

# МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 004.8

DOI: <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2023-2-7>

## МЕТОДОЛОГІЯ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ КОТИРУВАНЬ КУРСІВ КРИПТОВАЛЮТ

**Н. О. ІВАНЧЕНКО**

кандидат економічних наук, доцент,  
доцент кафедри статистики, інформаційно-аналітичних систем і демографії,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**М. Ю. ОБЕРЕМОК**

студентка,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Анотація.** Метою цієї статті є представлення методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют, яка може бути використана для прийняття інвестиційних рішень і покращення стратегій управління ризиками. **Методика дослідження.** Методологія дослідження передбачає використання наступних методів: логічного узагальнення, системного аналізу, аналітичного методу (статистичний аналіз). **Результати.** Адаптовано схему стандарту CRISP-DM для подальшого проведення дослідження щодо прогнозування котирувань курсів криптовалют. Схема складається з 8 модулів, що охоплює всі необхідні етапи процесу прогнозування, від розуміння даних і попередньої обробки до вибору моделі, навчання, оцінки та розгортання. **Практична значущість результатів дослідження.** Результати цього дослідження мають практичне значення для інвесторів та менеджерів з ризиків, які шукають інструменти для прогнозування короткострокових цін на криптовалюту. Запропонована методологія може бути використана для створення моделі прогнозування, що в свою чергу може бути використана для прийняття інвестиційних рішень і покращення стратегій управління ризиками шляхом надання точних прогнозів майбутніх значень обмінних курсів криптовалют.

**Ключові слова:** криптовалюта, курси валют, короткострокове прогнозування, управління ризиками, CRISP-DM, Python, ARIMA, Bitcoin.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями.** Курси криптовалют відомі своєю високою волатильністю, що ускладнює прогнозування їхніх майбутніх цін. Проблема, яка розглядається в цьому дослідженні, полягає у відсутності ефективних методологій для короткострокового прогнозування курсів криптовалют. Існуючі моделі прогнозування мають такі обмеження, як недостатня точність і нездатність адаптуватися до мінливих ринкових умов. Крім того, ці моделі можуть не враховувати важливі ринкові показники, які можуть впливати на ціни криптовалют. Як наслідок, існує потреба в розробці нових методологій, які можуть підвищити точність короткострокового прогнозування курсів криптовалют. Аналіз методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют є важливим для покращення інвестиційних рішень, зниження ризику та підвищення ефективності ринку. Це також може мати ширші наслідки для

розробки нових методологій машинного навчання та аналізу даних [5; 7; 9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням у сфері прогнозування курсів криптовалют займалися наступні вчені: Ш. Корбет [7], Н. Хітам [9], Л. Катанія [6], В. Дербенцев [2; 8], А. Матвійчук [8], Н. Даценко [1] та інші. Загалом ці вчені зробили значний внесок у сферу прогнозування курсів криптовалют завдяки своїм дослідженням.

**Формування цілей статті (постановка завдання).** Мета статті – представлення методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют, яка може бути використана для прийняття інвестиційних рішень і покращення стратегій управління ризиками.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Згідно з даними CoinMarketCap [4], загальна ринкова капіталізація криптовалют значно зросла за останні кілька років. У січні



Рис. 1. Рівень капіталізації ринку криптовалют 2017–2023 рр.

Джерело: складено і побудовано за даними [4]

2017 року загальна ринкова капіталізація становила трохи більше 17 мільярдів доларів. До січня 2018 року він зріс до понад 800 мільярдів доларів. Однак у 2018 і 2019 роках ринок зазнав значної корекції, коли загальна ринкова капіталізація іноді падала нижче 150 мільярдів доларів.

Незважаючи на таку нестабільність, впровадження криптовалют продовжує зростати. За оцінками, станом на 2022 рік у світі налічувалося понад 200 мільйонів користувачів криптовалют, і очікується, що кількість користувачів продовжить зростати в найближчі роки. З точки зору обсягу торгів, Bitcoin залишається найбільш активно торговою криптовалютою, на яку припадає понад 40% загального обсягу ринку криптовалют станом на 2022 рік. Інші популярні криптовалюти Ethereum, Binance Coin, Cardano та Dogecoin. Однак популярність і обсяг торгів різними криптовалютами можуть суттєво відрізнятись з часом, оскільки ринкові умови та настрої інвесторів змінюються. Багатьох інвесторів приваблює потенціал високої прибутковості, а також децентралізований характер ринку та свобода, яку він надає від традиційних фінансових установ.

Розробка методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют важлива з кількох причин:

– **Управління ризиками:** Короткострокове прогнозування дозволяє інвесторам ефективно управляти ризиками. Вони можуть використовувати прогнозовані значення, щоб приймати обґрунтовані

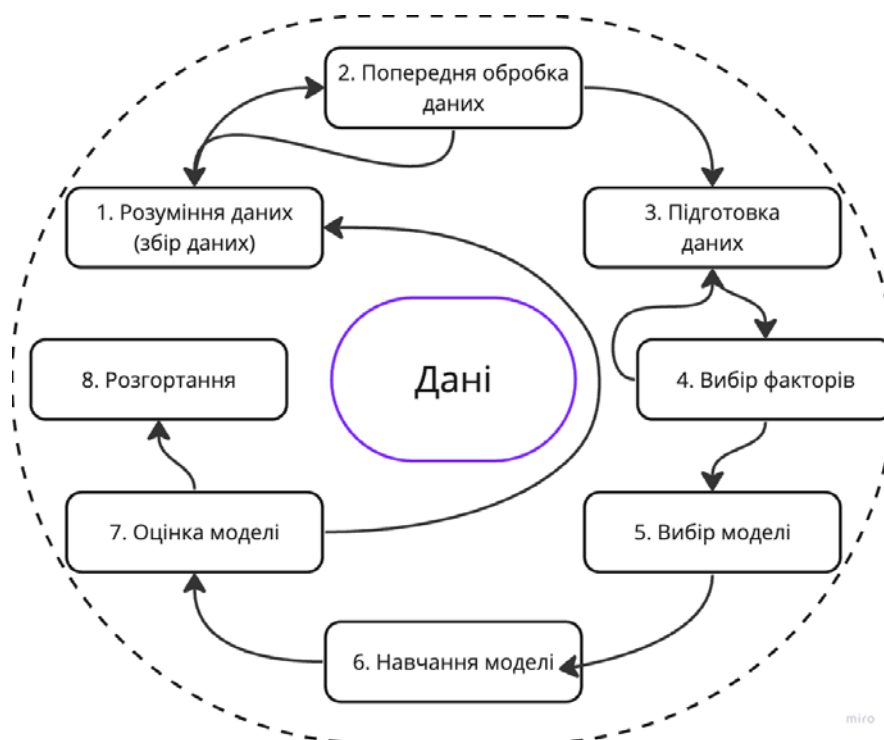
рішення про те, коли купувати чи продавати криптовалюту, а також коли виходити на ринок або виходити з нього, виходячи зі своїх інвестиційних цілей.

– **Ціноутворення:** криптовалюти дуже мінливі та можуть відчувати значні коливання цін протягом короткого періоду. Методологія короткострокового прогнозування може надати розуміння основних факторів, що спричиняють ці рухи цін, що може допомогти у визначенні цін і допоможе визначити справедливую вартість криптовалют.

– **Ефективність ринку:** більш точний прогноз цін на криптовалюту може призвести до підвищення ефективності ринку, що виграє всіх учасників ринку. Ефективність ринку – це показник того, наскільки швидко ціни пристосовуються до нової інформації, а ефективніший ринок означає, що ціни краще відображають всю доступну інформацію.

– **Інновація:** Розробка методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют вимагає використання передових аналітичних методів і моделей. Це може сприяти інноваціям і новим дослідженням у галузі аналізу даних та фінансів, оскільки дослідники прагнуть підвищити точність прогнозів цін на криптовалюту.

Для створення методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют в статті запропоновано використовувати стандарт CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) – популярна методологія, яка використовується для проектів інтелектуального аналізу даних і машинного навчання. Вона склада-



**Рис. 2.** Адапована схема для дослідження згідно стандарту CRISP-DM

*Джерело: побудовано автором*

ється з шести основних етапів [2]: розуміння бізнесу, розуміння даних, підготовка даних, моделювання, оцінка та розгортання. Цю методологію можна адаптувати для розробки методології короткострокового прогнозування курсів криптовалют наступним чином (рис. 2).

1. Розуміння даних – на цьому етапі визначаються та збираються джерела та типи даних, включаючи історичні дані про ціну криптовалюти, що аналізується, дані про обсяги та іншу відповідну інформацію, яку можна використовувати для навчання та тестування моделей прогнозування. Цей етап включає дослідження даних і оцінку їх якості. У якості джерел інформації можуть виступати біржі криптовалют, фінансові веб-сайти та API.

2. Попередня обробка даних, щоб усунути будь-які викиди, прогалини або помилки в даних. Це можна зробити за допомогою різних статистичних методів, включаючи інтерполяцію, регресійний аналіз і згладжування даних.

3. Підготовка даних: на цьому етапі дані очищаються, трансформуються та попередньо обробляються для створення набору даних, який можна використовувати для моделювання.

4. Вибір факторів: наступним кроком є вибір відповідних факторів, які можуть вплинути на вартість аналізованої криптовалюти. Це включає такі фактори, як обсяг торгів, ринкові настрої, мережева активність і технічні індикатори.

5. Вибір моделі: наступним кроком є вибір моделі для короткострокового прогнозування курсу криптовалюти. Найбільш релевантними з точки зору прогнозування упорядкованих в часі даних є моделі часових рядів, регресійні моделі або моделі глибокого навчання.

6. Навчання моделі на історичних даних про ціни та вибраних факторів. Цей етап передбачає навчання моделі на відібраних даних та оптимізацію параметрів моделі за допомогою різних методів, включаючи перехресну перевірку.

7. Оцінка моделі: наступним етапом є оцінка продуктивності навченої моделі на основі даних тестування. Це передбачає обчислення різних показників, включаючи середню абсолютну похибку та середню квадратичну похибку.

8. Розгортання: на цьому етапі вибрана модель розгортається для створення короткострокових прогнозів обмінних курсів криптовалюти. Цей етап передбачає розробку програми або програмного засобу, який може приймати нові дані та надавати оновлені прогнози.

Ця методологія була основою для подальшого дослідження, а саме для побудови моделі короткострокового прогнозування курсу Bitcoin.

1. Розуміння даних: Історичні дані про ціну Bitcoin були ідентифіковані та зібрані за допомогою API (рис. 3). Цільовою валютою було обрано Bitcoin через його популярність і високу ринкову вартість. Python було обрано як мову

```
# Set the API endpoint and parameters
endpoint = 'https://www.alphavantage.co/query'
params = {
    'function': 'DIGITAL_CURRENCY_DAILY',
    'symbol': 'BTC',
    'market': 'USD',
    'apikey': 'CTSKONDLFMKDVOVM'
}

# Send a request to the API and retrieve the response as a JSON object
response = requests.get(endpoint, params=params)
data = response.json()

# Convert the JSON object to a pandas dataframe
df = pd.DataFrame.from_dict(data['Time Series (Digital Currency Daily)'], orient='index')
```

Рис. 3. Код отримання даних через API

Джерело: створено автором за даними: [3]

програмування для аналізу, яка має низку потужних бібліотек, таких як Pandas, Scikit-learn та ін. Період досліджуваних даних від 2020-06-06 до 2023-03-02, обсяг вибірки становив 1000 одиниць.

2. Попередня обробка даних: Дані було відсортовано від найстаріших до найновіших, і будь-які відсутні значення або викиди були видалені, щоб забезпечити точність моделі прогнозування (рис. 4).

3. Підготовка даних: Дані були розділені на набори для навчання та тестування, набір для навчання становив 80% даних. Модель ARIMA була визначена на основі попереднього аналізу даних.

4. Вибір факторів: Ціна Bitcoin на момент закриття була обрана як цільова змінна (рис. 5), а інші нерелевантні характеристики були виключені. Поділ даних відбувся на попередньому етапі, тому повторювати його не потрібно.

5. Вибір моделі: Модель ARIMA була обрана для короткострокового прогнозування обмінних курсів Bitcoin через її ефективність у моделюванні даних часових рядів.

6. Навчання моделі: Модель ARIMA було навчено з використанням даних навчального набору, а параметри моделі оптимізовано для досягнення найкращої продуктивності.

7. Оцінка моделі: Продуктивність моделі ARIMA оцінювалася шляхом обчислення серед-

ньоквадратичної помилки, тобто порівнянням прогнозованих значень із фактичними значеннями в тестовому наборі.

8. Розгортання: Навчену модель ARIMA було розгорнуто для створення короткострокових прогнозів обмінних курсів Bitcoin на наступні 10 днів, а результати представлені на рис.6.

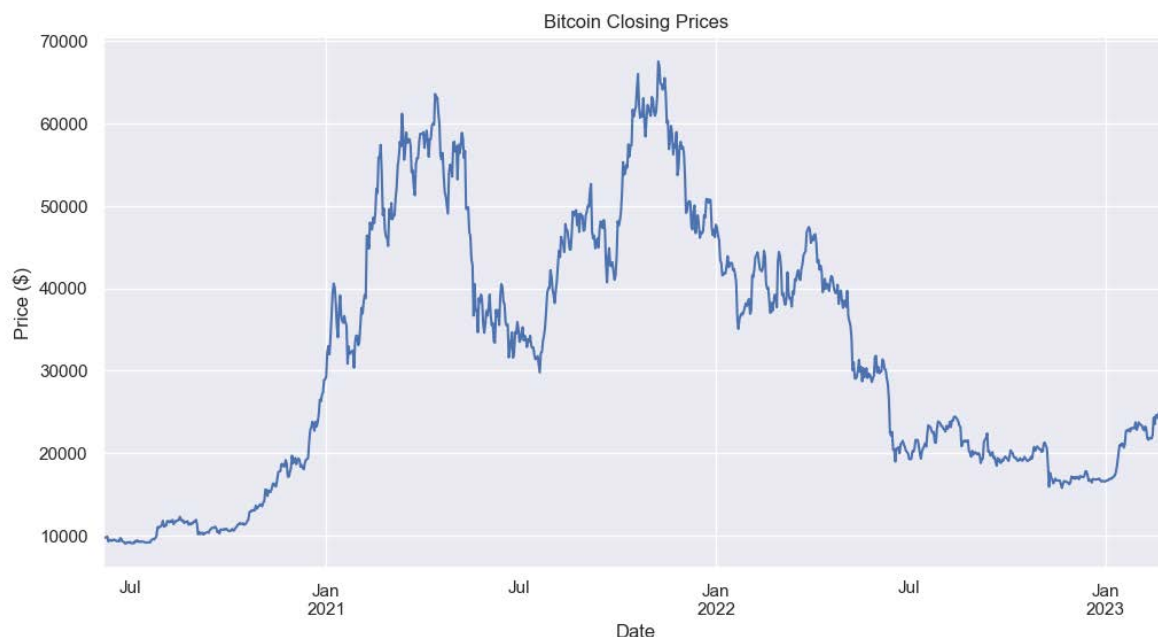
**Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі.** Адаптована методологія короткострокового прогнозування обмінних курсів криптовалют є вичерпною та охоплює всі необхідні етапи процесу прогнозування, від розуміння даних і попередньої обробки до вибору моделі, навчання, оцінки та розгортання. Вона забезпечує комплексну основу для короткострокового прогнозування курсів криптовалюти, підвищує якість прогнозів і надає цінну інформацію про ринок криптовалют.

На основі проведеного аналізу за допомоги моделі ARIMA було спрогнозовано курси Bitcoin на 10 днів із низькою середньоквадратичною помилкою. Використання мови програмування Python та набору спеціалізованих бібліотек дозволило здійснювати ефективну попередню обробку та моделювання даних, а популярність Bitcoin зробила дослідження актуальним і своєчасним.

	index	open	high	low	close	volume	market cap
1	2020-06-06	9621.17000000	9735.00000000	9531.05000000	9666.30000000	32752.95089300	32752.95089300
2	2020-06-07	9666.85000000	9802.00000000	9372.46000000	9746.99000000	57952.84838500	57952.84838500
3	2020-06-08	9746.99000000	9800.00000000	9633.00000000	9782.01000000	40664.66412500	40664.66412500
4	2020-06-09	9782.00000000	9877.00000000	9570.00000000	9772.43000000	46024.00128900	46024.00128900
5	2020-06-10	9772.44000000	9992.72000000	9704.18000000	9885.00000000	47130.76298200	47130.76298200
6	2020-06-11	9885.22000000	9964.00000000	9113.00000000	9280.40000000	94418.98473000	94418.98473000
7	2020-06-12	9278.88000000	9557.12000000	9232.51000000	9465.13000000	50119.06693200	50119.06693200
8	2020-06-13	9464.96000000	9494.73000000	9351.00000000	9473.34000000	27759.78485100	27759.78485100
9	2020-06-14	9473.34000000	9480.99000000	9245.00000000	9342.10000000	30055.50660800	30055.50660800
10	2020-06-15	9342.10000000	9495.00000000	8910.45000000	9426.02000000	86107.92470700	86107.92470700
11	2020-06-16	9426.05000000	9589.00000000	9373.09000000	9525.59000000	52052.44692700	52052.44692700

Рис. 4. Фрагмент даних для дослідження

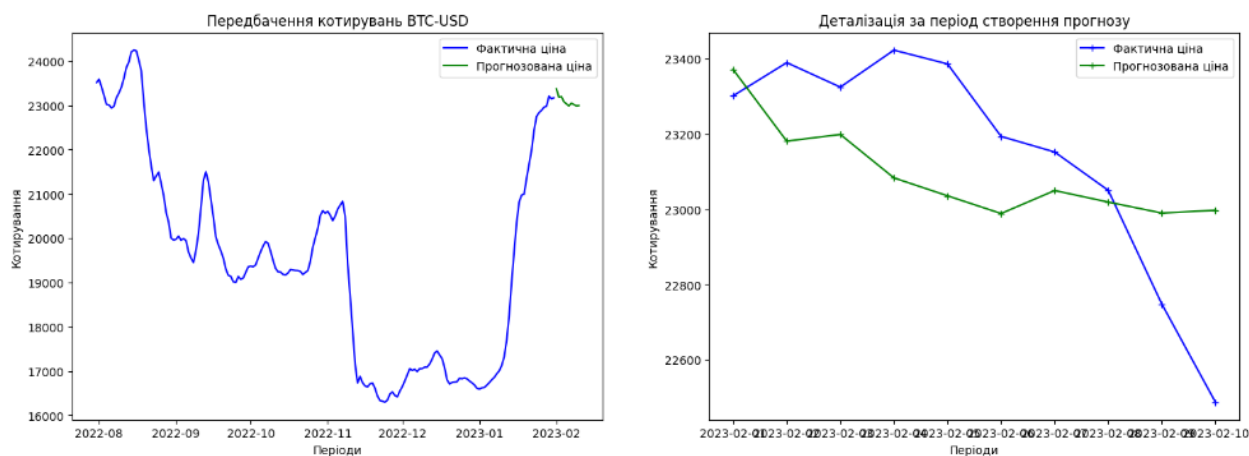
Джерело: побудовано автором



**Рис. 5. Зміна ціни Bitcoin на момент закриття за обраний час дослідження**

Джерело: побудовано автором

Середня абсолютна похибка: 218.656  
 Середньоквадратична помилка: 259.938  
 Коефіцієнт детермінації моделі: 0.210  
 Метрика інвестора: 0.600



**Рис. 6. Отримані результати прогнозування курсу Bitcoin на наступні 10 днів.**

Джерело: побудовано автором

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Даценко Н. В. Застосування дерев класифікації та регресії до прогнозування часових рядів фінансових інструментів. *Вчені записки. Сер. Економіко-математичні методи*. 2018. № 19. С. 169–181. URL: [https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/35922/aref\\_Datsenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/35922/aref_Datsenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата звернення: 21.02.2023).
2. Дербенцев В., Великоіваненко Г., Даценко Н. Застосування методів машинного навчання до прогнозування часових рядів криптовалют. *Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці*. 2019. № 8. С. 65–93. DOI: <http://doi.org/10.33111/nfnte.2019.065> (дата звернення: 03.03.2023).
3. Сайт Alpha Vantage. URL: <https://www.alphavantage.co> (дата звернення: 26.02.2023).
4. Сайт Coin Market Cap. URL: <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin> (дата звернення: 20.02.2023).
5. Akyildirim E., Goncu A., Sensoy A. Prediction of Cryptocurrency Returns Using Machine Learning. 2018. URL: <https://www.researchgate.net/publication/329322600> (дата звернення: 25.02.2023).
6. Catania L., Grassi S. Modelling Crypto-Currencies Financial TimeSeries. *CEIS Research Paper*. 2017. Vol. 15. Iss. 8. No. 417. P. 1–39. URL: <https://ideas.repec.org/p/rtv/ceisrp/417.html> (дата звернення: 26.02.2023).



7. Corbet, Shaen and Lucey, Brian M. and Urquhart, Andrew and Yarovaya, Larisa, Cryptocurrencies as a Financial Asset: A Systematic Analysis. March 18, 2018. URL: <https://ssrn.com/abstract=3143122> (дата звернення: 26.02.2023).
8. Derbentsev V., Matviychuk A., Soloviev V.N. Forecasting of Cryptocurrency Prices Using Machine Learning. In: Pichl L., Eom C., Scalas E., Kaizoji T. (eds) *Advanced Studies of Financial Technologies and Cryptocurrency Markets*. Springer, Singapore, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4498-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4498-9_12) (дата звернення: 26.02.2023).
9. Hitam N. A., Ismail A. R. Comparative Performance of Machine Learning Algorithms for Cryptocurrency. *ResearchGate*. 2018. P. 1–11. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327415267> (дата звернення: 20.02.2023).

## REFERENCES

1. Datsenko, N. V. (2018). Zastosuvannya derev klasyfikatsii ta rehresii do prohnozuvannya chasovykh riadiv finansovykh instrumentiv. *Vcheni zapysky. Ser. Ekonomiko-matematychni metody*, no. 19, pp. 169–181. Available at: [https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/35922/aref\\_Datsenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/35922/aref_Datsenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (accessed 21 February 2023).
2. Derbentsev, V., Velykoivanenko, H., & Datsenko, N. (2019). Zastosuvannya metodiv mashynnoho navchannia do prohnozuvannya chasovykh riadiv kryptovaliut. *Neiro-nechitki tekhnolohii modeliuvannia v ekonomitsi*, no. 8, pp. 65–93. DOI: <http://doi.org/10.33111/nfme.2019.065> (accessed 03 March 2023).
3. Sait Alpha Vantage. Available at: <https://www.alphavantage.co> (accessed 26 February 2023).
4. Sait Coin Market Cap. Available at: <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin> (accessed 20 February 2023).
5. Akyildirim, E., Goncu, A., & Sensoy, A. (2018) Prediction of Cryptocurrency Returns Using Machine Learning. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/329322600> (accessed 25 February 2023).
6. Catania, L., & Grassi, S. (2017). Modelling Crypto-Currencies Financial TimeSeries. *CEIS Research Paper*, vol. 15, iss. 8, no. 417, pp. 1–39. Available at: <https://ideas.repec.org/p/rtv/ceisrp/417.html> (accessed 26 February 2023).
7. Corbet, Shaen and Lucey, Brian M. and Urquhart, Andrew and Yarovaya, Larisa, Cryptocurrencies as a Financial Asset: A Systematic Analysis (March 18, 2018). Available at: <https://ssrn.com/abstract=3143122> (accessed 26 February 2023).
8. Derbentsev, V., Matviychuk, A., & Soloviev, V. N. (2020). Forecasting of Cryptocurrency Prices Using Machine Learning. In: Pichl L., Eom C., Scalas E., Kaizoji T. (eds). *Advanced Studies of Financial Technologies and Cryptocurrency Markets*. Springer, Singapore. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4498-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4498-9_12) (accessed 26 February 2023).
9. Hitam, N. A., & Ismail, A. R. (2018). Comparative Performance of Machine Learning Algorithms for Cryptocurrency. *ResearchGate*, pp. 1–11. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/327415267>. (accessed 20 February 2023).

*Nadiia Ivanchenko, Mariia Oberemok, Taras Shevchenko National University of Kyiv. The methodology for short-term forecasting of cryptocurrency exchange rates.*

**Annotation.** The purpose of this article is to present the methodology of short-term forecasting of cryptocurrency exchange rates, which describes the main stages of statistical research using methods of intelligent data analysis and machine learning. The growing number of cryptocurrencies and their high volatility have made cryptocurrency exchange rate forecasting an important research topic. Short-term forecasting of cryptocurrency exchange rates is difficult due to their high volatility, lack of a fundamental valuation model, and the influence of many factors. Creating a methodology for short-term forecasting of cryptocurrency exchange rates provides a comprehensive basis for further statistical analysis and constructing a forecasting model. **Methodology of research.** Research methodology is the collection and analysis of historical data using the following methods: system analysis, analytical method (statistical analysis). **Findings.** The scheme of the CRISP-DM standard has been adapted for further research on the forecasting of cryptocurrency exchange rates. The framework consists of 8 modules covering all the necessary steps in the forecasting process, from data understanding and pre-processing to model selection, training, evaluation and deployment. **Practical value.** Developing a methodology for short-term forecasting requires extensive data analysis and research. This practical value lies in advancing statistical techniques, machine learning algorithms, and intelligent data analysis methods. It contributes to the overall understanding of cryptocurrency markets and facilitates further research in the field. The results of this study have practical implications for investors and risk managers looking for tools to predict short-term cryptocurrency prices. The proposed methodology can be used to make investment decisions and improve risk management strategies by providing accurate forecasts of future values of cryptocurrency exchange rates. This can help investors make more informed decisions about buying and selling cryptocurrencies, and help risk managers develop strategies to reduce the resulting costs.

**Keywords:** cryptocurrency, exchange rates, short-term forecasting, risk management, CRISP-DM, Python, ARIMA, Bitcoin.