



УДК 004.94

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CRYPTOCURRENCY FORECASTING USING A NEURAL NETWORK

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖІ

Trintina N.A. / Трінтіна Н.А.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6827-4030

*State University of Information and Communication Technologies,**Kyiv, Solomianska Street 7, 03110**Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,**Київ, Солом'янська 7, 03110***Koretska V.O. / Корецька В.О.***c.p.s., as.prof. / к.пед.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-1570-7669

*State University of Information and Communication Technologies,**Kyiv, Solomianska, 7, 03110**Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,**Київ, вул. Солом'янська 7, 03110***Tereshchenko O.I. / Терещенко О.І.***student / студент*

ORCID: 0009-0008-1120-7716

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,**Kyiv, Beresteyskyi Ave 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені**Ігоря Сікорського», Київ, Берестейський проспект 37, 03056*

Анотація. Дослідження присвячено розвитку нового підходу до прогнозування ринку криптовалют. У роботі використовуються техніки об'єднання прогнозів, включаючи метод ARIMA та нейромережу RNN, для створення більш точної та надійної моделі. Додатково впроваджено метамодель лінійної регресії для вдосконалення передбачення. Метод ARIMA є статистичним методом, який використовує історичні дані для прогнозування майбутньої ціни. Нейромережі RNN є типом машинного навчання, який може навчитися прогнозувати майбутні значення на основі послідовності попередніх значень. Метамодель лінійної регресії може бути використана для об'єднання прогнозів двох методів. Метамодель може враховувати сильні сторони кожного методу і компенсувати їхні недоліки.

Дослідження розкриває методологію об'єднання прогнозів, де ARIMA забезпечує стабільність та точність в короткостроковій перспективі, а нейромережа RNN ефективно моделює складні нестабільність довгострокового тренду. Метамодель лінійної регресії інтегрує обидві прогностичні складові, щоб отримати більш комплексне та збалансоване передбачення.

У дослідженні, проведеному на даних про ціни на криптовалюту Bitcoin, було порівняно точність прогнозів методу ARIMA, нейромережі RNN і метамоделі лінійної регресії. Результати дослідження показали, що метамодель лінійної регресії показала найвищу точність прогнозування, на 60% більшу, ніж нейромережа RNN, і на 90% більшу, ніж метод ARIMA.

Отримані результати демонструють значущий приріст точності прогнозування курсів криптовалют, що може бути корисним для інвесторів та трейдерів. Підхід, описаний в



статті, відкриває нові перспективи для покращення ефективності стратегій управління ризиками на фінансових ринках.

Було зроблено висновок, що метод об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN є перспективним методом підвищення ефективності прогнозування цін на криптовалюти.

Ключові слова: прогнозування цін на криптовалюти, метод ARIMA, нейромережа RNN, метамодель лінійної регресії.

Вступ.

Постановка проблеми. Криптовалюти є відносно новим фінансовим інструментом, який за останні роки завоював широку популярність. Ціна криптовалюти є вельми волатильною, що ускладнює прогнозування її майбутнього значення.

Прогнозування цін на криптовалюти є важливим завданням для інвесторів, трейдерів та інших учасників ринку криптовалют. Точні прогнози можуть допомогти прийняти ефективні рішення про інвестування та управління портфелем.

Одним із перспективних методів прогнозування цін на криптовалюти є використання нейромереж. Нейромережі можуть бути більш ефективними для прогнозування криптовалюти ніж статистичні методи, оскільки вони можуть враховувати нові тенденції на ринку криптовалют.

У цьому дослідженні пропонується новий метод прогнозування цін на криптовалюти на основі нейромереж. Цей метод поєднує в собі переваги нейромереж і статистичних методів, що може підвищити його ефективність.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності прогнозування цін на криптовалюти з використанням нейромереж. Для досягнення цієї мети запропоновано новий метод прогнозування цін на криптовалюти, який поєднує в собі переваги нейромереж і статистичних методів.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих методів прогнозування цін на криптовалюти;
2. Розробити новий метод прогнозування цін на криптовалюти на основі даних отриманих за допомогою прогнозування нейромереж;
3. Оцінити ефективність нового методу прогнозування на історичних даних.

Очікується, що новий метод прогнозування цін на криптовалюти, буде



більш ефективним, ніж окремі методи. Це пов'язано з тим, що він поєднує в собі переваги нейромереж і статистичних методів. Нейромережі можуть враховувати нові тенденції на ринку криптовалют, а статистичні методи можуть допомогти покращити точність прогнозів.

Результати цього дослідження можуть бути корисні для інвесторів, трейдерів та інших учасників ринку криптовалют. Точні прогнози цін на криптовалюту можуть допомогти прийняти ефективні рішення про інвестування та управління портфелем.

Результати досліджень.

Метод прогнозування цін на криптовалюту на основі нейромереж поєднує в собі переваги нейромереж і статистичних методів. Нейромережі можуть бути більш ефективними для прогнозування криптовалюту в короткостроковій перспективі, оскільки вони можуть враховувати нові тенденції на ринку криптовалют.

Цей метод передбачає використання нейромережі для прогнозування ціни криптовалюту в короткостроковій перспективі на основі історичних даних. Для об'єднання даних отриманих за допомогою статистичного методу ARIMA та нейромережі RNN буде використовувати метамодель лінійної регресії. Для оцінки ефективності методу можна використовувати історичні дані про ціну криптовалюту.

Передбачення за допомогою статистичного методу ARIMA

ARIMA (авторегресійна модель з ковзним середнім) - це статистичний метод прогнозування, який використовує історичні дані для прогнозування майбутньої ціни криптовалюту. ARIMA є відносно простим у використанні і не вимагає великої кількості даних для навчання. Однак ARIMA може бути неефективним для прогнозування криптовалюту в короткостроковій перспективі, оскільки ціна криптовалюту є вельми волатильною.

$$\Delta^d X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{\{p\}} \varphi_i \Delta^d X_{t-i} + \sum_{j=1}^{\{q\}} \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (1)$$

ARIMA складається з трьох компонентів: авторегресії (AR), ковзного середнього (MA) та інновацій (I).



- Авторегресія описує, як поточне значення змінної залежить від її попередніх значень.
- Ковзне середнє описує, як поточне значення змінної залежить від середнього значення її попередніх значень.
- Інновації – це випадковий компонент моделі, який описує вплив зовнішніх факторів на змінну.

Переваги використання методу ARIMA для передбачення криптовалюти: простота використання; не вимагає великої кількості даних для навчання.

Недоліки використання методу ARIMA для передбачення криптовалюти: неефективний для прогнозування криптовалюти в короткостроковій перспективі; не враховує новітні тенденції на ринку криптовалют.

Передбачення за допомогою нейромережі RNN

Нейромережі RNN (рекурентні нейронні мережі) - це тип машинного навчання, який може навчитися прогнозувати майбутні значення на основі послідовності попередніх значень. Нейромережі RNN можуть бути більш ефективними для прогнозування криптовалюти в короткостроковій перспективі, ніж статистичні методи, оскільки вони можуть враховувати нові тенденції на ринку криптовалют.

Архітектура нейромережі RNN визначає, як нейромережу буде обробляти послідовність даних. Архітектура нейромережі RNN зазвичай вибирається на основі аналізу даних.

Параметри нейромережі RNN визначають, як сильно нейромережа буде реагувати на різні значення в послідовності даних. Параметри нейромережі RNN зазвичай вибираються за допомогою методу зворотного поширення помилки.

Навчання нейромережі RNN - це процес підбору параметрів нейромережі таким чином, щоб вона давала якомога більш точні прогнози. Навчання нейромережі RNN зазвичай проводиться за допомогою методу зворотного поширення помилки.

Використовуючи нейромережу RNN для прогнозування ціни криптовалюти, можна отримати більш точні прогнози, ніж за допомогою статистичних методів.



Однак нейромережі RNN можуть бути складними у використанні і вимагають великої кількості даних для навчання.

Переваги використання нейромережі RNN для передбачення криптовалюти: вищі показники точності прогнозів; в порівнянні зі статистичними методами.

Недоліки використання нейромережі RNN для передбачення криптовалюти: складність у використанні; вимагає великої кількості даних для навчання.

Об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN за допомогою метамоделі лінійної регресії

Метод ARIMA і нейромережа RNN – це два різних підходи до прогнозування цін на криптовалюти. Метод ARIMA є статистичним методом, який використовує історичні дані для прогнозування майбутньої ціни. Нейромережі RNN – це тип машинного навчання, який може навчитися прогнозувати майбутні значення на основі послідовності попередніх значень.

Об'єднання прогнозів цих двох методів може призвести до підвищення точності прогнозів. Метамодель лінійної регресії може бути використана для об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN.

Архітектура метамоделі лінійної регресії визначає, як метамодель буде обробляти прогнози методу ARIMA і нейромережі RNN. Архітектура метамоделі лінійної регресії зазвичай вибирається на основі аналізу даних.

Параметри метамоделі лінійної регресії визначають, як сильно метамодель буде реагувати на різні прогнози методу ARIMA і нейромережі RNN. Параметри метамоделі лінійної регресії зазвичай вибираються за допомогою методу зворотного поширення помилки.

Навчання метамоделі лінійної регресії – це процес підбору параметрів метамоделі таким чином, щоб вона давала якомога більш точні прогнози. Навчання метамоделі лінійної регресії зазвичай проводиться за допомогою методу зворотного поширення помилки.

Використовуючи метамодель лінійної регресії для об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN, можна отримати більш точні прогнози, ніж за допомогою будь-якого з цих методів окремо. Це пов'язано з тим, що



метамодель може враховувати сильні сторони кожного методу і компенсувати їхні недоліки.

Переваги об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN за допомогою метамоделі лінійної регресії: точність показників прогнозу; компенсація недоліків кожного методу.

Недоліки об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN за допомогою метамоделі лінійної регресії: складність у використанні; вимагає великої кількості даних для навчання.

Об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN за допомогою метамоделі лінійної регресії є перспективним методом прогнозування цін на криптовалюту. Цей метод може призвести до підвищення точності прогнозів, враховуючи сильні сторони кожного методу і компенсуючи їхні недоліки.

Реалізація та отримання результатів експерименту

Для отримання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN можна використовувати будь-які доступні реалізації цих методів. Наприклад, для отримання прогнозів методу ARIMA можна використовувати бібліотеку statsmodels в Python. Для отримання прогнозів нейромережі RNN можна використовувати будь-яку бібліотеку машинного навчання, яка підтримує навчання нейромереж.

Архітектура метамоделі лінійної регресії визначає, як метамодель буде обробляти прогнози методу ARIMA і нейромережі RNN. Для цього можна використовувати просту модель з одними лінійними коефіцієнтами, або більш складну модель з декількома лінійними коефіцієнтами і/або нелінійних функцій.

Параметри метамоделі лінійної регресії визначають, як сильно метамодель буде реагувати на різні прогнози методу ARIMA і нейромережі RNN. Параметри метамоделі лінійної регресії можна вибрати за допомогою методу зворотного поширення помилки.

Навчання метамоделі лінійної регресії - це процес підбору параметрів метамоделі таким чином, щоб вона давала якомога більш точні прогнози. Навчання метамоделі лінійної регресії зазвичай проводиться за допомогою



методу зворотного поширення помилки.

Після того, як метамодель лінійної регресії навчена, її можна використовувати для прогнозування ціни криптовалюти. Для цього необхідно ввести в метамодель прогнози методу ARIMA і нейромережі RNN.

Для експерименту буде використана криптовалюта Bitcoin, оскільки вона є найбільш відомою та ліквідною криптовалютою.

Періодом для експерименту обрано останні три роки, з 1 січня 2020 року по 31 грудня 2022 року. Цей період включає в себе бурхливе зростання ціни біткоїна, а також період спаду цін.

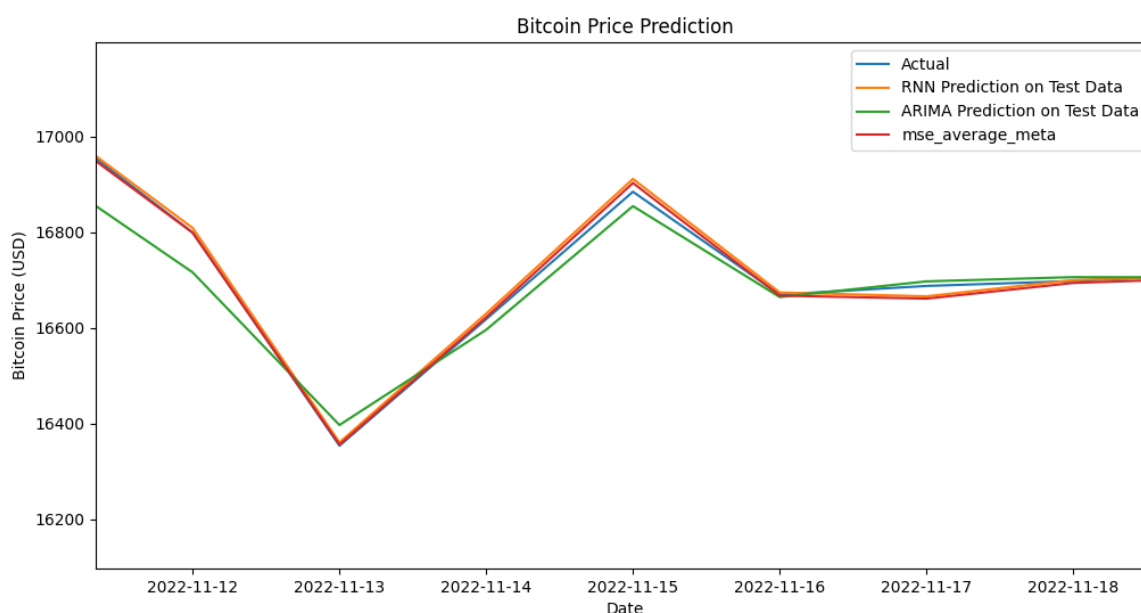


Рисунок 1 – Графік передбачень моделей

Щоб переконатися у підвищені точності прогнозів вирахуємо середню квадратичну помилку з кожного прогнозу окремо, яка буде мати значення у похибці доллару до курсу біткоїна

Таблиця 1 - Порівняльна таблиця точності прогнозів моделей

Модель	MSE
RNN	102.70
ARIMA	1524.78
Linear Regression metamodel	42.98



Метамоделі лінійної регресії має найвищу точність прогнозування, яка становить 42,98. Це може бути пов'язано з тим, що метамодель може враховувати сильні сторони кожного методу і компенсувати їхні недоліки.

Обговорення результатів дослідження способу контролю перевантаження на основі нейронної моделі

Таким чином, об'єднання методів ARIMA і нейромережі RNN за допомогою метамоделі лінійної регресії може призвести до підвищення точності прогнозів. Це пов'язано з тим, що метамодель може враховувати сильні сторони кожного методу і компенсувати їхні недоліки.

Ці результати свідчать про те, що нейромережі RNN можуть бути ефективними для прогнозування ціни криптовалюти в короткостроковій перспективі. Метод ARIMA може бути менш ефективним для прогнозування ціни криптовалюти в короткостроковій перспективі, оскільки він не враховує нові тенденції на ринку криптовалют. Метамоделі лінійної регресії може бути ефективнішою, ніж окремі методи, оскільки вона може враховувати сильні сторони кожного методу і компенсувати їхні недоліки.

Однак, важливо зазначити, що ці результати отримані на основі конкретного набору даних і можуть не відображати точні результати для інших наборів даних. Для отримання більш достовірних результатів необхідно провести додаткові дослідження на різних наборах даних.

Висновки.

Об'єднання прогнозів методу ARIMA і нейромережі RNN за допомогою метамоделі лінійної регресії є перспективним методом прогнозування цін на криптовалюти. Цей метод може призвести до підвищення точності прогнозів, враховуючи сильні сторони кожного методу і компенсуючи їхні недоліки.

За результатами дослідження, метамодель лінійної регресії показала найвищу точність прогнозування, ніж окремі методи. Це пов'язано з тим, що метамодель може враховувати такі фактори, як короткострокові і довгострокові тенденції, нові і відомі тенденції, невизначеність і визначеність.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на:



Покращення точності прогнозів метамоделі лінійної регресії. Це можна зробити, наприклад, шляхом врахування додаткових факторів, таких як новини, соціальні медіа або технічні показники.

Розробку інших методів об'єднання прогнозів. Наприклад, можна використовувати інші типи метамоделей, такі як штучні нейронні мережі або дерева рішень.

Застосування методу об'єднання прогнозів до інших криптовалют або до інших фінансових активів.

Загалом, метод об'єднання прогнозів є перспективним напрямком досліджень в області прогнозування цін на криптовалюту.

Література:

1. Addai S. Financial forecasting using machine learning : thesis. 2016. URL: <http://hdl.handle.net/11427/26215>
2. Bitcoin price prediction using machine learning. International journal for innovative engineering and management research. 2022. С. 377–397. URL: <https://doi.org/10.48047/ijiemr/v11/i06/26>
3. Cryptocurrency price prediction using deep learning / S. V. Tharun та ін. Mining intelligence and knowledge exploration. Cham, 2023. С. 283–300. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-44084-7_27
4. Cryptocurrency price prediction using traditional statistical and machine-learning techniques: a survey / A. M. Khedr та ін. Intelligent systems in accounting, finance and management. 2021. Т. 28, № 1. С. 3–34. URL: <https://doi.org/10.1002/isaf.1488>
5. Deep learning and sentiment analysis-based cryptocurrency price prediction / J. M. Low та ін. Advances in visual informatics. Singapore, 2023. С. 40–51. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-99-7339-2_4
6. Derbentsev V., Matviychuk A., Soloviev V. N. Forecasting of cryptocurrency prices using machine learning. Advanced studies of financial technologies and cryptocurrency markets. Singapore, 2020. С. 211–231. URL:



https://doi.org/10.1007/978-981-15-4498-9_12

7. Forecasting cryptocurrency prices time series using machine learning approach / V. Derbentsev та ін. SHS web of conferences. 2019. Т. 65. С. 02001. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196502001>

8. Forecasting cryptocurrency returns with machine learning / Y. Liu та ін. Research in international business and finance. 2023. Т. 64. С. 101905. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2023.101905>

9. Koker T. E., Koutmos D. Cryptocurrency trading using machine learning. Journal of risk and financial management. 2020. Т. 13, № 8. С. 178. URL: <https://doi.org/10.3390/jrfm13080178>

10. Parikh H., Panchal N., Sharma A. Cryptocurrency price prediction using machine learning. Proceedings of the 6th international conference on advance computing and intelligent engineering. Singapore, 2022. С. 275–285. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-19-2225-1_25

Abstract. The study is devoted to the development of a new approach to forecasting the cryptocurrency market. The paper uses prediction fusion techniques, including the ARIMA method and the RNN neural network, to create a more accurate and reliable model. Additionally, a linear regression metamodel is implemented to improve prediction. The ARIMA method is a statistical method that uses historical data to predict the future price. RNNs are a type of machine learning that can learn to predict future values based on a sequence of past values. A linear regression metamodel can be used to combine the predictions of the two methods. A metamodel can take into account the strengths of each method and compensate for their shortcomings.

The study reveals a methodology for combining forecasts, where ARIMA provides stability and accuracy in the short term, and the RNN neural network effectively models the complex volatility of the long-term trend. The linear regression metamodel integrates both prognostic components to obtain a more comprehensive and balanced prediction.

A study conducted on Bitcoin cryptocurrency price data compared the prediction accuracy of ARIMA, RNN, and linear regression metamodels. The results of the study showed that the linear regression metamodel showed the highest prediction accuracy, 60% higher than the RNN neural network and 90% higher than the ARIMA method.

The obtained results demonstrate a significant increase in the accuracy of forecasting cryptocurrency rates, which can be useful for investors and traders. The approach described in the article opens new perspectives for improving the effectiveness of risk management strategies in financial markets.

It was concluded that the method of combining forecasts of the ARIMA method and the RNN neural network is a promising method of increasing the effectiveness of cryptocurrency price forecasting.

Keywords: cryptocurrency price forecasting, ARIMA method, RNN neural network, linear regression metamodel.

Статтю надіслано: 16.10.2025 р.

© Трінтіна Н.А., © Корецька В.О., © Терещенко О.І.