

УДК 336.76, 519.237.8

DOI [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44\(1\).138-145](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44(1).138-145)**Н. Е. Кондрук¹, М. О. Зінченко², О. І. Крічфалушій³,
Т. В. Пендлишак⁴, М. О. Рябицька⁵**

¹ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
доцент кафедри кібернетики і прикладної математики,
кандидат технічних наук
natalia.kondruk@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9277-5131>

² ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
бакалавр спеціальності прикладна математика
zinchenko.maryna@student.uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3295-8199>

³ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
бакалавр спеціальності прикладна математика
krichfalushii.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8728-674X>

⁴ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
бакалавр спеціальності прикладна математика
pendlyshak.tetiana@student.uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2412-3776>

⁵ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
бакалавр спеціальності прикладна математика
riabytska.milana@student.uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7829-578X>

СЕГМЕНТАЦІЯ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ ЗА ТРЕНДАМИ ВАРТОСТІ

У сучасному світі ринок криптовалют постійно еволюціонує, відзначаючи значні зміни та тренди, які впливають на їхню вартість. Серед широкого спектру криптовалютних активів стежити за цими трендами стає все складніше та важливіше, оскільки вони не лише відображають ринкову активність, але і вказують на потенційні можливості та ризики для інвесторів та регуляторів. Актуальність задачі полягає в необхідності розуміння динаміки цього сектору, адаптування інвестиційних стратегій до змін у цінній динаміці та попиті на різні види криптовалют. В ході роботи сформовано набір даних річної вартості 200 різновидів криптовалют в несприятливому для розвитку криптовалютного ринку часовому періоді. Проведено сегментацію криптовалют за динамікою вартості криптовалютних активів на основі ліній трендів, моделей k-середніх та “ліктя”. В результаті, визначено 7 кластерів та описано їх змістовну інтерпретацію. Проведений аналіз може допомогти розробити стратегії управління ризиками та прийняття рішень для інвесторів та учасників ринку криптовалют.

Ключові слова: криптовалюта, кластеризація, k-means, метод ліктя, сегментація.

Список умовних позначень:

Bias, Intercept — зміщення;

Data Mining — інтелектуальний аналіз даних;

K-means — метод k-середніх;

Slope — кутовий коефіцієнт, нахил;

WCSS — Within-Cluster Sum of Squares (внутрішньо кластерна сума квадратів відстаней).

1. Вступ. Тема криптовалют є поширеною в сучасному світі. Від початку існування біткоіна капіталізація криптовалют значно зросла і постійно зростає, а їхня кількість постійно збільшується і вже перевищує тисячі. Існує багато досліджень щодо роботи цієї “системи”, проте її не так легко зрозуміти. З одного боку, ринок відкриває багато можливостей для інвесторів та комерційних організацій чим створює сприятливу економічну атмосферу та стимулює інновації, а з іншого, це хиткий і нестабільний спосіб заробітку, який має багато ризиків.

Криптовалюта, включаючи Біткойн, в останні роки продемонструвала значну цінність через обіг 14 мільйонів монет. Інвестори, які бачать потенціал у цій технології, формують значну частину загальної капіталізації. Цей процес ймовірно буде тривати до тих пір, поки ринок остаточно не затвердить криптовалюту та не забезпечить стабільність її вартості [1].

На відміну від деяких країн, де заборонено криптовалюту, є інші, які прогресивніші в цьому плані і навіть визнають біткойн офіційним засобом платежу. Зокрема в Україні, Верховна рада легалізувала використання віртуальних активів [1].

Дане дослідження має на меті проаналізувати, узагальнити та сегментувати основні тенденції ринку криптовалют базуючись на даних періоду з 1 жовтня 2022 по 1 жовтня 2023, використовуючи інструменти Data Mining. Відповідно, необхідно розробити програмно-аналітичну систему, яка б реалізувала методи кластеризації та надавала додаткову інформацію про фінансову поведінку криптовалют, допомагала визначити їхню перспективність при прийнятті рішень. Зокрема, основна методологія передбачає застосування алгоритмів кластеризації криптовалют на підкласи, використовуючи їх представлення у вигляді рівняння тренду, сформованого на наявних історичних даних.

2. Огляд літератури. На даний час існує достатньо багато наукових робіт присвячених аналізу ринку криптовалют. Можна виділити основні напрямки таких досліджень: побудова прогнозних моделей, сегментація цифрових валют на групи схожості та інший аналіз. Так в [2–5] проведено порівняння прогнозуючих моделей штучних нейронних мереж, авторегресійних, ансамблевих та ін.

Праці [6–8] присвячені застосуванню різних підходів кластеризації. Так в [6] пропонується нова методологія, яка заснована на застосуванні трьох різних алгоритмів розділеної кластеризації, яка, як стверджується, допомагає впорядкувати та зрозуміти основні тенденції ринку, на основі фінансової поведінки криптовалют. В [7] проведено групування криптовалют методом k-Means із використанням додаткових підходів редукції простору. В [8] проведено аналіз ринку криптовалют ієрархічною моделлю, що дало можливість визначати, яка валюта здійснює суттєвий вплив на інші, а також прийняти рішення щодо диверсифікації ризиків (інвестуючи у валюти, що знаходяться у різних кластерах).

Праця [9] присвячена аналізу 5 найпопулярніших криптовалют щодо виявлення розривів, переломів трендів і викидів, а в [10] розглянуто криптовалюту як об’єкт інвестування в Україні.

Враховуючи, що ринок криптовалют є вкрай динамічним і швидкозмінним та наявні певні “необ’єктивні” чинники, зокрема, регулювання криптовалют в різних країнах, то постає необхідність його дослідження для розуміння і виявлення можливостей, уникнення ризиків при прийнятті обґрунтованих рішень у

цьому інноваційному секторі.

3. Постановка задачі. Метою даного дослідження є проведення кластерного аналізу трендів вартості криптовалют для подальшого їхнього сегментування на однорідні групи.

Для її реалізації потрібно виконати наступні завдання:

- створити датасет вартості криптовалют за період з жовтня 2022 по жовтень 2023;
- підготувати та обробити дані;
- реалізувати кластеризацію даних;
- візуалізувати отримані результати;
- провести порівняльний аналіз результатів та зробити їх змістовну інтерпретацію.

4. Формування датасету. У дослідженні були взяті дані з <https://coinmarketcap.com/> щодо помісячної вартості 200 криптовалют у період з жовтня 2022 по жовтень 2023. За останні роки з'явилась величезна кількість нових криптовалют, частина з яких майже не торгувалась, що призвело до їхньої недовговічності. Тому для точних та якісних результатів було включено найбільші криптовалюти за ринковою капіталізацією.

5. Методи. Метод k -Means це один із найвідоміших алгоритмів кластеризації. Його принцип полягає в розподілі n спостережень на k кластерів, кожен з яких визначається центроїдом. Перевага даної моделі у її простоті та швидкості, а недолік у потребі заздалегідь визначати кількість кластерів для розбиття. Також цей алгоритм залежить від визначення початкових центроїдів, тому він є варіативним — виконуючи його кілька разів поспіль ймовірно можуть вийти різні результати.

Метод ліктя є одним із способів визначення оптимальної кількості кластерів. Для цього виявляють “лікоть” на графіку, який відображає залежність індексу суми внутрішньокластерних відстаней (WCSS) від кількості кластерів. Лікоть — це точка, де спостерігається різке зменшення приросту WCSS.

6. Експерименти. Дослідження включало аналіз 200 різних криптовалют на основі їх рівнянь трендів, які будувались методом лінійної регресії. Для покращення точності аналізу та уникнення спотворення результатів використовувалась методика виключення викидів — значень, що відхиляються від очікуваного розподілу даних. Це сприяло уточненню результатів кластеризації, що було важливим етапом у роботі над дослідженням. У випадку цього експерименту, викиди вказують на аномальні значення коефіцієнтів рівнянь трендів (кутового коефіцієнта — slope або вільного члена — bias , intercept). У результаті квантифікації отримано 15 криптовалют, які були відокремлені в окремі групи 3 та 4 для забезпечення більш точного аналізу існуючих тенденцій на ринку.

Одним із ключових етапів експерименту було групування криптовалют на основі значень кутового коефіцієнта. Основну групу криптовалют розподілено за наявним “висхідним чи низхідним трендом” розвитку їх вартості. Групування криптовалют за значенням кутового коефіцієнта (slope) було здійснене з метою виявлення тенденцій в їхній ціновій динаміці та прогнозуванням подальшого руху цін. Такий підхід використаний для виділення активів з різними темпами росту або спаду цін. Криптовалюти з кутовим коефіцієнтом менше

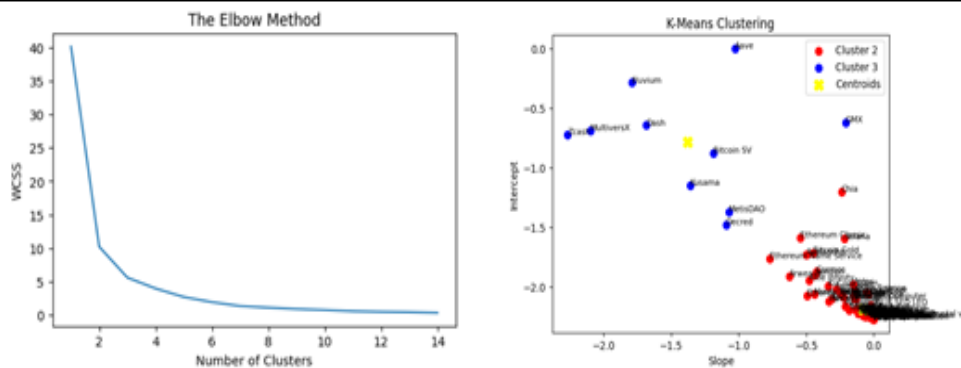


Рис. 2. Метод ліктя та візуалізація кластерної структури криптовалют групи 2.

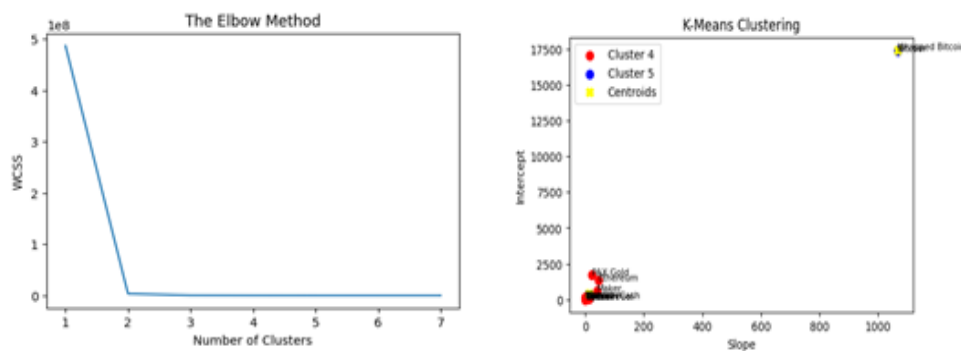


Рис. 3. Метод ліктя та візуалізація кластерної структури криптовалют групи 3.

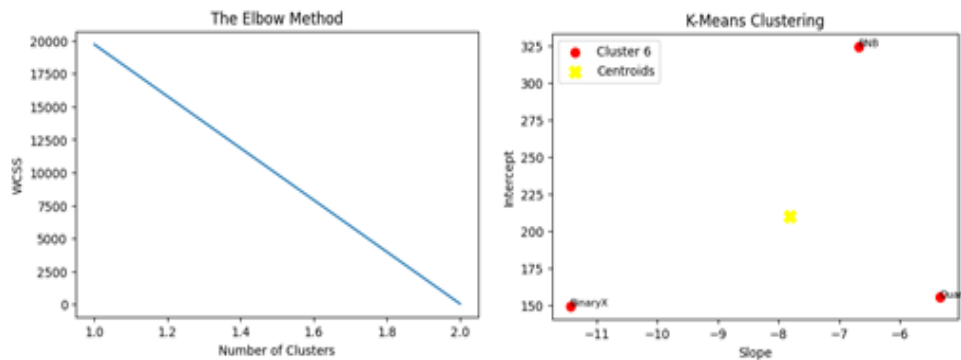


Рис. 4. Метод ліктя та візуалізація кластерної структури криптовалют групи 4.

Кластер 1 визначає криптовалюти з середнім темпом зростання вартості. Такі криптовалюти можуть бути пов'язані з інноваційними технологіями.

На рис. 2 показана кластерна структура групи 2. Ці криптовалюти мають від'ємні значення кутового коефіцієнту. Криптовалюти кластеру 2 характеризуються помірно-стабільним падінням ціни, кластеру 3 — спадаючим трендом середньої інтенсивності (кут нахилу до -66 градусів). Це означає, що у цих

криптовалют падає цінність і вони можуть втрачати свою вартість з часом у майбутньому.

У групу 3 входять дванадцять найбільш перспективних криптовалют — Bitcoin, Wrapped Bitcoin, Maker, PAX Gold, Ethereum та інші. З рис. 3 видно, що кластери 4, 5 містять криптовалюту із інтенсивно зростаючим трендом: в кластері 4 відносно недорогої по відношенню до кластера 7. Можна зробити висновки, що ця група найбільш стійка до зовнішніх чинників (війна, економічні кризи, політичні ситуації, тощо).

Група 4 включає “вартісні” криптовалюту, що показали спадний тренд, хоча вони достатньо популярні в досліджуваному періоді. Сюди входили тільки 3 криптовалюти, такі як BNB, Quant, BinaryX. Тому можна припустити, що вони не є стійкими до зовнішніх чинників в форсмажорних обставинах.

9. Висновки. Робота присвячена сегментації ринку криптовалют за трендами вартості та відображає напрямок розвитку прикладного аналізу даних [11, 12] і дозволяє зрозуміти вплив різних факторів на криптовалютний ринок та прогнозувати його подальший розвиток.

В дослідженні було створено датасет вартості 200 криптовалют в несприятливому для розвитку криптовалютного ринку часовому періоді. Це дало додаткову можливість проаналізувати його динаміку в умовах негативної кон’юнктури. Проведено сегментацію криптовалют за динамікою вартості криптовалютних активів на основі ліній трендів, моделей k-середніх та “ліктя”. В результаті, визначено 7 кластерів криптовалют та описано їх змістовну інтерпретацію. Проведений аналіз може допомогти розробити стратегії управління ризиками та прийняття рішень для інвесторів та учасників ринку криптовалют.

Список використаної літератури

1. Легалізація криптовалюти: законопроект ухвалено у другому читанні. *Слово і Діло*. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/09/08/novyna/suspilstvo/lehalizacziya-kryptovalyuty-zakonoproekt-uxvaleno-druhomu-chytanni> (дата звернення: 24.04.2024).
2. Bebeshko B. Analysis of digital cryptocurrency market forecasting methods and models. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*. 2022. Vol. 2, No. 18. P. 163–174. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.18.163174>
3. Tripathy N. et al. Empirical Forecasting Analysis of Bitcoin Prices *International journal of electrical and computer engineering systems*. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.32985/ijeces.15.1.3>
4. Tripathy N., Hota S., Mishra D. Performance analysis of bitcoin forecasting using deep learning techniques. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2023. Vol. 31, No. 3. P. 1515–1522. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v31.i3.pp1515-1522>
5. Moroz V. et al. Analysis of LSTM and GMDH network models for cryptocurrency forecasting. *Bulletin of the National Technical University "KhPI" A series of "Information and Modeling"*. 2020. Vol. 1, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2020.01.10>
6. Lorenzo L., Arroyo J. Analysis of the cryptocurrency market using different prototype-based clustering techniques. *Financial Innovation*. 2022. Vol. 8, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00310-9>
7. Сабов Д. П., Шаркаді М. М. Підходи щодо кластеризації криптовалют. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Математика і інформатика*. 2023. Т. 42, № 1. С. 201–207. DOI: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.42\(1\).201-207](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.42(1).201-207)
8. Базик І. П., Кібальник Л. О. Використання кластерного методу для аналізу ринку криптовалют. *Актуальні проблеми природничих і гуманітарних наук у дослідженнях молодих учених «Родзинка — 2019» : XXI Всеукр. наук. конф. молодих уч.* 2019. С. 70–72.
9. Gonak I., Horyn V. Cryptocurrency as an object of investment. *Scientific Notes of Ostroh Academy National University, "Economics" Series*. 2022. Vol. 1, No. 26(54). P. 71–84. DOI:

- [https://doi.org/10.25264/2311-5149-2022-26\(54\)-71-84](https://doi.org/10.25264/2311-5149-2022-26(54)-71-84)
10. Mohamed S. D., Ismail M. T., Ali M. K. B. M. Cryptocurrency Returns Over a Decade: Breaks, Trend Breaks and Outliers. *Scientific Annals of Economics and Business*. 2023. Vol. 71, No. 1. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.47743/saeb-2024-0003>
 11. Kondruk N. E. Use of length-based similarity measure in clustering problems. *Radio Electronics. Computer Science. Control*. 2018. No. 3. P. 98–105. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-3-11>
 12. Кондрук Н. Е. Моделі багатофакторного прогнозування. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Математика і інформатика*. 2022. Т. 40, № 1. С. 168–174. DOI: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.40\(1\).168-174](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.40(1).168-174)

Kondruk N. E., Zinchenko M. O., Krichfalushii O. I., Pendlyshak T. V., Ryabytska M. O. Segmentation Of The Cryptocurrency Market By Price Trends.

In today's world, the cryptocurrency market is constantly evolving, noting significant changes and trends that affect their value. Among the wide range of cryptocurrency assets, it is becoming increasingly difficult and important to follow these trends, as they not only reflect market activity but also indicate potential opportunities and risks for investors and regulators. The urgency of the task lies in the need to understand the dynamics of this sector, to adapt investment strategies to changes in price dynamics and demand for different types of cryptocurrencies. In the course of the work, a dataset of the annual value of 200 types of cryptocurrencies in a time period unfavorable for the development of the cryptocurrency market was formed. Cryptocurrencies were segmented by the dynamics of the value of cryptocurrency assets based on trend lines, k-averages and elbow models. As a result, 7 clusters are identified and their meaningful interpretation is described. The analysis can help develop risk management and decision-making strategies for investors and cryptocurrency market participants.

Keywords: cryptocurrency, clustering, k-means, elbow method, segmentation.

References

1. Legalization of cryptocurrency: the bill was passed in the second reading. *Word and Deed*. Retrieved from <https://www.slovoidilo.ua/2021/09/08/novyna/suspilstvo/lehalizacziya-kryptovalyuty-zakonoproekt-uxvaleno-druhomu-chytanni>
2. Bebeshko, B. (2022). Analysis of digital cryptocurrency market forecasting methods and models. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*. 2(18), 163–174. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.18.163174>
3. Tripathy, N., Hota, S., Mishra, D., Satapathy, P., & Kumar Nayak, S. (2024). Empirical Forecasting Analysis of Bitcoin Prices. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 15(1), 21–29. <https://doi.org/10.32985/ijeces.15.1.3>
4. Tripathy, N., Hota, S., & Mishra, D. (2023). Performance analysis of bitcoin forecasting using deep learning techniques. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 31(3), 1515–1522. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v31.i3.pp1515-1522>
5. Moroz, V., Helvig, J., Moroz, D., & Zhukov, P. (2020). Analysis of LSTM and GMDH network models for cryptocurrency forecasting. *Bulletin of the National Technical University "KhPI" A series of "Information and Modeling"*, 1(3). <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2020.01.10>
6. Lorenzo, L., & Arroyo, J. (2022). Analysis of the cryptocurrency market using different prototype-based clustering techniques. *Financial Innovation*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00310-9>
7. Sabov, D. P., & Sharkadi, M. M. (2023). Approaches to clusterization of cryptocurrencies. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series of Mathematics and Informatics*, 42(1), 201–207. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.42\(1\).201-207](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.42(1).201-207)
8. Bazik I. P., Kibalnyk L. O. (2019). Using the cluster method to analyze the cryptocurrency market, *Actual problems of natural sciences and humanities in the research of young scientists «Rodzinka — 2019»*. XXI All-Ukrainian scientific conference of young scientists.
9. Gonak, I., & Horyn, V. (2022). Cryptocurrency as an object of investment. *Scientific*

- Notes of Ostroh Academy National University, "Economics" Series*, 1(26(54)), 71–84. [https://doi.org/10.25264/2311-5149-2022-26\(54\)-71-84](https://doi.org/10.25264/2311-5149-2022-26(54)-71-84)
10. Mohamed, S. D., Ismail, M. T., & Ali, M. K. B. M. (2023). Cryptocurrency Returns Over a Decade: Breaks, Trend Breaks and Outliers. *Scientific Annals of Economics and Business*, 71(1), 1–20. <https://doi.org/10.47743/saeb-2024-0003>
 11. Kondruk, N. E. (2018) Use of length-based similarity measure in clustering problems. *Radio Electronics. Computer Science. Control*, 3(46), 98–105. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-3-11>
 12. Kondruk, N. E. (2022) Models of multivariate forecasting. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series of Mathematics and Informatics*, 40(1), 168–174. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.40\(1\).168-174](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.40(1).168-174)

Одержано 29.04.2024