

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ВОЛАТИЛЬНОСТІ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ У СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Анотація – У роботі розглядається розробка алгоритмів автоматизованого моніторингу та аналізу волатильності цифрових активів для інтеграції у системи підтримки прийняття рішень. Запропоновано трирівневу архітектуру системи, що включає модуль збору потокових ринкових даних, гібридний алгоритм адаптивної оцінки волатильності на базі EWMA та Realized Volatility з ADX-детектором ринкового режиму, а також модуль генерації аналітичних сигналів-попереджень. Результати апробації на реальних даних за 2023-2024 роки підтвердили точність класифікації ринкового режиму на рівні 82,4% та час реакції системи не більше 2,3 с.

Ключові слова: волатильність, цифрові активи, криптовалюта, EWMA, система підтримки прийняття рішень, автоматизований моніторинг, алгоритм аналізу.

Abstract – The paper addresses the development of automated monitoring and volatility analysis algorithms for digital assets to be integrated into decision support systems. A three-tier system architecture is proposed, comprising a streaming market data collection module, a hybrid adaptive volatility estimation algorithm based on EWMA and Realized Volatility with an ADX market regime detector, and an analytical alert signal generation module. Validation on real data for 2023-2024 confirmed a market regime classification accuracy of 82.4% and a system response time of no more than 2.3 s.

Keywords: volatility, digital assets, cryptocurrency, EWMA, decision support system, automated monitoring, analysis algorithm.

Вступ

Ринок цифрових активів характеризується надзвичайно високим рівнем волатильності, що суттєво ускладнює прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень. Стрімке зростання обсягів торгів криптовалютами обумовлює потребу в автоматизованих інструментах, здатних у реальному часі оцінювати ринкові ризики [1, 2]. Сучасні системи підтримки прийняття рішень (СППР) потребують ефективних алгоритмів моніторингу, що враховують специфічні особливості криптовалютного ринку: цілодобову торгівлю, маніпулятивні "памп-енд-дамп" патерни та екстремальні цінові відхилення.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка та програмна реалізація алгоритмів автоматизованого моніторингу й аналізу волатильності цифрових активів, інтегрованих у СППР. Для досягнення мети вирішено такі задачі: аналіз існуючих методів оцінки волатильності (GARCH, EWMA, Realized Volatility, ATR) та їх придатності для ринку цифрових активів; розробка архітектури модуля моніторингу з WebSocket-підключенням до API криптобірж; реалізація гібридного адаптивного алгоритму розрахунку волатильності; апробація алгоритмів на реальних часових рядах котирувань цифрових активів [3].

Опис запропонованих алгоритмів

Запропоновано трирівневу архітектуру системи моніторингу волатильності, яка забезпечує безперервну обробку даних від збору до генерації сигналів (рис. 1).

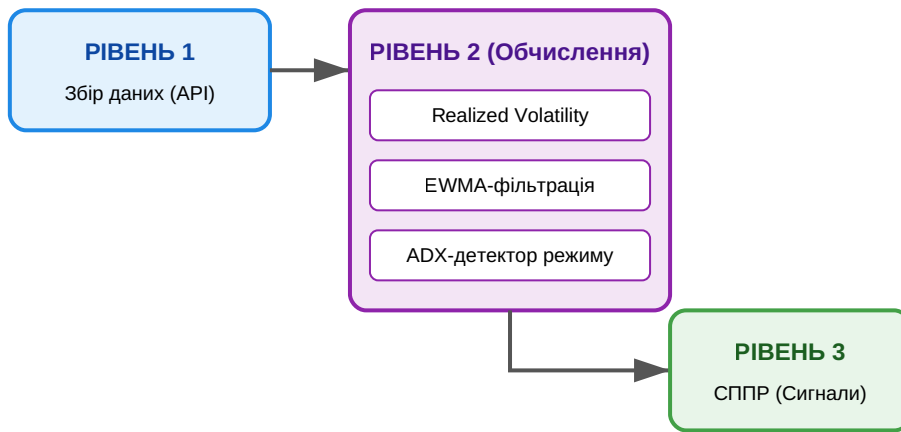


Рис. 1. Структурна схема тривірневої системи моніторингу волатильності

Перший рівень (збір даних) реалізований на базі WebSocket-підключень до API провідних криптобірж (Binance, OKX, Bybit) із частотою оновлення від 100 мс. Дані нормалізуються та зберігаються у часовій базі даних TimescaleDB.

Другий рівень (обчислювальний) включає гібридний алгоритм волатильності, що поєднує Realized Volatility (розраховується на хвилинних свічках) з EWMA-фільтрацією для зменшення впливу ринкового шуму. Коефіцієнт затухання обирається адаптивно залежно від ринкового режиму, що виявляється через ADX-індикатор [4]:

$$\lambda = 0,94 \text{ при } ADX > 25; \quad \lambda = 0,97 \text{ при } ADX \leq 2$$

Третій рівень (прийняття рішень) формує зважений індекс ризику активу (Asset Risk Index, ARI), що враховує поточну, очікувану та аномальну волатильність, а також кореляцію з індексом домінування BTC. При перевищенні порогових значень ARI система генерує сигнали-попередження з рівнями критичності: Low, Medium, High, Critical.

Результати та їх обговорення

Алгоритм пройшов апробацію на даних за 24 місяці (2023-2024 рр.) для 30 криптовалютних пар. Точність класифікації ринкового режиму становить 82,4%, що на 14,7% перевищує базовий підхід на основі одного GARCH(1,1). Середній час реакції системи на різке зростання волатильності (flash volatility spike) не перевищує 2,3 с, що є достатнім для своєчасного інформування осіб, які приймають рішення [5]. Практичне значення розробки полягає в можливості інтеграції модуля у наявні СППР фінансових установ та хедж-фондів у вигляді самостійного мікросервісу через REST API та Webhook-інтерфейс.

Висновки

Розроблені алгоритми автоматизованого моніторингу та аналізу волатильності цифрових активів забезпечують своєчасне й точне інформування осіб, що приймають рішення, про зміну ринкових ризиків. Використання адаптивної гібридної моделі дозволяє суттєво підвищити якість аналітичних сигналів порівняно з однофакторними підходами. Перспективним напрямом розвитку є інтеграція неймережевих методів прогнозування для збільшення горизонту попередження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Engle R.F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation // *Econometrica*. 1982. Vol. 50, No. 4. P. 987-1007.
2. Andersen T.G., Bollerslev T. Answering the Skeptics: Yes, Standard Volatility Models Do Provide Accurate Forecasts // *International Economic Review*. 1998. Vol. 39, No. 4. - P. 885-905.
3. Catania L., Grassi S. Modelling Crypto-Currencies Financial Time-Series // *Econometrics and Statistics*. -2022. Vol. 22. P. 1-14.
4. Wilder J.W. *New Concepts in Technical Trading Systems*. Greensboro: Trend Research, 1978. 166 p.
5. Binance API Documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://developers.binance.com/docs>. Назва з екрана.

Іванюк Олексій Володимирович — студент групи 2АКІТР-24Б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: oleksijivanuk@gmail.com

Науковий керівник: **Ковалюк Олег Олександрович** — доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Ivanyuk Oleksii V. — student in class 2AKITR-24B, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oleksijivanuk@gmail.com

Supervisor: **Kovaliuk Oleh O.** — Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia