережевого каналу	Мбіт/сек	5	5	4	5	4	5	5	33	12	144
	Разом		15	15	15	15	15	15	15	105		410

Для перевірки степені достовірності експертних оцінок, визначимо наступні параметри:

а) сума рангів кожного з параметрів і загальна сума рангів:

$$R_i = \sum_{j=1}^N r_{ij} R_{ij} = \frac{Nn(n+1)}{2} = 70, \#(4.1)$$

де  $N$  – число експертів,

$n$  – кількість параметрів;

б) середня сума рангів:

$$T = \frac{1}{n} R_{ij} = 17,5 \#(4.2)$$

в) відхилення суми рангів кожного параметра від середньої суми рангів:

$$\Delta_i = R_i - T. \#(4.3)$$

Сума відхилень по всіх параметрах повинна дорівнювати 0;

г) загальна сума квадратів відхилення:

$$S = \sum_{i=1}^N \Delta_i^2 = 197. \#(4.4)$$

Порахуємо коефіцієнт узгодженості:

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3-n)} = \frac{12 \cdot 197}{7^2(4^3-4)} = 0,754 > W_k = 0,67. \#(4.5)$$

Ранжування можна вважати достовірним, тому що знайдений коефіцієнт узгодженості перевищує нормативний, котрий дорівнює 0,67.

Скориставшись результатами ранжирування, проведемо попарне порівняння всіх параметрів і результати занесемо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Попарне порівняння параметрів

Параметри	Експерт и							Кінцева оцінка	Числове значення
	1	2	3	4	5	6	7		
X1 та X2	<	<	<	>	>	<	>	<	0,5
X1 та X3	>	<	>	>	>	>	>	>	1,5
X1 та X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X1 та X5	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X2 та X3	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X2 та X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X2 та X5	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X3 та X4	>	>	>	>	>	>	<	>	1,5
X3 та X5	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X4 та X5	>	>	<	>	<	>	>	>	1,5

Числове значення, що визначає ступінь переваги  $i$ -го параметра над  $j$ -тим,  $a_{ij}$  визначається по формулі:

$$a_{ij} = \{1.5 \text{ при } X_i > X_j, 1.0 \text{ при } X_i = X_j, 0.5 \text{ при } X_i < X_j\}. \#(4.6)$$

З отриманих числових оцінок переваги складемо матрицю  $A = \|a_{ij}\|$ .

Для кожного параметра зробимо розрахунок вагомості  $K_{vi}$  за наступними формулами:

$$K_{vi} = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \#(4.7)$$

$$b_i = \sum_{i=1}^N a_{ij} \#(4.8)$$

Відносні оцінки розраховуються декілька разів доти, поки наступні значення не будуть незначно відрізнятись від попередніх (менше 2%). На другому і наступних кроках відносні оцінки розраховуються за наступними формулами:

$$K_{vi}' = \frac{b_i'}{\sum_{i=1}^n b_i'}, \#(4.9)$$

$$b_i' = \sum_{i=1}^N a_{ij} b_j' \#(4.10)$$

Як видно з таблиці 4.5, різниця значень коефіцієнтів вагомості не перевищує 2%, тому більшої кількості ітерацій не потрібно.

Таблиця 4.5 - Розрахунок вагомості параметрів.

Параметр и $x_i$	Параметри					Перший крок		Другий крок	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$b_i$	$K_{\theta i}$	$b'_i$	$K'_{\theta i}$
$X_1$	1	0,5	1,5	1,5	0,5	5	0,21	23,5	0,22
$X_2$	1,5	1	1,5	1,5	1,5	7	0,29	32,5	0,30
$X_3$	0,5	0,5	1	1,5	1,5	5	0,21	21,5	0,20
$X_4$	0,5	0,5	0,5	1	1,5	4	0,17	17	0,16
$X_5$	0,5	0,5	0,5	0,5	1	3	0,13	13,5	0,13
Всього						24	1,00	108	1,00

#### 4.5 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій

Визначаємо рівень якості кожного варіанту виконання основних функцій окремо.

Абсолютні значення параметрів  $X_2$  (Об'єм пам'яті),  $X_3$  (час попередньої обробки даних) та  $X_4$  (потенційний об'єм програмного коду) відповідають технічним вимогам умов функціонування даного ПП.

Абсолютне значення параметра  $X_1$  (швидкість роботи мови програмування) обрано не найгіршим.

Коефіцієнт технічного рівня для кожного варіанта реалізації ПП розраховується так (таблиця 4.6):

$$K_K(j) = \sum_{i=1}^n K_{vi,j} B_{ij}, \quad \#(4.11)$$

де  $n$  – кількість параметрів;

$K_{vi}$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го параметра;

$B_i$  – оцінка  $i$ -го параметра в балах.

Таблиця 4.6 – Розрахунок показників якості варіантів реалізації основних функцій

Основна функція	Варіант реалізації	Абсолютне значення параметра	Бальна оцінка параметра	Коефіцієнт вагомості параметра	Коефіцієнт якості
F1	a	10	8,4	0,180	0,430
	b	2	9	0,340	0,754
F2	c	30	2,2	0,298	0,786
F3	a	99	1,2	0,450	0,980
F4	a	70	6,3	0,120	0,459

За даними з таблиці 4.6 за формулою:

$$K_K = K_{\text{ТУ}}[F_{1k}] + K_{\text{ТУ}}[F_{2k}] + \dots + K_{\text{ТУ}}[F_{zk}], \quad \#(4.12)$$

Тут должно быть у всех разное

визначаємо рівень якості кожного з варіантів:

$$K_{\text{ТЕРІ}} = 0,430 + 0,786 + 0,980 + 0,459 = 2,655;$$

$$K_{TEP2} = 0,754 + 0,786 + 0,980 + 0,459 = 2,979$$

Як видно з розрахунків, кращим є 2 варіант, для якого коефіцієнт технічного рівня має найбільше значення.

#### 4.6 Економічний аналіз варіантів розробки ПП

Для визначення вартості розробки ПП спочатку проведемо розрахунок трудомісткості.

Всі варіанти включають в себе два окремих завдання:

1. Розробка проекту програмного продукту;
2. Розробка програмної оболонки;

Завдання 1 за ступенем новизни відноситься до групи А, завдання 2 – до групи Б. За складністю алгоритми, які використовуються в завданні 1 належать до групи 1; а в завданні 2 – до групи 3.

Для реалізації завдання 1 використовується довідкова інформація, а завдання 2 використовує інформацію у вигляді даних.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань.

Загальна трудомісткість обчислюється як:

$$T_0 = T_P \cdot K_{\Pi} \cdot K_{СК} \cdot K_M \cdot K_{СТ} \cdot K_{СТ.М'} \quad \#(4.13)$$

де  $T_P$  – трудомісткість розробки ПП;

$K_{\Pi}$  – поправочний коефіцієнт;

$K_{СК}$  – коефіцієнт на складність вхідної інформації;

$K_M$  – коефіцієнт рівня мови програмування;

$K_{CT}$  – коефіцієнт використання стандартних модулів і прикладних програм;

$K_{CTM}$  – коефіцієнт стандартного математичного забезпечення

Для першого завдання, виходячи із норм часу для завдань розрахункового характеру степеню новизни А та групи складності алгоритму 1, трудомісткість дорівнює:  $T_p = 37$  людино-днів. Поправочний коефіцієнт, який враховує вид нормативно-довідкової інформації для першого завдання:  $K_{II} = 1.8$ . Поправочний коефіцієнт, який враховує складність контролю вхідної та вихідної інформації для всіх семи завдань рівний 1:  $K_{CK} = 1$ . Оскільки при розробці першого завдання використовуються стандартні модулі, врахуємо це за допомогою коефіцієнта  $K_{CT} = 0.9$ . Тоді загальна трудомісткість програмування першого завдання дорівнює:

$$T_1 = 37 \cdot 1.8 \cdot 0.9 = 59,94 \text{ людино-днів.}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для подальших завдань.

Для другого завдання (використовується алгоритм третьої групи складності, степінь новизни Б), тобто  $T_p = 29$  людино-днів,  $K_{II} = 0.9$ ,  $K_{CK} = 1$ ,  $K_{CT} = 0.8$ :

$$T_2 = 29 \cdot 0.9 \cdot 0.8 = 20.88 \text{ людино-днів.}$$

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

$$T_I = (59,94 + 20.88 + 4.8 + 20.88) \cdot 8 = 852 \text{ людино-годин.}$$

$$T_{II} = (59,94 + 20.88 + 6.91 + 20.88) \cdot 8 = 868,88 \text{ людино-годин.}$$

Найбільш високу трудомісткість має варіант II.

В розробці беруть участь два програмісти з окладом 20000 грн., один аналітик в області даних з окладом 18000. Визначимо середню зарплату за годину за формулою:

$$СЧ = \frac{М}{T_m \cdot t} \text{ грн., \#(4. 14)}$$

де М – місячний оклад працівників;

$T_m$  – кількість робочих днів тиждень;

$t$  – кількість робочих годин в день.

$$СЧ = \frac{20000+20000+18000}{3 \cdot 21 \cdot 8} = 115,07 \text{ грн. \#(4. 15)}$$

Тоді, розрахуємо заробітну плату за формулою:

$$СЗП = С_ч \cdot T_i \cdot КД, \#(4. 16)$$

де  $С_ч$  – величина погодинної оплати праці програміста;

$T_i$  – трудомісткість відповідного завдання;

$КД$  – норматив, який враховує додаткову заробітну плату.

Зарплата розробників за варіантами становить:

$$I. С_{ЗП} = 115.07 \cdot 852 \cdot 1.2 = 117647,56 \text{ грн.}$$

$$II. С_{ЗП} = 115.07 \cdot 868.88 \cdot 1.2 = 119978,4 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок становить 22%:

$$I. C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 117647,56 \cdot 0.22 = 25882,5 \text{ грн.}$$

$$II. C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 119978,4 \cdot 0.22 = 26395,2 \text{ грн.}$$

Тепер визначимо витрати на оплату однієї машино-години. ( $C_M$ )

Так як одна ЕОМ обслуговує одного програміста з окладом 20000 грн., з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для однієї машини отримаємо:

$$C_T = 12 \cdot M \cdot K_3 = 12 \cdot 20000 \cdot 0,2 = 48000 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати:

$$C_{\text{ЗП}} = C_T \cdot (1 + K_3) = 48000 \cdot (1 + 0.2) = 57600 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальний внесок:

$$C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 57600 \cdot 0,22 = 12672 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 10000 грн.

$$C_A = K_{\text{ТМ}} \cdot K_A \cdot C_{\text{ПР}} = 1.4 \cdot 0.25 \cdot 10000 = 3500 \text{ грн.,}$$

де  $K_{\text{ТМ}}$  – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування та монтаж приладу у користувача;

$K_A$  – річна норма амортизації;

$C_{\text{ПР}}$  – договірна ціна приладу.

Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

$$C_P = K_{TM} \cdot C_{ПР} \cdot K_P = 1.4 \cdot 10000 \cdot 0.08 = 1120 \text{ грн.},$$

де  $K_P$  – відсоток витрат на поточні ремонти.

Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{ЕФ}} = (D_K - D_B - D_C - D_P) \cdot t_3 \cdot K_B = (365 - 104 - 12 - 16) \cdot 8 \cdot 0.35 =$$

$$= 627,2 \text{ години},$$

де  $D_K$  – календарна кількість днів у році;

$D_B, D_C$  – відповідно кількість вихідних та святкових днів;

$D_P$  – кількість днів планових ремонтів устаткування;

$t$  – кількість робочих годин в день;

$K_B$  – коефіцієнт використання приладу у часі протягом зміни.

Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ЕЛ}} = T_{\text{ЕФ}} \cdot N_C \cdot K_3 \cdot C_{\text{ЕН}} = 627,2 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 4.87 = 182,4 \text{ грн.},$$

де  $N_C$  – середньо-споживча потужність приладу;

$K_3$  – коефіцієнтом зайнятості приладу;

$C_{\text{ЕН}}$  – тариф за 1 КВт-годин електроенергії.

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$$C_H = C_{\text{ПР}} \cdot 0.67 = 10000 \cdot 0,67 = 6700 \text{ грн.}$$

Тоді, річні експлуатаційні витрати будуть:

$$C_{\text{ЕКС}} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ВІД}} + C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{Н}}, \#(4.17)$$

$$C_{\text{ЕКС}} = 57600 + 12672 + 3500 + 1120 + 182,4 + 6700 = 81774,4 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме:

$$C_{\text{М-Г}} = C_{\text{ЕКС}} / T_{\text{ЕФ}} = 81774,4 / 627,2 = 121,7 \text{ грн/год.}$$

Оскільки в даному випадку всі роботи, які пов'язані з розробкою програмного продукту ведуться на ЕОМ, витрати на оплату машинного часу, в залежності від обраного варіанта реалізації, складає:

$$C_{\text{М}} = C_{\text{М-Г}} \cdot T, \#(4.18)$$

$$\text{I. } C_{\text{М}} = 121,7 \cdot 852 = 103688,4 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{\text{М}} = 121,7 \cdot 868,88 = 105742,7 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати:

$$C_{\text{Н}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0,67, \#(4.19)$$

$$\text{I. } C_{\text{Н}} = 117647,56 \cdot 0,67 = 78823,9 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{\text{Н}} = 119978,4 \cdot 0,67 = 80385,5 \text{ грн.}$$

Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

$$C_{\text{ПП}} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ВІД}} + C_{\text{М}} + C_{\text{Н}}, \quad \#(4.20)$$

$$\text{I. } C_{\text{ПП}} = 117647,56 + 25882,5 + 103688,4 + 78823,9 = 326042,36 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{\text{ПП}} = 119978,4 + 26395,2 + 105742,7 + 80385,5 = 332504,8 \text{ грн.}$$

#### 4.7 Вибір кращого варіанту ПП техніко-економічного рівня

Розрахуємо коефіцієнт техніко-економічного рівня за формулою:

$$K_{\text{ТЕР}j} = K_{\text{К}j} / C_{\text{Ф}j}, \quad \#(4.21)$$

$$K_{\text{ТЕР}1} = 20,4 / 326042,36 = 6,256 \cdot 10^{-5},$$

$$K_{\text{ТЕР}2} = 16,08 / 332504,8 = 4,836 \cdot 10^{-5}.$$

Як бачимо, найбільш ефективним є перший варіант реалізації програми з коефіцієнтом техніко-економічного рівня  $K_{\text{ТЕР}1} = 6,256 \cdot 10^{-5}$ .

Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розроблюється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишились після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є перший варіант реалізації програмного продукту. У нього виявився найкращий показник техніко-економічного рівня якості  $K_{\text{ТЕР}} = 6,256 \cdot 10^{-5}$ .

Цей варіант реалізації програмного продукту має такі параметри:

- Вибір програмного продукту – Python;
- Реалізація важливої постановки з допомогою вбудованих функцій;
- Використання стандартного інтерфейсу для побудови значень.

Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу зручний інтерфейс, швидку реалізацію програми та доступний функціонал для роботи.

#### 4.8 Висновки до розділу 4

У цій фазі розробки програмного комплексу був проведений повний функціонально-вартісний аналіз. Цей аналіз дозволяє визначити, які функції є основними та необхідними для програмного продукту, а також оцінити їх значимість з точки зору вартості реалізації.

Під час оцінки основних функцій програмного продукту враховувалися їхні вплив на функціональні можливості продукту, вимоги користувачів, а також вартість розробки та підтримки. Це дозволило зробити об'єктивну оцінку функцій і визначити їх пріоритетність.

Крім того, були визначені параметри, що характеризують програмний продукт. Ці параметри включають такі аспекти, як продуктивність, надійність, масштабованість та інші технічні вимоги.

На основі проведеного аналізу був обраний оптимальний варіант реалізації програмного продукту. Цей вибір здійснюється з урахуванням важливості функцій, вартості розробки та інших факторів, що впливають на успішність проекту.

## ВИСНОВКИ

Робота над проектом дозволила провести детальний аналіз ринкового ризику та методів його моделювання. Були розглянуті та досліджені різні моделі та методи, такі як Value at Risk (VaR), Capital Asset Pricing Model (CAPM), метод Prophet, модель ARIMA та стохастичні моделі ризиків. Ці інструменти надають змогу зробити прогнози та оцінити ризики у фінансових сферах.

Дослідження також включало моделювання та оцінювання ринкового ризику. Було проведено аналіз датасету, використано методи Prophet та ARIMA для прогнозування змін на ринку. Додатково, були розглянуті ансамблеві моделі, комбінуючи різні прогнози з різними ваговими коефіцієнтами.

Функціонально-вартісний аналіз програмного продукту дозволив визначити необхідні функції та систему параметрів, що характеризують продукт. За допомогою експертного оцінювання та економічного аналізу було обрано оптимальний варіант реалізації програмного продукту, забезпечуючи якість та ефективність витрат.

У цілому, результати роботи свідчать про актуальність задач моделювання та прогнозування фінансових процесів та ризиків втрат. Розроблений програмний продукт і методи аналізу ризиків можуть бути використані для прийняття обґрунтованих рішень у фінансовій сфері та забезпечення успішного управління ризиками.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Л. О. Примостка, Н. С. Білань, О. О. Чуб, І. В. Краснова, О. В. Боришкевич : Прогнозування та хеджування фінансових ризиків. Київ. 2014  
URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197277199.pdf>
2. К. С. Панченко: Оцінка та управління ринковим ризиком комерційного банку . 2018  
URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/5\\_2018/11.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/5_2018/11.pdf)
3. Knight, F. Augustus M. Kelley. Risk, Uncertainty and Profit. (1964)  
URL: <https://fraser.stlouisfed.org/files/docs/publications/books/risk/riskuncertaintyprofit.pdf>
4. Risk assessment breakdown: Identification, Analysis, Evaluation URL: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=892f0d15-7488-4506-9923-2399819078a0>
5. Guide for the Process of Managing Risk on Rapid Renewal Projects 2012  
URL: <https://nap.nationalacademies.org/read/22665/chapter/12#113>
6. Capital Asset Pricing Model (CAPM) Overview  
URL: [https://www.financestrategists.com/wealth-management/valuation/capital-asset-pricing-model/?gclid=CjwKCAjwvJyjBhApEiwAWz2nLfymt7p7cYjqTj3\\_3xOcPz4X3o6n-EbP9G7b61IUjeNai3\\_Rqr1yFhoCTWEQAvD\\_BwE](https://www.financestrategists.com/wealth-management/valuation/capital-asset-pricing-model/?gclid=CjwKCAjwvJyjBhApEiwAWz2nLfymt7p7cYjqTj3_3xOcPz4X3o6n-EbP9G7b61IUjeNai3_Rqr1yFhoCTWEQAvD_BwE)
7. D.R. Harper. What Is Value at Risk (VaR) and How to Calculate It? URL: <https://www.investopedia.com/articles/04/092904.asp>
8. Scenario Analysis  
URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/financial-modeling/scenario-analysis/>

## 9. VALUE AT RISK (VAR)

URL:<https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pdfiles/papers/VAR.pdf>

10. Stochastic Modelling For Risk Assessment by Mahmut Horasan, Yaping He  
Western Sydney University

URL:[https://www.researchgate.net/publication/250275513\\_Stochastic\\_Modelling\\_For\\_Risk\\_Assessment](https://www.researchgate.net/publication/250275513_Stochastic_Modelling_For_Risk_Assessment)

## 11. Hull, J. C. Options, Futures, and Other Derivatives. Pearson Education. 2017

URL:[https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/options\\_futures\\_and\\_other\\_derivatives\\_8th\\_ed\\_part1.pdf](https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/options_futures_and_other_derivatives_8th_ed_part1.pdf)

## 12. Alexander, C. John Wiley &amp; Sons. Market risk analysis: Practical financial econometrics. 2008

URL:<https://pdfs.semanticscholar.org/159a/c49d31ebb0e594e993935a463c42c97874e6.pdf>

## 13. Engle, R. GARCH 101: The use of ARCH/GARCH models in applied econometrics. 2001

URL: <https://web-static.stern.nyu.edu/rengle/GARCH101.PDF>

## 14. Poon, S., &amp; Granger, C. Forecasting volatility in financial markets: A review 2003

URL:[https://www.uio.no/studier/emner/sv/oekonomi/ECON5110/v04/undervisningsmateriale/ECON5110\\_V04\\_granger.pdf](https://www.uio.no/studier/emner/sv/oekonomi/ECON5110/v04/undervisningsmateriale/ECON5110_V04_granger.pdf)

## 15. Christoffersen, P. Elements of Financial Risk Management. Academic Press. 2012

URL:[https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=YkcMBGYbRasC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Christoffersen,+P.+\(2012\).+Elements+of+Financial+Risk+Management.+Academic+Press.&ots=IQYdXyATuC&sig=v4xExRyi2G07j7QQxfs90llgu-g&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Christoffersen%2C%20P.%20\(2012\).%20Elements%20of%20Financial%20Risk%20Management.%20Academic%20Press.&f=false](https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=YkcMBGYbRasC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Christoffersen,+P.+(2012).+Elements+of+Financial+Risk+Management.+Academic+Press.&ots=IQYdXyATuC&sig=v4xExRyi2G07j7QQxfs90llgu-g&redir_esc=y#v=onepage&q=Christoffersen%2C%20P.%20(2012).%20Elements%20of%20Financial%20Risk%20Management.%20Academic%20Press.&f=false)

16. Prophet <https://facebook.github.io/prophet/>

17. Robert H. Shumway та David S. Stoffer. "Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples" 2011

<https://mybiostats.files.wordpress.com/2015/03/time-series-analysis-and-its-applications-with-examples-in-r.pdf>

## ДОДАТОК А

## Лістинг програмного продукту

```
# %%  
# This Python 3 environment comes with many helpful analytics libraries installed  
# It is defined by the kaggle/python Docker image:  
https://github.com/kaggle/docker-python  
# For example, here's several helpful packages to load  
  
import numpy as np # linear algebra  
import pandas as pd # data processing, CSV file I/O (e.g. pd.read_csv)  
  
# Input data files are available in the read-only "../input/" directory  
# For example, running this (by clicking run or pressing Shift+Enter) will list all  
files under the input directory  
  
import os  
for dirname, _, filenames in os.walk('/kaggle/input'):  
    for filename in filenames:  
        print(os.path.join(dirname, filename))  
  
# You can write up to 20GB to the current directory (/kaggle/working/) that gets  
preserved as output when you create a version using "Save & Run All"  
# You can also write temporary files to /kaggle/temp/, but they won't be saved  
outside of the current session
```

```
# %% [markdown]
## EDA

# %%
df = pd.read_csv('/kaggle/input/stock-prices/stock prices.csv')
df

# %%
df['symbol'].unique()

# %%
df['symbol'].nunique()

# %%
df.dtypes

# %%
df

# %%
(df.columns)

# %%
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import random

# Convert 'date' column to datetime type
```

```
df['date'] = pd.to_datetime(df['date'])

# Create a figure and axis for plotting
fig, ax = plt.subplots()

# Get 10 random stocks from the DataFrame
random_stocks = random.sample(list(df['symbol'].unique()), 10)

# Iterate over each stock in the random selection
for stock in random_stocks:
    stock_df = df[df['symbol'] == stock]
    # Plot the 'close' column against the index ('date')
    ax.plot(stock_df['close'], label=stock)

# Set the x-axis label
ax.set_xlabel('Date')

# Set the y-axis label
ax.set_ylabel('Closed')

# Add a legend to differentiate the stocks
ax.legend()

# Show the plot
plt.show()

# %%
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
# Convert 'date' column to datetime type
# df['date'] = pd.to_datetime(df['date'])

# Group by 'date' and calculate the average of the 'close' column
average_closed = df.groupby('date')['close'].mean()

# Create a figure and axis for plotting
fig, ax = plt.subplots()

# Plot the average closed as a line
ax.plot(average_closed.index, average_closed, label='Average market Closed')

# Set the x-axis label
ax.set_xlabel('Date')

# Set the y-axis label
ax.set_ylabel('Closed')

# Add a legend
ax.legend()

# Show the plot
plt.show()

# %% [markdown]
## Predict
```

```
# %% [markdown]
# #### Prophet

# %%
import os
import pandas as pd
import numpy as np
from prophet import Prophet
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
import warnings
import logging

logging.getLogger("prophet").setLevel(logging.WARNING)
logging.getLogger("cmdstanpy").disabled = True

# Create an empty list to store the MAE for each model
mae_list = []

with warnings.catch_warnings():
    warnings.filterwarnings("ignore")

    # Read the CSV file for the first 10 unique symbols
    symbols = df['symbol'].unique()[:10]
    for symbol in symbols:
        # Read the CSV file for the symbol
        data = df[df['symbol'] == symbol]

        # Preprocess the dataframe
```

```
data['ds'] = pd.to_datetime(data['date'])
data = data.rename(columns={"close": "y"})

# Scale the 'y' values using MinMaxScaler
scaler = MinMaxScaler()
data['y'] = scaler.fit_transform(data['y'].values.reshape(-1, 1))

prophet_yhat = []

for i in range(59):
    # Create a new Prophet model
    model = Prophet()

    # Fit the model with the data
    model.fit(data[-60 + i:])

    # Forecast using Prophet
    future = model.make_future_dataframe(periods=1, freq='D') # Extend the
dataframe by 1 day
    forecast = model.predict(future)
    yhat = forecast['yhat'].values[0]

    # Scale back the predictions and true values
    real_data = data['y'].values[-60 + i:]
    prophet_yhat.append(yhat)

# Scale back the predictions and test data
real_data = data['y'][-59:].values
```

```
# Calculate MAE
mae = np.mean(np.abs(prophet_yhat - real_data))
mae_list.append(mae)

# Set the figure size and title
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.title(f'Prophet Predictions for {symbol}\nMAE: {mae:.2f}')

# Plot predictions and true values
plt.plot(prophet_yhat)
plt.plot(real_data)
plt.legend(["Predictions", "Real data"])

# Show the plot
plt.show()

# Calculate the mean MAE
mean_mae = np.mean(mae_list)
print("Mean Absolute Error:", mean_mae)

# %% [markdown]
# ### ARIMA
# %%
import os
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
import warnings
import logging
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA

logging.getLogger("prophet").setLevel(logging.WARNING)
logging.getLogger("cmdstanpy").disabled = True

# Create an empty list to store the MAE for each model
mae_list = []

with warnings.catch_warnings():
    warnings.filterwarnings("ignore")

# Read the CSV file for the first 10 unique symbols
symbols = df['symbol'].unique()[:10]
for symbol in symbols:
    # Read the CSV file for the symbol
    data = df[df['symbol'] == symbol]

    # Preprocess the dataframe
    data['ds'] = pd.to_datetime(data['date'])
    data = data.rename(columns={"close": "y"})

    # Scale the 'y' values using MinMaxScaler
    scaler = MinMaxScaler()
    data['y'] = scaler.fit_transform(data['y'].values.reshape(-1, 1))

    arima_yhat = []
```

```
for i in range(59):
    # Create a new ARIMA model
    model = ARIMA(data['y'][-60 + i:], order=(1, 0, 0)) # Example order:
    AR(1), I(0), MA(0)

    # Fit the model with the data
    model_fit = model.fit()

    # Forecast using ARIMA
    yhat = model_fit.forecast(steps=1).values[0]

    # Scale back the predictions and true values
    real_data = data['y'].values[-60 + i:]
    arima_yhat.append(yhat)

# Scale back the predictions and test data
real_data = data['y'][-59:].values

# Calculate MAE
mae = np.mean(np.abs(arima_yhat - real_data))
mae_list.append(mae)

# Set the figure size and title
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.title(f'ARIMA Predictions for {symbol}\nMAE: {mae:.2f}')

# Plot predictions and true values
plt.plot(arima_yhat)
```

```
plt.plot(real_data)
plt.legend(["Predictions", "Real data"])

# Show the plot
plt.show()

# Calculate the mean MAE
mean_mae = np.mean(mae_list)
print("Mean Absolute Error:", mean_mae)

# %% [markdown]
# #### Prophet + ARIMA

# %%
import os
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from prophet import Prophet
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
import warnings
import logging
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA

logging.getLogger("prophet").setLevel(logging.WARNING)
logging.getLogger("cmdstanpy").disabled = True
```

```
# Create an empty list to store the MAE for each model
mae_list = []

with warnings.catch_warnings():
    warnings.filterwarnings("ignore")

# Read the CSV file for the first 10 unique symbols
symbols = df['symbol'].unique()[:10]
for symbol in symbols:
    # Read the CSV file for the symbol
    data = df[df['symbol'] == symbol]

    # Preprocess the dataframe
    data['ds'] = pd.to_datetime(data['date'])
    data = data.rename(columns={"close": "y"})

    # Scale the 'y' values using MinMaxScaler
    scaler = MinMaxScaler()
    data['y'] = scaler.fit_transform(data['y'].values.reshape(-1, 1))

    prophet_yhat = []
    arima_yhat = []

    for i in range(59):
        # Create a new Prophet model
        prophet_model = Prophet()

        # Fit the Prophet model with the data
```

```
prophet_model.fit(data[-60 + i:])

# Create a new ARIMA model
    arima_model = ARIMA(data['y'][-60 + i:], order=(1, 0, 0)) # Example
order: AR(1), I(0), MA(0)

# Fit the ARIMA model with the data
    arima_model_fit = arima_model.fit()

# Forecast using Prophet
    prophet_future = prophet_model.make_future_dataframe(periods=1,
freq='D') # Extend the dataframe by 1 day
    prophet_forecast = prophet_model.predict(prophet_future)
    prophet_yhat.append(prophet_forecast['yhat'].values[0])

# Forecast using ARIMA

arima_yhat.append(arima_model_fit.forecast(steps=1).virtual_documents/values[0
])

# Scale back the predictions and test data
real_data = data['y'][-59:].values

# Calculate the mean prediction between Prophet and ARIMA
mean_yhat = (np.array(prophet_yhat) + np.array(arima_yhat)) / 2

# Calculate MAE
mae = np.mean(np.abs(mean_yhat - real_data))
mae_list.append(mae)
```

```
# Set the figure size and title
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.title(f'Combined Predictions for {symbol}\nMAE: {mae:.2f}')

# Plot predictions and true values
plt.plot(mean_yhat)
plt.plot(real_data)
plt.legend(["Predictions", "Real data"])

# Show the plot
plt.show()

# Calculate the mean MAE
mean_mae = np.mean(mae_list)
print("Mean Absolute Error:", mean_mae)

# %% [markdown]
# ### Prophet(0.7) + ARIMA(0.3)

# %%
import os
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from prophet import Prophet
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
import warnings
```

```
import logging
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA

logging.getLogger("prophet").setLevel(logging.WARNING)
logging.getLogger("cmdstanpy").disabled = True

# Create an empty list to store the MAE for each model
mae_list = []

with warnings.catch_warnings():
    warnings.filterwarnings("ignore")

# Read the CSV file for the first 10 unique symbols
symbols = df['symbol'].unique()[:10]
for symbol in symbols:
    # Read the CSV file for the symbol
    data = df[df['symbol'] == symbol]

    # Preprocess the dataframe
    data['ds'] = pd.to_datetime(data['date'])
    data = data.rename(columns={"close": "y"})

    # Scale the 'y' values using MinMaxScaler
    scaler = MinMaxScaler()
    data['y'] = scaler.fit_transform(data['y'].values.reshape(-1, 1))

prophet_yhat = []
arima_yhat = []
```

```
for i in range(59):
    # Create a new Prophet model
    prophet_model = Prophet()

    # Fit the Prophet model with the data
    prophet_model.fit(data[-60 + i:])

    # Create a new ARIMA model
    arima_model = ARIMA(data['y'][-60 + i:], order=(1, 0, 0)) # Example
order: AR(1), I(0), MA(0)

    # Fit the ARIMA model with the data
    arima_model_fit = arima_model.fit()

    # Forecast using Prophet
    prophet_future = prophet_model.make_future_dataframe(periods=1,
freq='D') # Extend the dataframe by 1 day
    prophet_forecast = prophet_model.predict(prophet_future)
    prophet_yhat.append(prophet_forecast['yhat'].values[0])

    # Forecast using ARIMA
    arima_yhat.append(arima_model_fit.forecast(steps=1).values[0])

# Scale back the predictions and test data
real_data = data['y'][-59:].values

# Calculate the weighted mean prediction between Prophet and ARIMA
mean_yhat = (0.7 * np.array(prophet_yhat)) + (0.3 * np.array(arima_yhat))
```

```
# Calculate MAE
mae = np.mean(np.abs(mean_yhat - real_data))
mae_list.append(mae)

# Set the figure size and title
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.title(f'Combined Predictions for {symbol}\nMAE: {mae:.2f}')

# Plot predictions and true values
plt.plot(mean_yhat)
plt.plot(real_data)
plt.legend(["Predictions", "Real data"])

# Show the plot
plt.show()

# Calculate the mean MAE
mean_mae = np.mean(mae_list)
print("Mean Absolute Error:", mean_mae)

# %% [markdown]
## Find market changes

# %%
import os
import pandas as pd
import numpy as np
from prophet import Prophet
```

```
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
import warnings
import logging

logging.getLogger("prophet").setLevel(logging.WARNING)
logging.getLogger("cmdstanpy").disabled = True

# Create an empty list to store the symbols with price change
symbols_with_change = []
date_symbols_with_change = []
with warnings.catch_warnings():
    warnings.filterwarnings("ignore")

# Read the CSV file for the first 10 unique symbols
symbols = df['symbol'].unique()
for symbol in symbols:
    # Read the CSV file for the symbol
    data = df[df['symbol'] == symbol]

# Preprocess the dataframe
data['ds'] = pd.to_datetime(data['date'])
data = data.rename(columns={"close": "y"})

# Scale the 'y' values using MinMaxScaler
scaler = MinMaxScaler()
data['y'] = scaler.fit_transform(data['y'].values.reshape(-1, 1))

# Create a new Prophet model
model = Prophet()
```

```
# Fit the model with the data
model.fit(data)

# Forecast using Prophet for the next day
future = model.make_future_dataframe(periods=1, freq='D') # Extend the
dataframe by 2 days to get the next day's prediction
forecast = model.predict(future)
last_close = forecast['yhat'].values[-2]
next_close = forecast['yhat'].values[-1]

# Scale back the last close and next close prices
last_close = scaler.inverse_transform(last_close.reshape(-1, 1))
next_close = scaler.inverse_transform(next_close.reshape(-1, 1))

# Calculate the price change percentage
price_change = (next_close - last_close) / last_close * 100

# Check if the price change exceeds 5%
if np.abs(price_change) > 5:
    symbols_with_change.append(symbol)
    if len(symbols_with_change) > 3:
        break

# Print the symbols with price change exceeding 5%
if symbols_with_change:
    print("Symbols with Price Change > 5%:")
    for symbol in symbols_with_change:
        print(symbol)
```

```
else:
    print("No symbols with Price Change > 5%.")

# %%
import matplotlib.pyplot as plt

# Set the figsize for the overall plot
fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(12, 8))

# Iterate over the symbols and plot them in the corresponding subplot
for i, symbol in enumerate(symbols_with_change):
    # Calculate the subplot position
    row = i // 2 # Row index
    col = i % 2 # Column index

    # Select the subplot based on the position
    ax = axs[row, col]

    # Plot the data
    ax.plot(df[df['symbol'] == symbol]['close'])

    # Add a caption symbol
    ax.text(0.15, 0.95, symbol, transform=ax.transAxes,
            verticalalignment='top', horizontalalignment='right',
            fontsize=12, weight='bold')

# Adjust the layout and spacing between subplots
plt.tight_layout()
```

```
# Display the plot
plt.show()

# %%
import matplotlib.pyplot as plt

# Set the figsize for the overall plot
plt.figure(figsize=(10, 8))

# Iterate over the symbols and plot them
for symbol in symbols_with_change:
    plt.plot(df[df['symbol'] == symbol]['close'], label=symbol)

# Add a legend
plt.legend()

# Display the plot
plt.show()
```

## ДОДАТОК Б

Ілюстративний матеріал до доповіді

# МОДЕЛІ І ПРОГНОЗИ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

Виконав: Ревенко І.Є.  
Дипломний керівник: доцент, к.т.н. Тимощук Оксана Леонідівна

2023

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1

Визначити актуальність задач аналізу і моделювання ринкових ризиків

2

Провести аналіз різних моделей ринкових ризиків з метою вибору оптимального типу моделі для подальшого використання.

3

Виконати аналіз ринкового ризику для обраного типу фінансового активу з використанням обраної математичної моделі.

4

Виконати аналіз отриманих результатів обчислювальних експериментів і сформулювати перспективи подальших досліджень

## АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Актуальність дослідження про методи та моделі прогнозування ринкових ризиків полягає в його важливості та застосуванні в сучасному фінансовому середовищі. Ось декілька аспектів, які підкреслюють актуальність цього дослідження:

- 1 ФІНАНСОВА НЕСТАБІЛЬНІСТЬ: ФІНАНСОВІ РИНКИ ПОСТІЙНО ПІДДАЮТЬСЯ КОЛИВАННЯМ І РИЗИКАМ. У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗРОСТАЮЧОЮ ГЛОБАЛІЗАЦІЄЮ ТА ШВИДКИМИ ЗМІНАМИ У МАКРОЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ, ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ СТАЄ НАДЗВИЧАЙНО ВАЖЛИВИМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА УСПІХУ ФІНАНСОВИХ УСТАНОВ.
- 2 ЕФЕКТИВНЕ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ: ІНВЕСТОРИ, ТРЕЙДЕРИ ТА ФІНАНСОВІ АНАЛІТИКИ ПОТРЕБУЮТЬ НАДІЙНИХ ПРОГНОЗІВ РИНКОВИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ІНФОРМОВАНИХ ТА СТРАТЕГІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЯМИ, РИЗИКАМИ ТА ІНВЕСТИЦІЯМИ.
- 3 ЗАХИСТ ВІД ВТРАТ: ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ ДОПОМАГАЄ ЗМЕНШИТИ МОЖЛИВІ ФІНАНСОВІ ВТРАТИ, ОСКІЛЬКИ ДОЗВОЛЯЄ ВЧАСНО ВИЯВЛЯТИ НЕБАЖАНІ ЗМІНИ НА РИНКУ ТА ПРИЙМАТИ ВІДПОВІДНІ ЗАХОДИ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ.
- 4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОГРЕС: ЗАВДЯКИ ЗРОСТАЮЧИМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИМ ПОТУЖНОСТЯМ ТА РОЗВИТКУ АЛГОРИТМІЧНОГО ТРЕЙДИНГУ, З'ЯВЛЯЮТЬСЯ НОВІ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ СКЛАДНИХ МОДЕЛЕЙ ТА АНАЛІТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ.
- 5 НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕННЯ: ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ ПОСТІЙНО РОЗВИВАЮТЬСЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ, ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ, АНСАМБЛЕВИХ МОДЕЛЕЙ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ. АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЯГАЄ В ОНОВЛЕННІ ТА ПОГЛИБЛЕННІ ЗНАТЬ У ЦИХ НАПРЯМКАХ.

3

## Мета, об'єкт та предмет дослідження

**Мета** - підвищення якості моделювання і прогнозування фінансових ризиків завдяки реалізації інформаційної системи для аналізу фінансових процесів

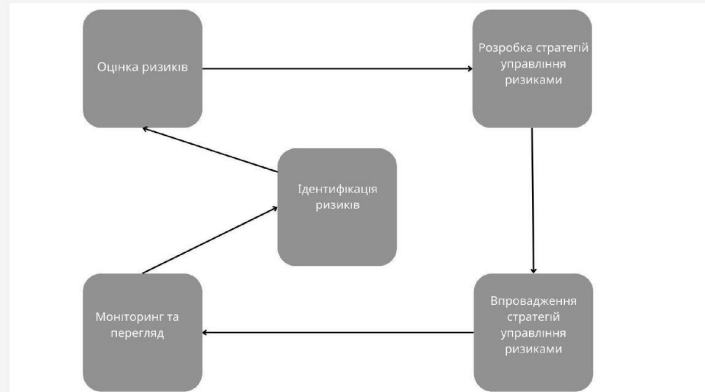
**Об'єкт дослідження** - фінансові процеси та ризики, пов'язані з використанням фінансових операцій

**Предмет дослідження:**

- Модель Value at Risk (VaR)
- Модель Capital Asset Pricing Model (CAPM)
- Метод Prophet
- Модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)
- Стохастичний та сценарний підходи до ситуаційного аналізу

4

## МЕТОДИ БОРОТЬБИ З ФІНАНСОВИМИ РИЗИКАМИ



5

## МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ПРОГНОЗІВ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

Моделі фінансових ризиків є важливим інструментом у фінансовому менеджменті. Вони дозволяють аналізувати, прогнозувати та управляти фінансовими ризиками, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення. У цьому розділі розглянемо ключові моделі фінансових ризиків, що використовуються на практиці.

- 1 МОДЕЛЬ VALUE AT RISK (VAR) Є ШИРОКО ВИКОРИСТОВУВАНОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РИЗИКУ В ФІНАНСОВОМУ УПРАВЛІННІ. ВОНА ОЦІНЮЄ МАКСИМАЛЬНИЙ МОЖЛИВИЙ ЗБИТОК ПОРТФЕЛЯ ЧИ ФІНАНСОВОЇ УСТАНОВИ З ПЕВНИМ РІВНЕМ ДОВІРИ ПРОТЯГОМ ВИЗНАЧЕНОГО ПЕРІОДУ ЧАСУ.
- 2 МОДЕЛЬ CAPITAL ASSET PRICING MODEL (CAPM) Є ВІДОМОЮ ТА ШИРОКО ВИКОРИСТОВУВАНОЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ФІНАНСОВИХ АКТИВІВ. ВОНА ДОПОМАГАЄ ІНВЕСТОРАМ ОЦІНИТИ ВАРТІСТЬ АКТИВІВ, РОЗРАХУВАТИ ДОХІДНІСТЬ ТА РИЗИКИ, А ТАКОЖ ВСТАНОВИТИ ВІДПОВІДНІ ЦІНИ ДЛЯ АКТИВІВ.
- 3 МЕТОД PROPNET Є ПОТУЖНИМ І ПРОСТИМ ІНСТРУМЕНТОМ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ, ВКЛЮЧАЮЧИ РИНКОВІ РИЗИКИ. РОЗРОБЛЕНИЙ КОМАНДОЮ FACEBOOK, ВІН ДОЗВОЛЯЄ ЕФЕКТИВНО ПРОГНОЗУВАТИ СКЛАДНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА СЕЗОННІСТЬ В ДАНИХ.
- 4 МОДЕЛЬ ARIMA Є ПОПУЛЯРНОЮ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ. ВОНА ОБ'ЄДНУЄ АВТОРЕГРЕСІЮ, РУХОМИЙ СЕРЕДНІЙ ТА ІНТЕГРАЦІЮ.

6

## Вибір та опис датасету

Для аналізу цін на акції використано датасет, доступний на платформі Kaggle.  
Датасет охоплює період з 02.01.2014 по 29.12.2017 року і містить дані про різні компанії і їхні акції.

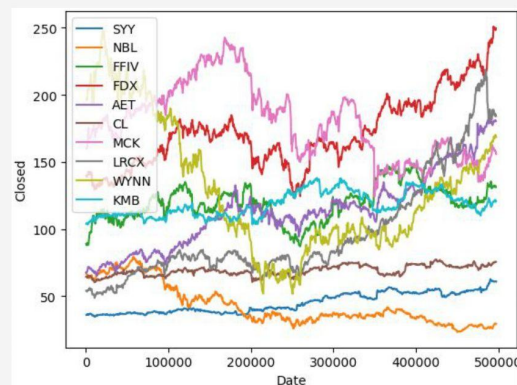
Field Name	Description
Symbol	Назва компанії
Date	Дата відкриття торгів
Open	Ціна відкриття
High	Максимальна ціна
Low	Мінімальна ціна
Close	Ціна закриття
Volume	Обсяг торгів

У цьому датасеті представлені такі дані: дата, ціна відкриття, ціна закриття, максимальна і мінімальна ціна, обсяг торгів та індекси акцій. Він надає можливість аналізувати цінову динаміку акцій різних компаній і виявляти тренди та патерни.  
на малюнку представлений опис структури датасету.

7

## АНАЛІЗ СЕРЕДНЬОЇ ДИНАМІКИ ЦІН

Для візуалізації та порівняння динаміки цін акцій, використано накладені графіки для 10 випадково обраних компаній з наявного датасету. Ці графіки демонструють зміни цін акцій цих компаній протягом певного періоду часу.



8

## ПЕРВИННИЙ АНАЛІЗ ДАТАСЕТУ

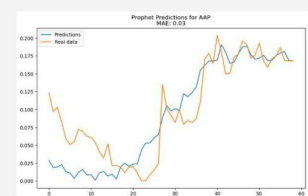
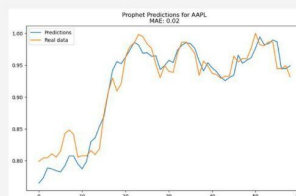
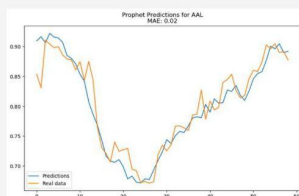
Датасет є готовим до аналізу, оскільки він не має пропущених значень і не потребує додаткового чищення, агрегації чи маніпуляцій.

Огляд датасету:

- Датасет містить інформацію про акційні ціни на протязі певного періоду.
- Кожен рядок датасету представляє окреме спостереження акційних цін.
- Столпці включають дату, ціну відкриття, максимальну ціну, мінімальну ціну, ціну закриття та обсяг торгів.

9

## МЕТОД PROPHET

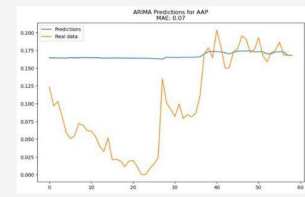
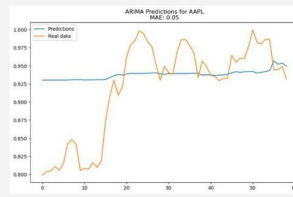
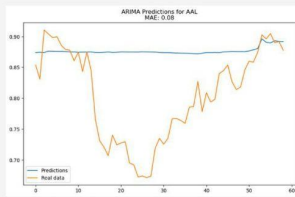


Пропозиція використовувати Prophet полягає в тому, що він автоматизує багато процесів, таких як виявлення трендів, сезонності, виявлення подій та побудова прогнозів, забезпечуючи зручний та ефективний аналіз часових рядів.

Середня похибка для цієї моделі становить 1.7%, що свідчить про високу точність прогнозів. Проте, можна розглянути інші методи прогнозування для можливого покращення якості прогнозу.

10

## МОДЕЛЬ ARIMA

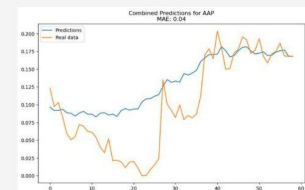
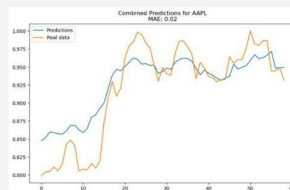
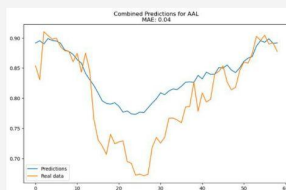


Модель ARIMA дозволяє аналізувати часові ряди, виявляти тенденції, сезонність та інші закономірності, що допомагає прогнозувати майбутні значення ряду. При застосуванні моделі ARIMA до фінансового аналізу, наприклад, прогнозування цін на акції, модель може враховувати попередні ціни на акції, шум і деякі фактори, що впливають на ціни, для отримання прогнозів майбутніх цін на акції.

Середня похибка для даної моделі складає 7.1%, що свідчить про низьку точність прогнозів. Одна з можливих причин може бути неправильне натренування моделі для прогнозування на короткий період.

11

## АНСАМБЛЕВА МОДЕЛЬ PROPHET(0.5)+ARIMA(0.5)

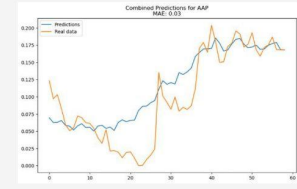
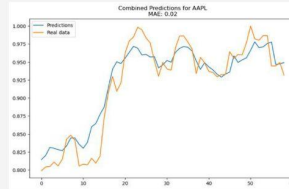
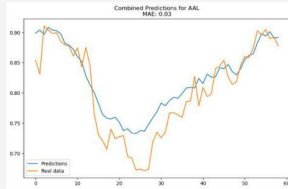


Ensemble Forecast =  $(0.5 * \text{Prophet Forecast}) + (0.5 * \text{ARIMA Forecast})$   
 0.5 - ваговий коефіцієнт, який може бути змінений в залежності від потреби.  
 Цей коефіцієнт визначає, яку частку внеску кожного методу має внести в кінцевий прогноз.

Середня похибка для даної ансамбльної моделі складає 3.6%, що свідчить про певну точність прогнозів. Проте, можлива деяка розбіжність з реальними значеннями. Це пов'язано з сильними сторонами і обмеженнями кожного методу (Prophet і ARIMA).

12

## АНСАМБЛЕВА МОДЕЛЬ PROPHET(0.7)+ARIMA(0.3)



У випадку, якщо Prophet прогнозує 80, а ARIMA прогнозує 60, і вагові коефіцієнти 0.7 для Prophet і 0.3 для ARIMA, тоді ансамбльний прогноз буде:  $\text{Прогноз} = (80 * 0.7) + (60 * 0.3) = 56 + 18 = 74$ . Таким чином, ансамблева модель використовує обидва методи з відповідними ваговими коефіцієнтами для отримання прогнозів цін акцій. Це дозволяє поєднати переваги кожного методу і зменшити їх недоліки, створюючи більш точні та гладжені прогнози.

Середня похибка для даної ансамбльної моделі складає 2.4%, що є кращим показником порівняно з іншою ансамбльною моделлю Prophet(0.5) + ARIMA(0.5). Прогнози з ансамбльної моделі Prophet(0.7) + ARIMA(0.3) є точнішими і наближаються до реальних значень цін акцій.

13

## ВИСНОВКИ

ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ БУЛО ВИКОРИСТАНО РІЗНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ, ЗОКРЕМА МЕТОД PROPHET ТА ІНШІ АНСАМБЛЬНІ МОДЕЛІ. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЯВИВ, ЩО МЕТОД PROPHET ВИЯВИВСЯ НАЙЕФЕКТИВНІШИМ У ПРОГНОЗУВАННІ ЦІН АКЦІЙ.

МЕТОД PROPHET, РОЗРОБЛЕНИЙ КОМАНДОЮ FACEBOOK, ВИКОРИСТОВУЄ СУЧАСНІ АЛГОРИТМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА СТАТИСТИЧНІ ПІДХОДИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ. ВІН ДОЗВОЛЯЄ МОДЕЛЮВАТИ СКЛАДНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА СЕЗОННІ ЗМІНИ В ДАНИХ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ БІЛЬШ ТОЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ.

ПОРІВНЯНО З ІНШИМИ МЕТОДАМИ, ВКЛЮЧАЮЧИ АНСАМБЛЬНІ МОДЕЛІ, МЕТОД PROPHET ПРОДЕМОНСТРУВАВ НАЙНИЖЧУ СЕРЕДНЮ ПОХИБКУ У ПРОГНОЗУВАННІ ЦІН АКЦІЙ. ЦЕ СВДЧИТЬ ПРО ЙОГО ВИСОКУ ТОЧНІСТЬ ТА ЗДАТНІСТЬ АДЕКВАТНО ВІДОБРАЖАТИ МАЙБУТНІ ЗМІНИ В РИНКОВИХ РИЗИКАХ.

ТАКИМ ЧИНОМ, РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ, ЩО МЕТОД PROPHET Є НАЙЕФЕКТИВНІШИМ З РОЗГЛЯНУТИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ І МОЖЕ БУТИ РЕКОМЕНДОВАНИЙ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ФІНАНСОВОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ ТА ПРИЙНЯТТІ ОБГРУНТОВАНИХ РІШЕНЬ.

14

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!