

Станіслав Романко, Юрій Процик*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, 122.24romanko.s@nltu.lviv.ua

² НЛТУ України, Львів, Україна, protsyk@nltu.edu.ua

Інтелектуальна система аналізу та прогнозування ринку криптовалют

***Анотація.** Розглянуто проблему прогнозування вартості криптовалют, що характеризуються високою волатильністю та нелінійними залежностями. Запропоновано підхід до створення прототипу інтелектуальної системи на основі нейронних мереж LSTM та їх модифікацій. Для дослідження використано погодинні дані Bitcoin (BTC-USD) за останні 60 днів, отримані з CoinGecko. Побудовано кілька архітектур моделей, серед яких LSTM (просте розбиття train/test), LSTM (walk-forward), CNN-LSTM та LSTM+Attention. Експерименти показали, що найкращі результати забезпечує класична LSTM ($MAE \approx 453$ USD, $RMSE \approx 645$ USD), що становить близько 1% від середньої ціни активу у вибраному періоді. Реалізовано прототип системи з інтерфейсом, який дозволяє візуалізувати результати прогнозування у режимі, наближеному до реального часу.*

***Ключові слова** – інтелектуальна система, машинне навчання, LSTM, криптовалюта, прогнозування, часові ряди.*

Вступ. Ринок криптовалют є одним з найбільш динамічних і волатильних сегментів фінансової системи, що постійно привертає увагу інвесторів та дослідників. Швидкі коливання курсу, вплив новинних факторів та поведінкових аспектів роблять традиційні статистичні методи прогнозування малоефективними в таких умовах. Це визначає актуальність розробки нових підходів до аналізу та прогнозування ринку криптовалют.

Тема роботи полягає у створенні інтелектуальної системи, здатної здійснювати автоматизований аналіз часових рядів та формувати прогнози ціни криптовалют у режимі реального часу.

Метою дослідження є створення прототипу інтелектуальної системи прогнозування динаміки курсу криптовалют на основі методів машинного навчання, зокрема архітектури довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM) [1] та її

модифікацій (CNN-LSTM, LSTM+Attention) [2]. Реалізація цієї мети дає змогу оцінити можливості сучасних нейронних мереж у задачах фінансового прогнозування та забезпечити практичний інструмент для користувачів.

Розроблена інтелектуальна система має модульну структуру:

1. Інформаційний модуль – збір даних з CoinGecko API [3].
2. Аналітичний модуль – обчислення індикаторів (SMA, EMA, RSI, волатильність, логарифмічні та відсоткові ряди).
3. Математичний модуль – реалізація та навчання моделей LSTM, CNN-LSTM, LSTM+Attention.
4. Інтерфейс користувача – вебзастосунок, що виводить графіки фактичних та прогнозованих цін криптовалют у режимі реального часу.

У процесі дослідження проведено порівняння ефективності моделей.

Отримані такі результати:

- LSTM (просте розбиття train/test): MAE = 452.52, RMSE = 644.84
- LSTM (walk-forward + tuning): MAE = 480.17, RMSE = 694.67
- CNN-LSTM: MAE = 577.84, RMSE = 802.28
- LSTM+Attention: MAE = 474.49, RMSE = 669.23

Результати передбачення двох найкращих моделей можна побачити на графіках нижче (Рис. 1. та Рис. 2.)



Рисунок 1. Результат передбачення моделі LSTM (Просте розбиття)

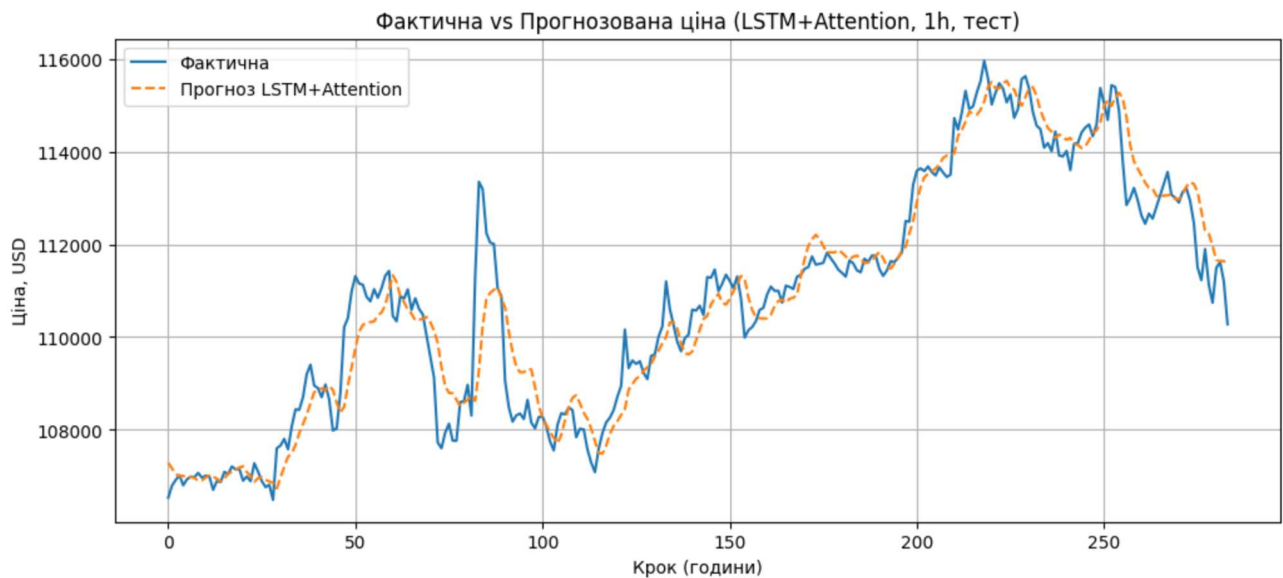


Рисунок 2. Результат передбачення моделі LSTM+Attention

Найкращий результат продемонструвала модель LSTM із простим розбиттям ($\approx 1\%$ похибки від середньої ціни). Walk-forward забезпечує більш стійку оцінку моделі. CNN-LSTM та Attention не перевершили базову LSTM на даному наборі даних, проте залишаються перспективними для подальшого масштабування.

Висновок. У результаті дослідження реалізовано прототип інтелектуальної системи з вебінтерфейсом, що забезпечує інтерактивне відображення фактичних та прогнозованих значень ціни криптовалют у режимі реального часу. Найкращим алгоритмом для прогнозування виявилася модель LSTM, яка досягла $MAE \approx 453$ USD. Подальший розвиток передбачає масштабування системи на різні криптовалюти та інтеграцію додаткових індикаторів для підвищення точності прогнозів.

Список використаних літературних джерел

- [1] Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory [Електронний ресурс] // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9(8). – P. 1735–1780. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735> (дата звернення: 30.09.2025).
- [2] Brownlee J. Deep Learning for Time Series Forecasting [Електронний ресурс]. – Machine Learning Mastery, 2018. – 205 p. – Режим доступу: <https://machinelearningmastery.com/deep-learning-for-time-series-forecasting/> (дата звернення: 30.09.2025).

[3] CoinGecko API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.coingecko.com> (дата звернення: 30.09.2025).

Intelligent System for Cryptocurrency Market Analysis and Forecasting

Stanislav Romanko, Yurii Protsyk

The study addresses the problem of forecasting cryptocurrency prices, which are characterized by high volatility and nonlinear dependencies. A prototype of an intelligent system based on LSTM neural networks and their modifications is proposed. The research uses hourly Bitcoin (BTC-USD) data for the last 60 days obtained from CoinGecko. Several model architectures were built, including LSTM (simple train/test split), LSTM (walk-forward), CNN-LSTM, and LSTM + Attention. Experiments showed that the classical LSTM model provides the best results ($MAE \approx 453$ USD, $RMSE \approx 645$ USD), which is about 1% of the average asset price during the selected period. A prototype of the system with a user interface was implemented, allowing visualization of forecasting results in a mode close to real time.