

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-314-1-7>

УДК 519.86:336.76

Іван БУРТНЯК

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

<https://orcid.org/0000-0002-9440-1467>

e-mail: [ivan.burtnyak@pnu.edu.ua](mailto:ivan.burtnyak@pnu.edu.ua)

Роман РУСИН

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

<https://orcid.org/0000-0002-0472-8555>

e-mail: [roman.rusyn@pnu.edu.ua](mailto:roman.rusyn@pnu.edu.ua)

## АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ФОНДОВОГО РИНКУ

*У статті проаналізовано застосування інформаційних технологій до аналізу фондового ринку, а саме до дослідження динаміки курсу української валюти, яка дозволить зробити висновок щодо ринку в цілому. Для ознайомлення та аналізу з фінансовими даними застосовано дослідницький аналіз даних. Це підхід до узагальнення, візуалізації та глибокого ознайомлення з важливими характеристиками набору даних. Під час аналізу та передбачення динаміки складних фінансових систем в даний час не можна обійтися без такого потужного інструменту, як мови програмування Python та нейромережних технологій. Нейронні мережі знаходять нові успішні застосування в практиці управління та прийняття рішень, у тому числі у фінансовій та торговельній сферах, тобто усюди, де потрібно знайти певну приховану закономірність та зробити прогноз інструментів фондового ринку, спрямованих на досягнення макроекономічної стабілізації та динамічного розвитку фондового ринку.*

*Ключові слова:* фондовий ринок, фінансовий ринок, валютний ринок, фінансові системи, дослідницький аналіз даних, нейронна мережа.

Ivan BURTYNIAK, Roman RUSYN

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University

## ANALYSIS OF STOCK MARKET DYNAMICS

*The article analyzes the application of information technologies to the analysis of the stock market, namely to the study of the dynamics of the Ukrainian currency exchange rate, which will allow us to draw a conclusion about the market as a whole. Exploratory data analysis was used to review and analyze financial data. It is an approach to summarizing, visualizing, and gaining insight into the important characteristics of a data set. When analyzing and predicting the dynamics of complex financial systems, one cannot do without such a powerful tool as the Python programming language and neural network technologies. Neural networks find new successful applications in the practice of management and decision-making, including in the financial and trade spheres, i.e. wherever it is necessary to find a certain hidden regularity and make a forecast of stock market tools aimed at achieving macroeconomic stabilization and dynamic development of the financial market. Forecasting of the dynamics of stock market instruments is carried out, which allows for analysis and precautionary conclusions and proposals to minimize risks related to the pricing of derivatives that arise on the stock market. Neural networks are used for forecasting the exchange rate, which allows to minimize speculative changes in pricing, to analyze the progress of processes on the stock market and to take specific steps to improve the situation regarding the optimization of financial strategies. As a result of the analysis, it can be noted that information technologies are widely used in the financial sphere of activity. The effectiveness of the use of information technologies for data analysis and the ability of neural networks to one of the most sought-after tasks of financial activity - forecasting the future value of various instruments - have been proven. It can be argued that the best result is given by the combination of information technologies with expert systems, it allows to calculate the value of derivatives prices with great accuracy and to monitor changes in the speed of financial flows. The used technique allows to increase the accuracy of the forecast and to make informed management strategic decisions by the participants of the stock market.*

*Keywords:* Stock market, financial market, currency market, financial systems, research data analysis, neural network.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В наш час застосування інформаційних технологій на фінансових ринках є особливо актуальним, оскільки традиційні, які вже стали класичними, підходи були розроблені до опису для стабільного, повільно еволюціонуючого і радикально-динамічного змінюваного світу, світу, який все ще не сильно відхилився від стану рівноваги. За своєю суттю ці методи та підходи не були призначені для опису та моделювання швидких змін, непередбачуваних стрибків та складних взаємодій окремих складових сучасного світового ринкового процесу. Щодня відбуваються мільярди безготівкових фінансових транзакцій, тому інформаційні технології ідеально підходять для того, як налаштовані фінансові системи. Програмні засоби та комп'ютерні системи, що існують для автоматизації, створюють величезне значення для використання інформаційних технологій у фінансах. Передбачати динаміку фондового ринку досить зручно за допомогою різних комп'ютерних програм.

Фондовий ринок в Україні не є сильно розвиненим, а перебуває на етапі формування. Однією з причин цього відносно короткий термін існування фондового ринку. Величезні зусилля держави мають бути спрямовані на підвищення довіри у інвесторів до української економіки. Одним із важливих завдань на шляху стабілізації фондового ринку України є залучення приватних осіб для інвестування у підприємства та

великі компанії нашої країни. Для інвесторів особливо необхідним та актуальним є можливість прогнозування ситуації на ринку цінних паперів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Фундаментальні основи дослідження функціонування фондового ринку знайшли своє відображення в роботах зарубіжних та вітчизняних вчених [1–3]. Наразі вітчизняний фондовий ринок суттєво відстає від більшості європейських країн в своєму розвитку, а сегмент похідних фінансових інструментів є незначним, що обумовлено низьким рівнем прозорості операцій, недосконалістю законодавчої бази, низьким рівнем довіри з боку населення та захисту прав інвесторів. Крім того, на даний час розроблено багато підходів, які описують динаміку фондового ринку. Це відображено в працях [4, 5]. Перші роботи в цьому напрямку [6] сконцентрували увагу на методиці оцінки валютних курсів [6]. Можливості прогнозування ціноутворення інструментів фондового ринку стали предметом досліджень в [7, 8].

Ситуація на фондовому ринку України постійно змінюється під впливом глобалізаційних процесів, що відбуваються на зовнішніх фінансових ринках, внутрішньої перманентної фінансової та політичної кризи, нестабільної економічної ситуації тощо. Тому, незважаючи на значний вклад у розроблення проблематики функціонування фондового ринку, такі зміни зумовлюють об'єктивну необхідність постійного пошуку нових підходів до прогнозування динаміки фондового ринку.

### Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Незважаючи на значну кількість досліджень у даному напрямку, необхідно виділити метод застосування мови програмування Python до аналізу фондового ринку, а саме до дослідження динаміки курсу української валюти, яка дозволить зробити висновок щодо ринку в цілому. Для ознайомлення та аналізу з фінансовими даними застосовують дослідницький аналіз даних (EDA). Це підхід до узагальнення, візуалізації та глибокого ознайомлення з важливими характеристиками набору даних [9].

Дослідницький аналіз даних є важливим методом, оскільки дозволяє бути більш впевненим в тому, що майбутні результати будуть дійсними, правильно інтерпретованими та застосованими та в бажаних бізнес-контекстах. Такого рівня впевненості можна досягти лише після оцінки необроблених даних і перевірки на наявність аномалій, що гарантує, що набір даних був зібраний без помилок. EDA також допомагає знайти ідеї, які не були очевидними або варті того, щоб їх досліджували зацікавлені представники сфери бізнесу та аналітики даних, але можуть бути дуже інформативними про певну справу. Аналітик перевіряє припущення та визначає закономірності, які дозволять зрозуміти проблему та зробити вибір моделі нейромережі. Таким чином, перевіряється розподіл значень кожного поля, визначається кількість відсутніх значень і знаходять можливі шляхи їх заміни. Крім цього, можна використати методи статистики та фінансового аналізу.

### Формулювання цілей статті

Метою статті є вивчення застосування інформаційних технологій, зокрема мови програмування Python до аналізу фондового ринку, а зокрема валютного ринку. Для цього потрібно розібратися з колом конкретних питань: ознайомитися з історичними даними курсу гривні; зробити дослідницький аналіз; переглянути основні моменти, пов'язані з побудовою нейронних мереж та здійснити модель прогнозування фінансових часових рядів з їх допомогою.

### Виклад основного матеріалу

Перейдемо до безпосереднього аналізу курсу національної валюти. Програма Python має готові інструменти для подальшого дослідження фінансових даних. Валютний курс визначають за допомогою певного механізму, який має назву котируванням. У нашому випадку він буде зворотній, оскільки вартість одиниці нашої національної валюти виражається в іноземній, а саме долара. При цьому, сума в національній валюті буде дорівнювати сумі в іноземній валюті, що поділена на курс іноземної валюти. Курс купівлі буде більшим курсу продажу. Python – це інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією. Станом на осінь 2022 року вона займає перше місце у популярності серед програмістів, а отже має широку спільноту.

Спочатку нам слід завантажити історичні дані гривні курсу купівлі. Це можемо зробити за допомогою бібліотеки **yfinance**, співзвучне з назвою сайту, з якого ми отримаємо датасет. Ми аналізуємо дані з 01.01.2016 р. до 23.02. 2022 р. до початку війни в Україні, тому що прогноз під час військових дій не може бути повністю точний. Дані представлені у так званих датафреймах, певному програмному інтерфейсі з рядками і стовпцями, заповненими даними. Для подальших дій потрібно імпортувати бібліотеки **pandas**, **matplotlib** та **seaborn**. **Pandas** для маніпуляції з даними, а інші для візуалізації. За допомогою функції **shape()** перевіримо розмірність датасету, а просумувавши значення **isna()** дізнаємось чи є пропущені дані. Також за допомогою функції **describe()** можна дізнатись загальні статистичні показники наших валютних даних, а саме: кількість значень, середнє, середнє квадратичне, мінімальне, максимальне та квантилі. Наступним кроком буде візуальне представлення кожної колонки в залежності від дати спостереження.

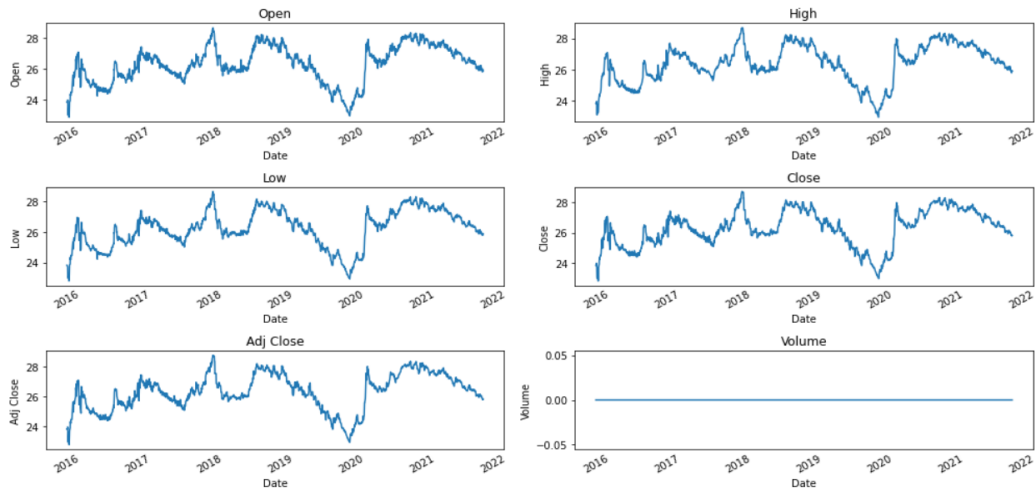


Рис. 1. Візуалізація курсу гривні

Далі за допомогою ковзних середніх можна визначити певний тренд курсу валюти.

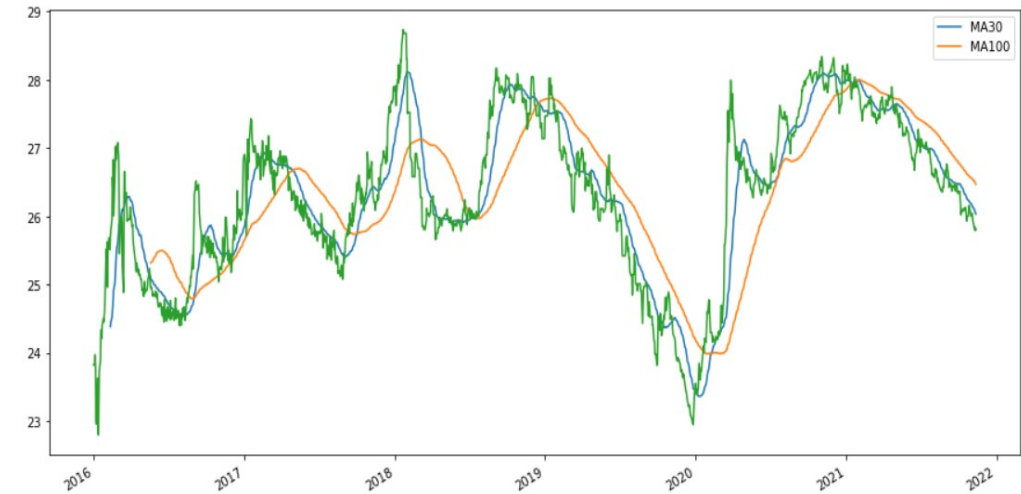


Рис. 2. Визначення тренду за допомогою ковзних середніх

Можна простежити загальновідому закономірність про те, що коли крива з меншим періодом знаходиться вище більшого, то тренд висхідний і навпаки.

Цей графік також дає можливість побачити певну сезонність, а саме: на початку кожного року курс долара росте та досягає певного максимуму та вже до літа сильно спадає. Винятком є 2020 рік, тому що через коронавірусні обмеження українська економіка постраждала. Проілюструємо це на графіку.

За допомогою візуального сприйняття і не тільки, можна перевірити нормальність розподілу цін, стаціонарність часових фінансових рядів тощо.

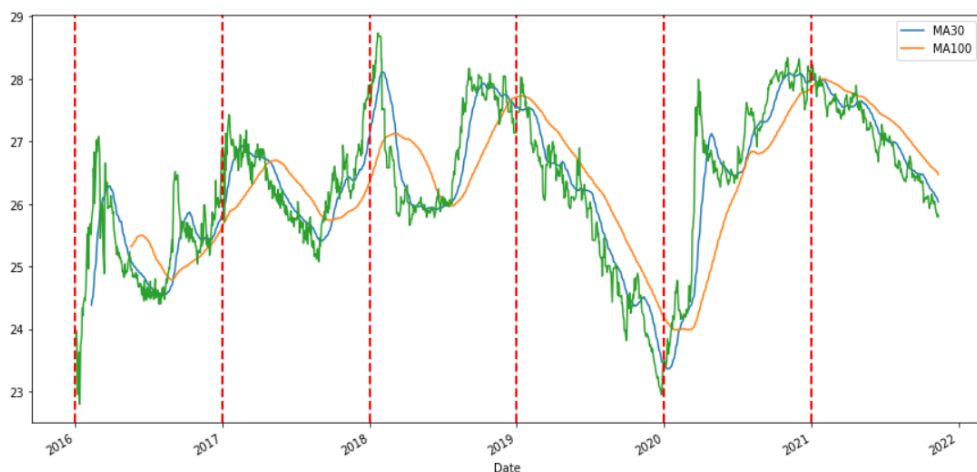


Рис. 3. Сезонність курсу валюти

Усі види цін сильно взаємопов'язані між собою, тому не тільки ціна закриття не відповідає нормальному розподілу, а й інші. Для того, щоб краще це зрозуміти, потрібно візуалізувати з допомогою діаграми розсіювання. Як видно рисунку 4, кореляція усюди є додатною та лінійною, отже зміна одного з факторів прямо пропорційно впливає на зміну інших факторів. Також у нас є можливість поррахувати волатильність гривні.

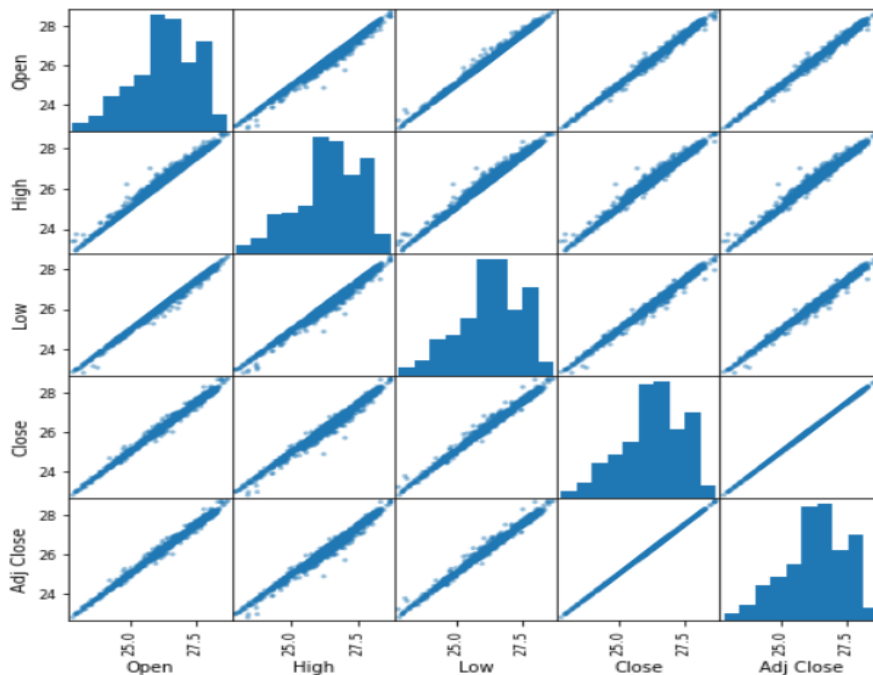


Рис. 4. Діаграма кореляції цін

Волатильність – це статистичний показник дисперсії прибутку для даного цінного паперу, валюти або ринкового індексу. У більшості випадків, чим вище волатильність, тим ризикованіший є фінансовий інструмент. Волатильність часто вимірюється як стандартне відхилення, або дисперсія між прибутковістю від того самого цінного паперу, валюти чи ринкового індексу. На фінансових ринках волатильність часто пов'язана з великими коливаннями в будь-якому напрямку. Наприклад, коли фондовий ринок зростає і спадає більш ніж на один відсоток протягом тривалого періоду часу, це називається «нестабільним» ринком. Також ми можемо це все візуалізувати.



Рис. 5. Гістограма волатильності

Волатильність гривні становить 9,73% у річному вимірі.

Провівши аналіз історичних даних курсу гривні щодо долара, можемо використати нейромережі для прогнозування майбутнього курсу.

На сьогоднішній час розроблено багато різних нейромережних моделей. Мережа дуже схожа на статистичний метод, такий як регресійний аналіз.

Навчання нейронних мереж зосереджено на наступних об'єктах:

- ✓ шарх, які об'єднуються у мережу (або модель);
- ✓ вихідних даних та відповідних їм цілях;
- ✓ функції втрат, яка визначає сигнал зворотного зв'язку, що використовується для навчання;
- ✓ оптимізатор, який визначає, як відбувається навчання.

Шар складається з невеликих окремих одиниць, які називаються нейронами. «Нейрон» у нейронній мережі — це математична функція, яка збирає та класифікує інформацію відповідно до певної архітектури. Він є її основою. Для роботи зі штучними нейронними мережами Python містить багато спеціальних інструментів. Одним із таких є бібліотеки **Numpy** і **Keras**.

Потрібно розділити набір даних на тренувальний та тестовий. На першому нейромережа буде навчатися, а на іншому випробувати свої здібності. Зробимо це у співвідношенні 80/20. Однією з особливостей буде те, що ми можемо задати те, скільки спостережень будуть впливати на передбачений результат. У нашому випадку це буде 50. Називатимемо це часовим кроком. Тобто вони впливатимуть на 51 значення. Потім все буде зміщуватись на одне значення вперед. Наведемо графік наших тестових та прогнозованих даних.



Рис. 6. Графік прогнозованих та реальних значень

Реальні значення позначено чорним, а прогнозовані рожевим. Як видно з рисунку вони майже співпадають, що дозволяє робити прогнози високої точності. Провівши аналіз та здійснивши прогноз валютного курсу, можемо з упевненістю сказати, що інформаційні технології мають значне застосування у фінансовій сфері. До того ж, потенціал для розвитку ще далеко не досягнутий у самій інформаційній індустрії, а імплементування у економічну галузь потребує певного часу. Усе це створює багато можливостей для подальшого розвитку.

### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В результаті проведеного аналізу можна відзначити, що інформаційні технології мають велике застосування у фінансовій сфері діяльності. Доведено ефективність застосування інформаційних технологій для аналізу даних та здатність нейронних мереж до однієї з найбільш затребуваної задачі фінансової діяльності – прогнозування майбутньої вартості різних інструментів. Можна стверджувати, що найкращий результат дає поєднання інформаційних технологій з експертними системами це дозволяє звести до мінімуму спекулятивні зміни в ціноутворенні, здійснювати аналіз проходження процесів на фондовому ринку та робити конкретні кроки для покращення ситуації щодо оптимізації фінансових стратегій.

Щодо перспектив подальшого розвитку, варто звернути увагу на те, що потенціал для розвитку ще не досягнутий у самій інформаційній індустрії, а імплементування у економічній галузі потребує певного часу.

### References

1. Burtnyak I.V., Malyska A. Taylor expansion for derivative securities pricing as a precondition for strategic market decisions. Problems and Perspectives in Management. 2018. № 16(1). P. 224-231.

- 
2. Burtnyak I.V. Malytska A. Application of the spectral theory and perturbation theory to the study of Ornstein-Uhlenbesck processes. *Carpathian Math. Publ.* 2018. № 10 (2). P. 273–287.
  3. Fouque J-P., Papanicolaou G., Sircar R. *Derivatives in Financial Markets with Stochastic Volatility*, Cambridge University Press. 2000. № 3. P. 210–222.
  4. Gatheral J. *The Volatility Surface: Practitioner's Guide*, John Wiley and Sons, Inc. 2006. № 5. P. 93–98.
  5. Goldstein R.S. and Keirstead W.P. On the Term Structure of Interest Rates in the Presence of Reflecting and Absorbing Boundaries, *SSRN eLibrary*. 2000. P. 381–395.
  6. Lewis A. Applications of Eigenfunction Expansions in Continuous-time Finance, *Mathematical Finance*. 1997. № 8. P. 349–383.
  7. Pelsser A. Pricing Double Barrier Options Using Laplace Transforms, *Finance and Stochastics*. 2000. № 4. P. 95–104.
  8. Thomas E. Copeland and Philip T. Keenan *Corporate finance: How much is flexibility worth? The McKinsey quarterly*. 1998. № 2. P. 45.
  9. Trigeorgis L., Mason S. Valuing Managerial Flexibility. *Midland Corporate Finance Journal*. 1987. Vol. 5. № 1. P. 14–21.