

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ**

**Проект  
з курсу ”Управління ризиками”**

**Виконали:** студенти 5 курсу  
групи КА-12мп  
Воловоденко Т.О.  
Худіков П.В.

Київ – 2021

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Технічне завдання .....                           | 2  |
| Інформація по вхідним даним .....                 | 2  |
| Аналіз вибірки .....                              | 2  |
| Постановка задачі .....                           | 5  |
| Формалізація Технічного Завдання .....            | 5  |
| Матриця ризиків .....                             | 5  |
| Теоретичні відомості про використані методи ..... | 6  |
| VaR .....   | 6  |
| Хід роботи.....                                   | 8  |
| Аналіз початкових даних .....                     | 8  |
| VaR .....   | 10 |
| VaR бектестинг .....                              | 10 |
| LSTM.....   | 11 |
| Висновок .....                                    | 12 |
| Посилання .....                                   | 12 |

### Технічне завдання

Маючи дані про значення цін акцій провідних ІТ-компаній, чи можемо визначити ризик інвестування в такі компанії.

Задача полягає у визначенні потенційного прибутку та можливих втрат від інвестування на різні часові проміжки.

### Інформація по вхідним даним

Вибірка: ціни акцій Apple, Google, Microsoft та Amazon з 2013 по 2019 рік.

### Аналіз вибірки

Побудуємо графіки що відображають дані про ціни акцій та щоденні прирости цін.

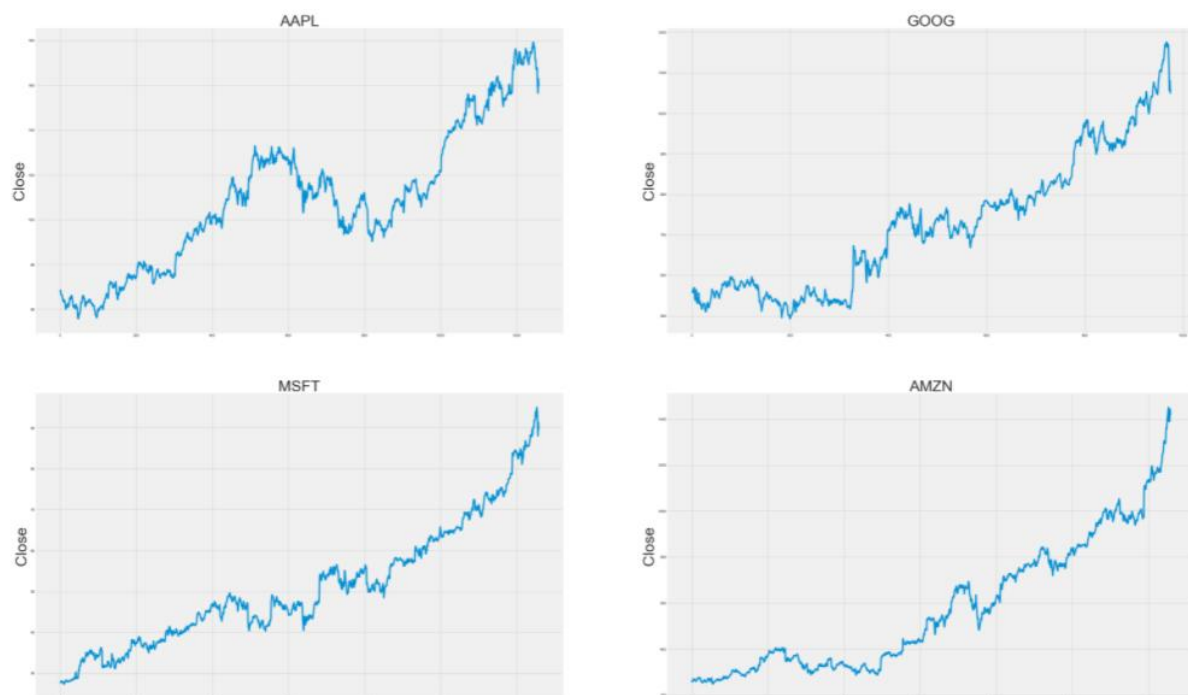


Рис. 1. Графік значень цін акцій



Рис. 2. Графік цін акцій з ковзним середнім 10 днів



Рис 3. Графік кореляцій цін акцій

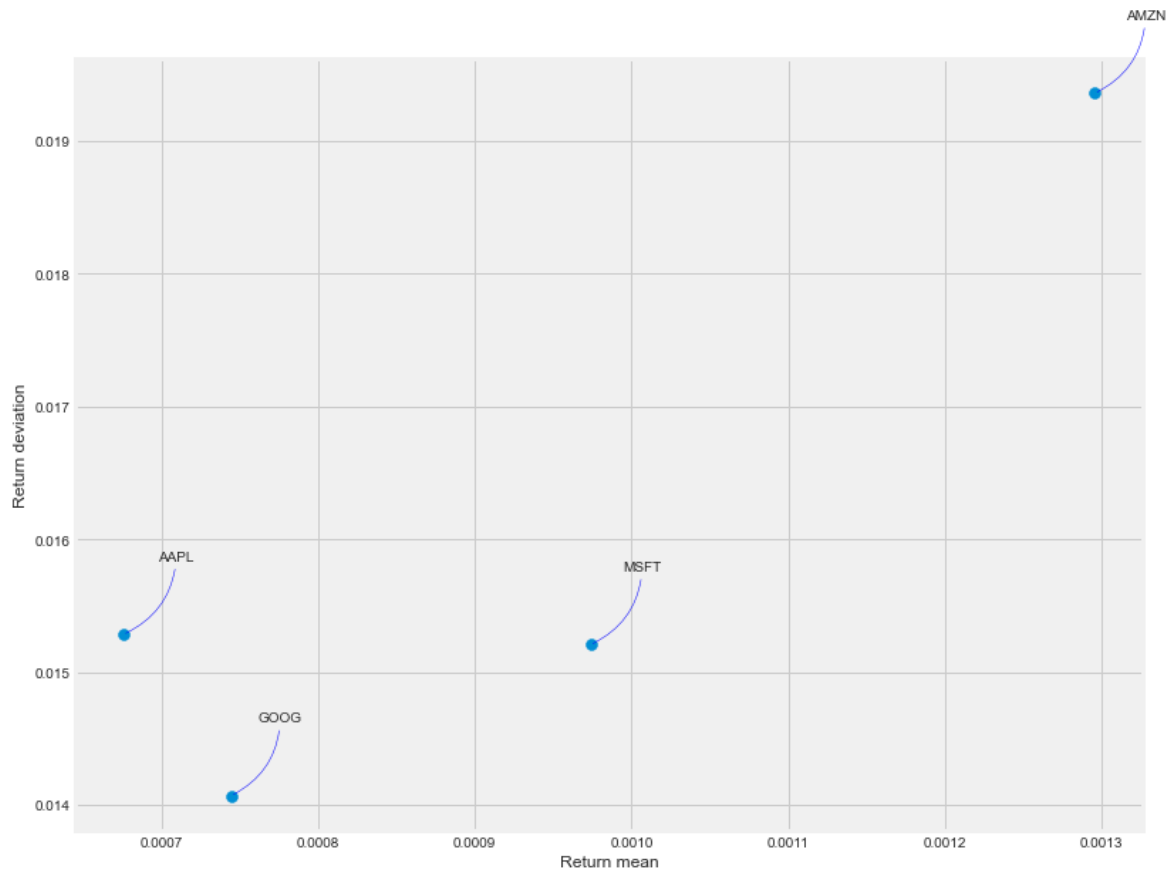


Рис. 4. Графік відношення середніх значень денного приросту від  
волатильності

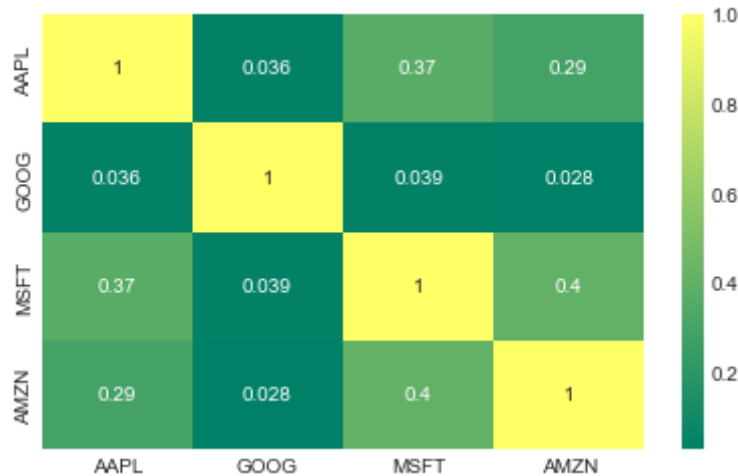


Рис. 5. Графік кореляцій денних приростів

## Постановка задачі

### Формалізація Технічного Завдання

Дане ТЗ можна розбити на наступні компоненти: Середній прибуток від портфелю низьковолатильних акцій на 1 та 10 днів, ризик втрат окремої акції на 1 день та 10 днів з довірчим інтервалом 99% з початковими інвестиціями в X доларів США:

1.1. Очікуваний прибуток при інвестуванні на 1 та 10 днів.

1.2. Оцінка можливих втрат за методологією VaR та CVaR.

### Матриця ризиків

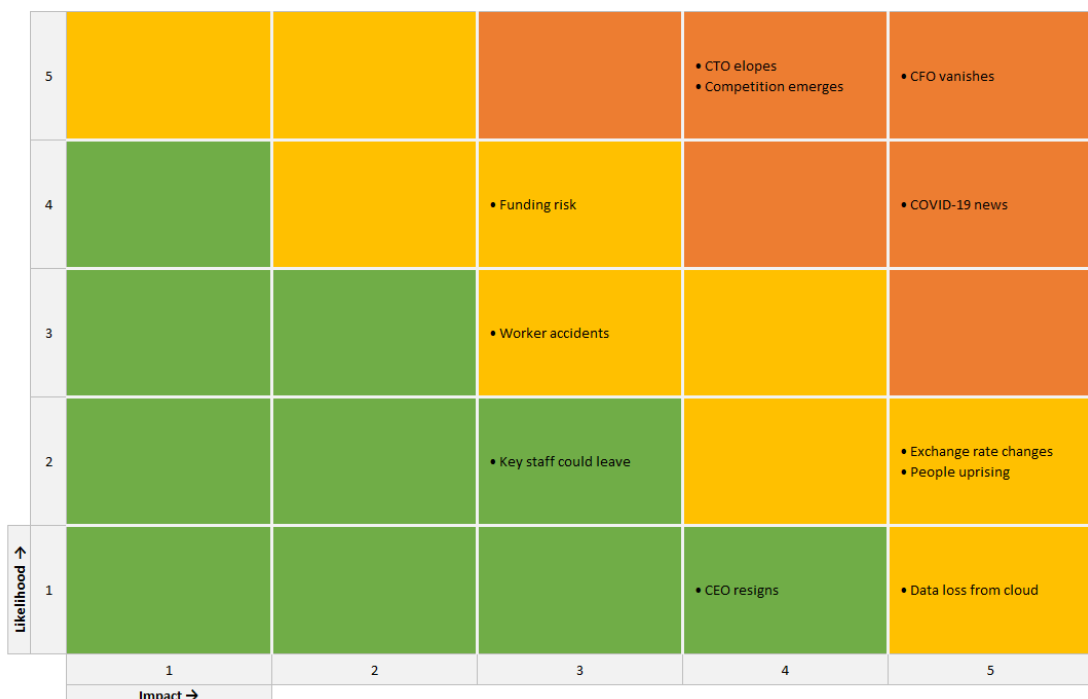


Рис. 2. Матриця Ризиків

| Title                 | Impact | Likelihood |
|-----------------------|--------|------------|
| Key staff could leave | 3      | 2          |
| Funding risk          | 3      | 4          |
| COVID-19 news         | 5      | 4          |
| Worker accidents      | 3      | 3          |
| Exchange rate changes | 5      | 2          |
| Data loss from cloud  | 5      | 1          |
| CEO resigns           | 4      | 1          |
| CFO vanishes          | 5      | 5          |
| CTO elopes            | 4      | 5          |
| People uprising       | 5      | 2          |
| Competition emerges   | 4      | 5          |

Рис. 3. Список ризиків

## Теоретичні відомості про використані методи

### VaR

#### 2. 1 Mathematical definition of Value at Risk.

Given a confidence level of  $p \in (0,1)$ , and assumed the time index of  $t$  and  $t + \alpha$ , we want to find the change asset of the  $\Delta V(\alpha)$  in the financial position over the time period  $\alpha$ . Let  $F_{\alpha}(x)$  be the cumulative distribution function (CDF) of  $\Delta V(\alpha)$ . Since the financial position is

$\Delta V(\alpha) \leq 0$ , then we can define the VaR of a long position over the time horizon  $\alpha$  for a given  $p$  as

$$p = \mathbb{P}[\Delta V(\alpha) \leq VaR] = F_{\alpha}(VaR)$$

Considering the holder of a short position, in a given time  $\alpha$  with probability  $p$ , and the financial position  $\Delta V(\alpha) \geq 0$ , the VaR is define as

$$p = \mathbb{P}[\Delta V(\alpha) \geq VaR] = 1 - \mathbb{P}[\Delta V(\alpha) \leq VaR] = 1 - F_{\alpha}(VaR)$$

Next, we will define the  $p$ -quantile of  $F_{\alpha}(x)$ , that for any CDF of  $F_{\alpha}(x)$  and the given confidence level of  $p \in (0,1)$  is

$$VaR_p = x_p = \inf\{x | F_{\alpha}(x) \geq p\}$$

$\inf$  : The smallest real number

$x_p$ : It also can write is  $VaR_p$  if  $F_{\alpha}(VaR)$  is known

Therefore, the tail behavior of the CDF of  $F_{\alpha}(x)$  or its quantile is condition necessary for approaching VaR calculation.

In the application of VaR calculation, we have already listed three factors involve in the article.

1. A time period. Such as, the time horizon  $\alpha$ .
2. The dollar amount of VaR(portfolio, assets ,etc. ).
3. A given normal market condition (or confidence interval).Such as, a confidence level of  $p \in (0,1)$

We could apply two more factors to estimate the VaR:

4. The frequency of the data.
5. The CDF of  $F_{\alpha}(x)$  or its quantiles.

## Хід роботи

### Аналіз початкових даних

Для початку ми обрахували історичні дані з виручки за 1 день та за 10 днів, після чого знайшли їх щільність розподілу, їх середнє та дисперсію.

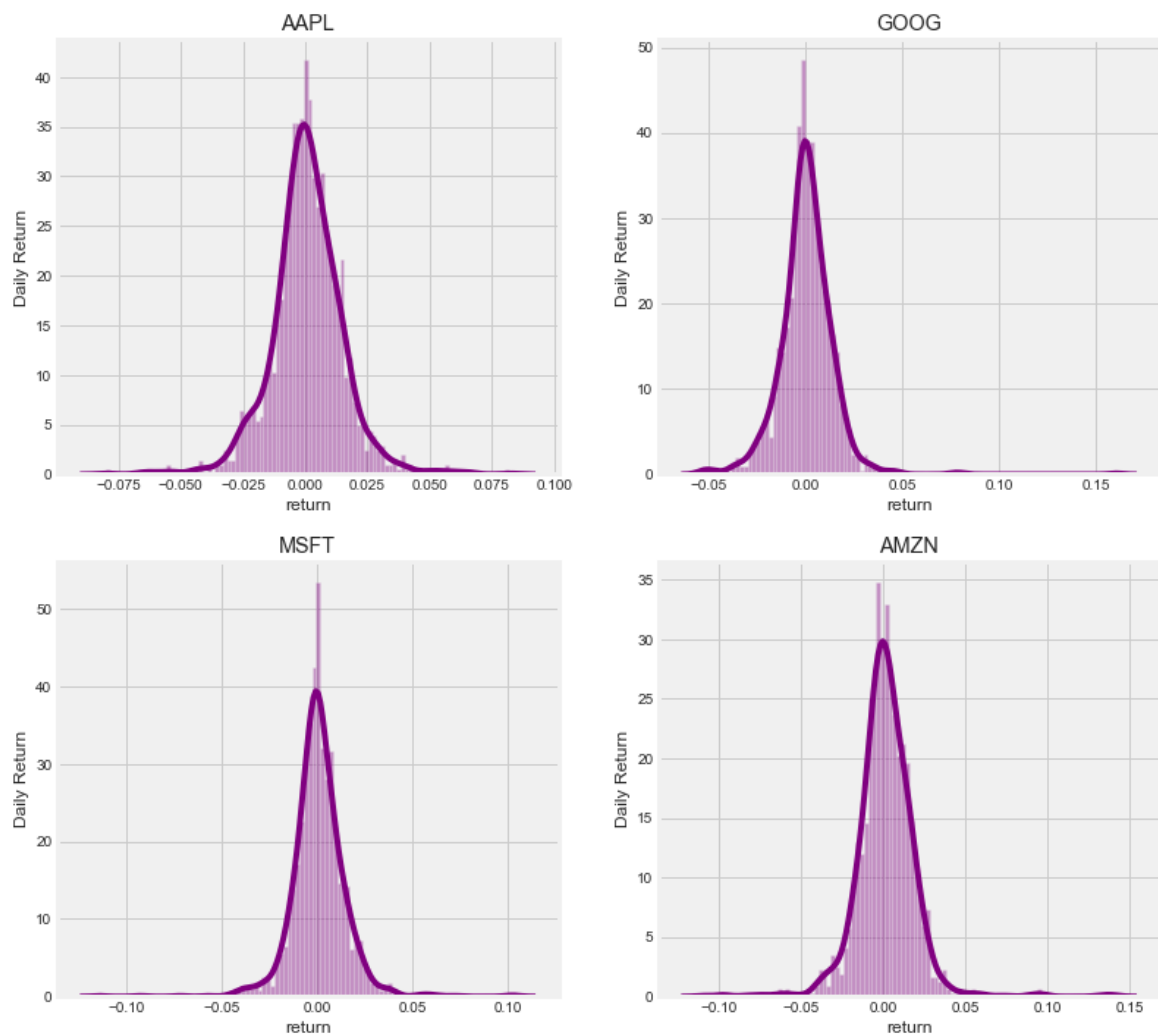


Рис. 3. Розподіл доходу за 1 день.

AAPL mean is 0.0007861966919191563  
AAPL variance is 0.014593012249654735

GOOG mean is 0.000744587445980615  
GOOG variance is 0.014068710504926708



MSFT mean is 0.0010388741225331477

MSFT variance is 0.014210172899610199

AMZN mean is 0.0015075349642273222

AMZN variance is 0.018234785907175612

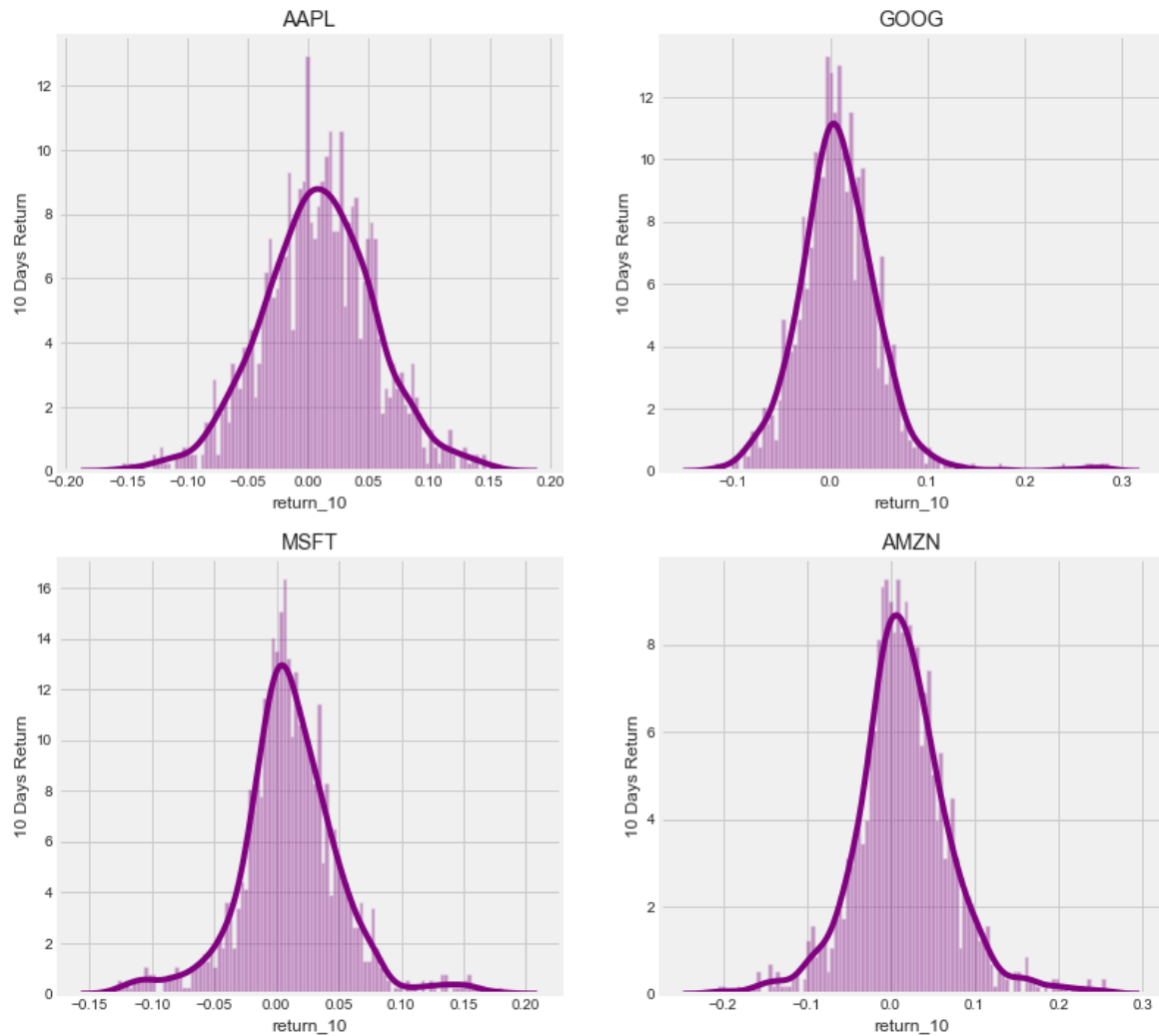


Рис. 4. Розподіл доходу за 10 днів.

AAPL mean is 0.008458366783575323

AAPL variance is 0.04679369770640446

GOOG mean is 0.008215085894682127

GOOG variance is 0.04238030523364302

MSFT mean is 0.010427471373454998

MSFT variance is 0.039985417677325066

AMZN mean is 0.015047920009291952  
AMZN variance is 0.05601019755887365

## VaR

Обчислюємо параметричний VaR, історичні VaR та Conditional VaR використовуючи історичні дані кожної акції.

Для горизонту 1 день та суми інвестицій \$1000:

| Stock | Historical VaR, \$ | Historical CVaR, \$ | Parametric VaR, \$ | Expected return, \$ |
|-------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| AAPL  | -42.205269         | -56.004843          | 35.550474          | 0.675842            |
| GOOG  | -36.072944         | -45.365946          | 32.723821          | 0.744587            |
| MSFT  | -38.523547         | -58.363429          | 35.370255          | 0.973872            |
| AMZN  | -53.040366         | -77.967922          | 45.032854          | 1.295464            |

Для горизонту 10 днів та суми інвестицій \$1000:

| Stock | Historical VaR, \$ | Historical CVaR, \$ | Parametric VaR, \$ | Expected return, \$ |
|-------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| AAPL  | -112.324874        | -129.877865         | -114.370967        | 6.934708            |
| GOOG  | -83.399354         | -96.222145          | -98.576590         | 8.215086            |
| MSFT  | -109.949895        | -118.676882         | -100.425383        | 9.318796            |
| AMZN  | -143.693709        | -165.615955         | -138.970786        | 12.826407           |

## VaR бектестинг

Бектестинг VaR проводився на вікні 10 днів та історичним методом.

Отримали, що візуально пробоїв на графіку немає, що доводить правдоподібність обраної методології з обраним довірчим інтервалом 99% (за Базелем).

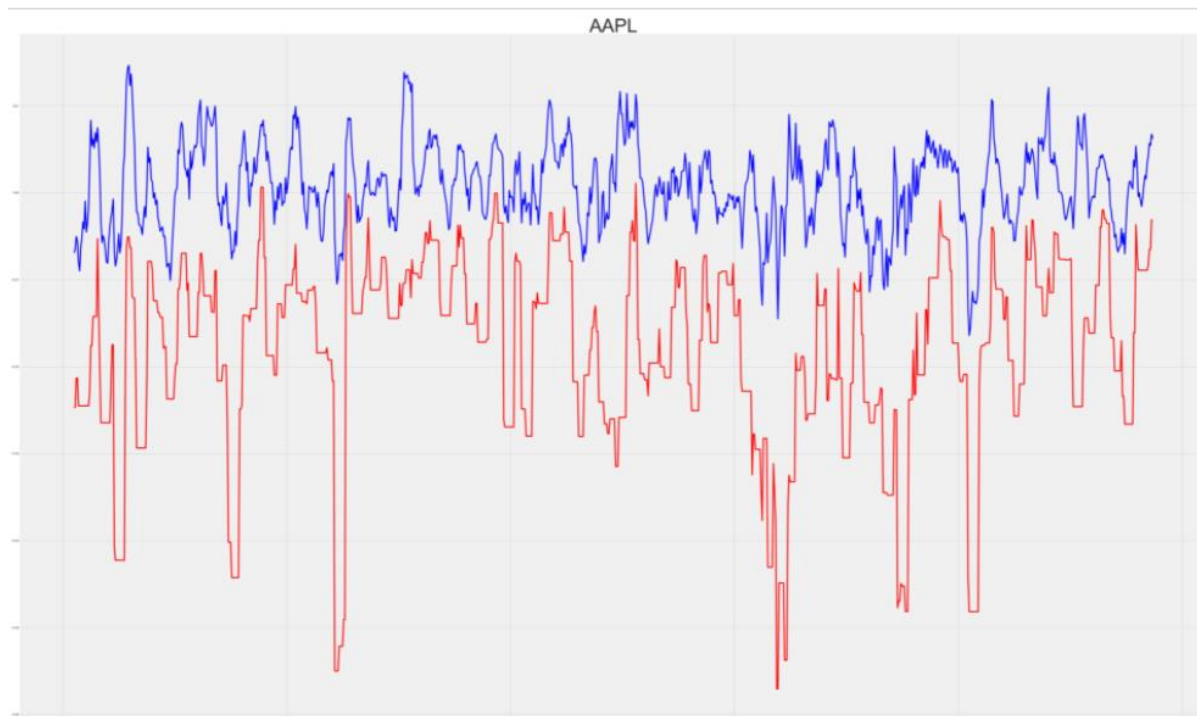


Рис. 5. Бектестинг VaR на прикладі акцій AAPL

## LSTM

На основі даних з цін акцій розробили нейронну мережу LSTM, за допомогою якої зробили прогноз цін на акції.

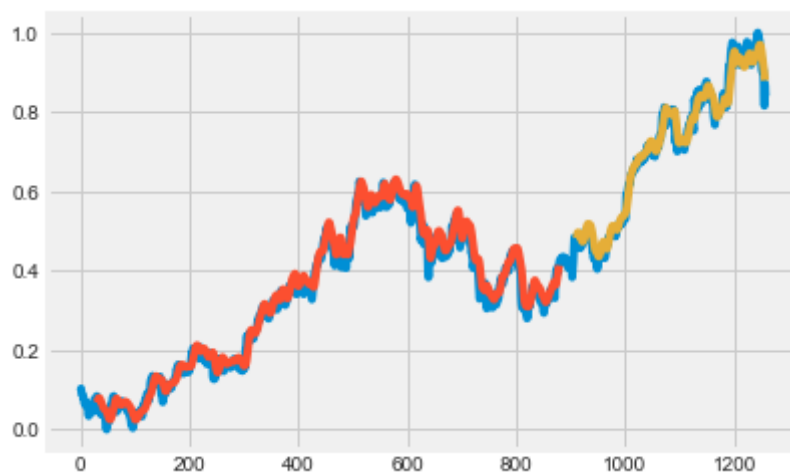


Рис. 6. Результати тестування нейронної мережі

Середньоквадратична похибка моделі (RMSE) на тренувальних даних дорівнює 0.02362, а на тестових — 0.02309, що свідчить про відсутність перенавчання мережі та її адекватність.

## Висновок

Було проаналізовано дані акцій компаній Apple, Google, Microsoft та Amazon. В результаті даною роботи розроблено систему для оцінки очікуваних прибутків та можливих втрат інвестиційного портфеля за допомогою моделей VaR, Conditional VaR та Parametric VaR.

З початковим капіталом 1000\$ очікуваний прибуток за 1 день від 6.93\$ до 12.82\$ та можливі втрати від 83.4\$ до 143.69\$ для моделі VaR, від 96.22\$ до 165.62\$ для моделі CVaR та від 98.58\$ до 138.97\$ для моделі Parametric VaR.

З результатів моделювання портфеля на 10 днів маємо більш суттєвий дохід та не набагато більший ризик, що свідчить про те, що в ці акції варто вкладатися на довгий строк.

За допомогою прогнозування з використанням нейронної мережі можлива перевірка інвестиційних стратегій та VaR-моделі у реальному часі.

## Посилання

1. <https://www.kaggle.com/camnugent/sandp500> — дані проекту.
2. [https://web.mst.edu/~huwen/teaching\\_VaR\\_Weiqian\\_Li.pdf](https://web.mst.edu/~huwen/teaching_VaR_Weiqian_Li.pdf)
3. <https://www.investopedia.com/terms/v/var.asp>
4. <https://drive.google.com/drive/folders/11pBMAAtCHfSVclAFdmJ6UXKruAEA8BcB>
5. [https://github.com/TarasVolovodenko/risks\\_project](https://github.com/TarasVolovodenko/risks_project)