

Голові разової спеціалізованої
вченої ради Державного
університету інформаційно-
комунікаційних технологій,
доктору технічних наук, професору
Катерині НЕСТЕРЕНКО
вул. Солом'янська, 7, м. Київ, 03110

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора,
професора кафедри інженерії програмного забезпечення в
енергетиці Національного технічного університету України
«Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського»

Барабаша Олега Володимировича

на дисертаційну роботу

Цапро Ігоря Вікторовича

на тему «Метод аналізу та прогнозування динаміки ринку криптовалют
на основі механістичного підходу та машинного навчання»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»,
галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Сучасний криптовалютний ринок належить до найбільш складних об'єктів аналізу серед фінансових систем через поєднання високої волатильності, нестаціонарності, значного рівня шуму та швидкої зміни ринкових режимів. За таких умов традиційні підходи до аналізу часових рядів і прогнозування цінової динаміки часто виявляються недостатньо ефективними, оскільки переважно орієнтовані на дослідження цінових даних і не забезпечують належного врахування внутрішніх механізмів формування ринкових тенденцій. Це зумовлює зростання потреби в інтелектуальних методах обробки фінансових даних, які поєднують механізми аналізу внутрішньої структури ринку з адаптивними підходами машинного навчання та здатні враховувати зміну ринкових режимів.

Зазначена проблематика безпосередньо узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України, визначеними законодавчо, зокрема у частині розвитку інформаційних та комунікаційних технологій, інтелектуальних систем аналізу даних, методів штучного інтелекту та технологій обробки великих обсягів даних. У цьому контексті дослідження

методів аналізу та прогнозування динаміки криптовалютного ринку на основі механістичного підходу та машинного навчання відповідає сучасним викликам розвитку інтелектуальних інформаційних систем, орієнтованих на підтримку прийняття рішень в умовах невизначеності.

Актуальність дисертаційної роботи Цапро І.В. визначається спрямованістю дослідження на розв'язання зазначеного науково-прикладного завдання щодо розроблення методів аналізу та прогнозування динаміки ринку криптовалют на основі механістичного підходу та машинного навчання, а також архітектурних рішень їх програмної реалізації. Результати дослідження мають значення як для розвитку методів інтелектуальної обробки фінансових даних, так і для подальшого розвитку спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» у частині створення програмних систем аналізу та підтримки прийняття рішень на основі даних.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідних робіт на кафедрі інженерії програмного забезпечення Навчально-науковогго інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій: «Забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем підприємства в умовах впливу дестабілізуючих факторів із застосуванням нейронних мереж» (№ держ. реєстрації 17 0121U107501) , «Методи, моделі та програмні засоби інтелектуальної обробки даних фінансових ринків» (№ держ. реєстрації 0126U000001). У межах зазначених тем автором отримано результати, пов'язані відповідно з розробкою методів відсіювання хибно позитивних прогнозів на основі машинного навчання та дослідженням динаміки фінансових ринків із використанням інтелектуальних методів аналізу даних.

Загальна характеристика дослідження. Дисертаційна робота Цапро І. В. представлена рукописом загальним обсягом 195 сторінок і має структуру, що включає анотації, вступ, чотири взаємопов'язані розділи основної частини, загальні висновки, список використаних джерел із 155 найменувань та 5 додатків. Текстовий матеріал дисертації належним чином деталізований ілюстративним наповненням у формі 58 рисунків та 32 таблиць.

У *вступі* обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено зв'язок із науковими програмами Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, сформульовано мету та шість наукових завдань, а також зафіксовано наукову новизну, практичну цінність та відомості про апробацію результатів. *Перший розділ* присвячено аналізу концептуальних засад криптовалютного ринку та критичному огляду методів технічного аналізу й обробки торгових обсягів, що дозволило автору виявити обмеження існуючих

підходів у роботі з нестационарними фінансовими часовими рядами. Другий розділ містить теоретичне обґрунтування застосування еконофізики та механістичного підходу, а також систематизацію методів машинного навчання в задачах ідентифікації ринкових тенденцій. Третій розділ є ключовим і присвячений розробленню авторських методів аналізу динаміки активів на основі роздільних обсягів, алгоритмічної моделі показника поглинання імпульсу (MAS), методу інтелектуальної фільтрації торгових сигналів та проєктуванню модульної монолітної архітектури інтелектуальної системи. У четвертому розділі наведено результати обчислювальних експериментів, порівняльний аналіз стратегій на базі розроблених методів та кількісне оцінювання архітектурної стійкості програмного забезпечення за метриками Р. Мартіна. Додатки дисертації містять статистичні вибірки Sharpe Ratio, екранні форми програмного комплексу, NumPy-імплементацію ключових алгоритмів, акти про впровадження результатів та повний перелік опублікованих праць здобувача.

Викладення матеріалу характеризується логічною послідовністю та цілісністю, а використана термінологія повністю відповідає вимогам наукового стилю та спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення». Обрана автором структура та логіка побудови наукової праці є збалансованою та забезпечує всебічне розв'язання поставленої мети і завдань дослідження. Дисертація написана державною мовою і оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Аналіз змісту дисертаційної роботи показав, що сформульовані мета, завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження відповідають темі дисертаційної роботи та розкривають основні напрями досліджень, проведених автором. Обґрунтованість наукових положень, висновків та практичних рекомендацій дисертаційної роботи Цапро І. В. забезпечується всебічним аналізом фундаментальних праць у галузях еконофізики, інтелектуального аналізу даних та інженерії програмного забезпечення. В роботі продемонстровано високий рівень володіння математичним апаратом та сучасним інструментарієм машинного навчання, що дозволило поєднати механістичні принципи з адаптивними алгоритмами прогнозування часових рядів. Достовірність отриманих результатів підтверджується суворим дотриманням методології емпіричного дослідження, проведенням експериментів на значних масивах реальних ринкових даних за період 2019–2025 рр. та успішним застосуванням методів ретроспективного тестування для верифікації прогнозної здатності створених моделей.

Наукова новизна отриманих здобувачем результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. *Удосконалено* метод механістичного аналізу динаміки криптовалютних активів за рахунок інтеграції даних роздільних обсягів ринкових покупок, продажів та їхньої абсолютної різниці, що дозволило формалізовано оцінювати взаємодію попиту та пропозиції в умовах високої волатильності та нестационарності ринку.

2. *Вперше* розроблено показник поглинання імпульсу (Momentum Absorption Score, MAS), який ґрунтується на статистичному виявленні зон низької волатильності при аномально високих торгових обсягах за допомогою z-оцінок та процентильного аналізу і є складовою удосконаленого методу механістичного аналізу динаміки криптовалютних активів, що дозволило ідентифікувати приховані фази накопичення та розподілу активів, які передують значним ціновим рухам.

3. *Удосконалено* метод прогнозування динаміки ринку криптовалют за рахунок впровадження етапу інтелектуальної фільтрації торгових сигналів, сформованих на основі показників механістичного аналізу (механістичної ковзної та показника MAS) із застосуванням ансамблевого машинного навчання та класифікації прибутковості подій за методом потрійних бар'єрів, що дозволило підвищити точність ідентифікації інформативних сигналів та мінімізувати вплив ринкового шуму.

4. *Дістали подальшого розвитку* архітектурні рішення реалізації методів аналізу та прогнозування динаміки ринку криптовалют у складі єдиної інтелектуальної системи за рахунок впровадження модульної монолітної структури з розділеними контурами навчання та інференсу, що дозволило забезпечити ізоляцію ресурсоемних процесів та спростити інтеграцію механістичних показників.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Практична цінність наукових результатів дисертаційного дослідження полягає в тому, що їх використання дозволяє побудувати інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у фінансовому секторі для забезпечення високоточного аналізу та прогнозування динаміки криптовалютного ринку в умовах високої волатильності та нестационарності часових рядів, а використання технологій ЛІТ-компіляції та паралелізації обчислень у програмній реалізації розроблених моделей дозволяє досягти суттєвого підвищення обчислювальної продуктивності, що виражається у скороченні часу розрахунку складних показників з 2,0 до 0,6 секунди. Наукові положення, теоретичні та експериментальні результати, отримані в

дисертаційній роботі, впроваджені у практичну діяльність ФОП Новіцька А. В., та дозволили підвищити обґрунтованість бізнес-рішень у комунікації з інвесторами, партнерами по біржі та розробки токеноміки для майбутніх клієнтів, зменшити відсоток хибно позитивних оцінок цінової динаміки токену компанії у наступні 3, 6 та 12 місяців на 11% та скоротити час на аналіз ринкових даних на 40% завдяки впровадженню програмно-технологічних засобів реалізації інтелектуальних систем аналізу даних.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Наукові результати дисертації висвітлені у 12 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; з них 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus. Апробація роботи відбувалась в період з 2022 по 2026 рр., автором опубліковано матеріали у 7 працях наукових конференцій різних рівнів. Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто.

Таким чином, вимоги щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії виконано, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи. Разом із безперечними перевагами дисертаційного дослідження, у роботі наявні окремі дискусійні положення та недоліки, на які доцільно звернути увагу:

1. У роботі недостатньо детально обґрунтовано вибір Average Precision як однієї зі складових інтегрального критерію оцінювання моделей машинного навчання. Доцільним було б навести додаткові аргументи щодо переваг використання саме цієї метрики порівняно з іншими показниками якості класифікації в умовах незбалансованих вибірок.

2. Параметри експериментальної валідації розроблених методів наведено достатньо детально, однак причини вибору окремих значень гіперпараметрів та налаштувань експериментів висвітлено недостатньо повно. Додаткове обґрунтування цих рішень сприяло б кращій відтворюваності результатів дослідження.

3. У роботі наведено результати оцінювання архітектури за метриками Р. Мартіна, однак доцільним було б розширити аналіз шляхом порівняння запропонованої модульної монолітної архітектури з альтернативними підходами (мікросервісна архітектура, подієво-орієнтовані рішення тощо) для більш повного обґрунтування прийнятих проєктних рішень.

Висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують наукову новизну та практичну значущість отриманих в дисертації результатів.

Висновок про дисертаційну роботу. Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Цапро І.В. на тему «Метод аналізу та прогнозування динаміки ринку криптовалют на основі механістичного підходу та машинного навчання» не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. Здобувач Цапро І.В. заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Офіційний опонент:

професор кафедри інженерії
програмного забезпечення в енергетиці
Національного технічного університету України
«Київського політехнічного інституту
імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук, професор



Олег БАРАБАШ

