

УДОСКОНАЛЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ ІНВЕСТУВАННІ В КРИПТОВАЛЮТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджуються підходи до оцінки ризиків інвестування в криптоактиви, зокрема методи вартісної оцінки ризику (VaR , $CVaR$) та їхні обмеження в умовах високої волатильності ринків. Запропоновано вдосконалений підхід до оцінювання ризику на основі авторегресійних моделей інтегрованого ковзного середнього ($ARIMA$), що дозволяє враховувати приховані закономірності часових рядів. Уведено індикатор ризику (R), який враховує середню похибку прогнозу для підвищення точності оцінки. Розглядається можливість використання моделей $ARIMAX$ для інтеграції екзогенних факторів, таких як ринкові індикатори, для більш гнучкого та точного прогнозування ризиків інвестування.

Ключові слова: криптовалюта, ризик, прогнозування ціни, моделювання.

Abstract

This study explores approaches to risk assessment in cryptocurrency investments, focusing on value-at-risk (VaR) and conditional value-at-risk ($CVaR$) methods and their limitations in highly volatile markets. An advanced risk evaluation method based on AutoRegressive Integrated Moving Average ($ARIMA$) models is proposed, enabling the detection of hidden patterns in time series data. A risk indicator (R) is introduced, incorporating mean prediction error (MPE) to enhance assessment accuracy. The study also examines the potential application of $ARIMAX$ models to integrate exogenous factors, such as market indicators, for more flexible and precise risk forecasting in cryptocurrency investments.

Keywords: cryptocurrency, risk, price forecasting, modeling

Вступ

Ефективне управління ризиками є важливим аспектом інвестування, особливо в умовах високої волатильності ринку криптовалют [1, 2]. Зростаюча популярність криптоактивів потребує нових підходів до оцінки ризиків, оскільки традиційні методи, такі як стандартне відхилення або визначення вартості під ризиком (VaR), не завжди дають точне уявлення про потенційні втрати. Враховуючи особливості криптовалютних ринків, необхідні методи, які враховують додаткові фактори, зокрема динаміку капіталізації та індекс страху і жадібності.

Метою цієї роботи є удосконалення математичної моделі оцінювання ризиків при інвестуванні в криптовалюту з урахуванням новітніх інструментів і методів прогнозування.

Результати дослідження

Оцінка ризиків інвестування в криптовалюту включає кілька ключових підходів для визначення потенційних коливань цін та ризиків втрат, серед яких особливо важливими є стандартне відхилення ($Volatility$), вартість під ризиком (VaR) та умовна вартість під ризиком ($CVaR$). Зокрема, стандартне відхилення використовується для оцінки волатильності активу, визначаючи, наскільки сильно його ціна може відхилитися від середнього значення за певний період. Таким чином, на основі історичних даних, прогноуються майбутні коливання активів відносно очікуваного рівня.

Також, одним із важливих інструментів оцінки можливих втрат є метод визначення вартості активів, що знаходиться під ризиком (VaR), який дозволяє оцінити максимальні втрати активу за певний період з заданим рівнем довірчої ймовірності, наприклад, 95% або 99%. Це дає змогу інвесторам оцінити, які збитки вони можуть понести за умови погіршення ринкових умов.

VaR не враховує втрати, що перевищують визначений поріг, проте це можна компенсувати використанням показника умовної вартості під ризиком ($CVaR$). Цей показник дає можливість оцінити

середні втрати у випадку, коли збитки перевищують рівень VaR, що дозволяє більш детально зрозуміти ризики екстремальних коливань.

Оцінити ризики можливо також і з використанням математичних моделей прогнозування. В такому разі отримані на їхній основі прогнозні значення використовуються для оцінки майбутніх цінових тенденцій, що допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо управління ризиками, зокрема у випадках, коли ринки перебувають в умовах великої невизначеності та коливань. Але тоді постає питання щодо вибору адекватної моделі, як забезпечила б найточніший прогноз.

В якості такого ефективного інструмента прогнозування можуть виступати авторегресійні моделі інтегрованого ковзного середнього (AutoRegressive Integrated Moving Average, ARIMA), оскільки вони здатні виявляти приховані структури та закономірності, що зазвичай є неочевидними без попередньої обробки даних [3]. Як відомо, ця модель поєднує три основні компоненти: авторегресію (AR), інтегрування (I) та ковзне середнє (MA). Проте вона може бути розширена з урахуванням додаткових факторів (ARIMAX) або сезонних змін (SARIMA), що робить моделі ARIMA більш гнучкими та здатними до точніших прогнозів в умовах, коли дані піддаються впливу різних змінних факторів.

На їхній основі можна ввести удосконалену модель оцінювання ризику інвестування в криптовалюту. Для цього введемо індикатор ризику (R), який обчислюється за формулою:

$$R = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \sum_{i=1}^n (x_{t+i} - MPE) \geq n \cdot x_t, \\ 1 - \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{t+i} - MPE}{x_t} \right), & \text{якщо } \sum_{i=1}^n (x_{t+i} - MPE) < n \cdot x_t, \end{cases}$$

де n – кількість періодів для аналізу; x_{t+i} – прогнозована ціна i -го періоду, розрахована на основі моделі ARIMA; MPE – середня абсолютна помилка.

За даною моделлю $R \in [0; 1]$, при чому значення, наближене до 1, свідчить про високий рівень ризику, а при $R = 0$ – інвестиційний ризик відсутній, оскільки очікується зростання ціни активу впродовж усього періоду інвестицій.

Відзначимо також, що включення такого корекційного параметру, як середня помилка прогнозу (MPE), дозволяє враховувати похибки моделі та коригувати оцінку ризику на основі попередньої точності прогнозів.

Підвищення точності прогнозу, а отже й оцінки інвестиційного ризику, можна досягнути з використанням моделі ARIMAX та врахуванням додаткових екзогенних змінних, таких як індекс страху та жадібності, капіталізація криптовалюти, її АТН тощо. В цілому це дозволить розширити можливості моделі для відображення впливу зовнішніх факторів на ринок криптовалют.

Висновки

Удосконалено математичну модель оцінювання ризиків інвестування у криптовалюту на основі використання моделей прогнозування ARIMA. Включення середньої похибки прогнозу (MPE) забезпечує адаптивність до помилок прогнозування, підвищуючи надійність оцінки ризиків. Додаткове розширення моделі до ARIMAX дозволяє враховувати екзогенні фактори, що забезпечує більш комплексний та точний інструмент для прийняття інвестиційних рішень на ринку криптовалют.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Урбанович В., Яковичина Н. Криптовалюта в Україні та в світі: стан, регулювання і перспективи розвитку. *Молодий вчений*. 2018. № 5(57), С. 334-337. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4528>
2. Олешко Т., Попик Н., Турченко Д. Процес моделювання ризиків фінансових інвестицій. *Економіка та суспільство*. 2023. № 56. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-111>
3. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C., Ljung G. M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control* (5th ed.). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/jtsa.12194>

Шевчук Олександр Федорович – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shevchuk@vntu.edu.ua

Павліченко Юрій Юрійович – студент групи ІКН-23М, кафедра комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Oleksandr F. Shevchuk – Associate Professor of the Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shevchuk@vntu.edu.ua

Yurii Y. Pavlichenko – Student of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.