

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри  
економічної кібернетики

к.е.н., доц. \_\_\_\_\_ Володимир ХАРЧЕНКО  
(підпис)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему:**

**«Моделювання динаміки ринку криптовалют»**

Спеціальність 051 – «Економіка»  
Освітня програма «Економічна кібернетика»  
Програма підготовки освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

К.е.н., доцент \_\_\_\_\_

Наталія КЛИМЕНКО

**Керівник бакалаврської**

**кваліфікаційної роботи, ст.викл. \_\_\_\_\_ Наталія ШУЛЬГА**

**Виконав:**

\_\_\_\_\_

Владислав ШЕВЧЕНКО

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Завідувач кафедри  
економічної кібернетики  
к.е.н., доц. Володимир ХАРЧЕНКО  
“10” квітня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи  
студента Шевченка Владислава Руслановича**

Спеціальність 051            «Економіка»  
Освітня програма            «Економічна кібернетика»  
Програма підготовки            освітньо-професійна

1. Тема роботи: «Моделювання динаміки ринку криптовалют» затверджена наказом ректора НУБіП України від 08.04.2025р. № 573«С».
2. Термін подання завершеної роботи на кафедру: 06.06.2025 р.
3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: інтернет джерела – АРІ, для цін і ринку, блокчейн-дані, дані про настрої ринку, тренди
4. Перелік графічного матеріалу: 4 таблиці, 1 рисунки
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають дослідженню в роботі):
  1. Поняття та сутність криптовалют як фінансового інструменту. Основні характеристики та функціонування крипто ринку. Фактори, що впливають на динаміку ринку криптовалют.
  2. Аналіз сучасного стану та динаміки розвитку ринку криптовалют.
  3. Ризики та волатильність на ринку криптовалют.
  4. Моделювання динаміки ринку криптовалют.

6. Дата отримання завдання 10.04.2025 р.

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи, ст. викл.** \_\_\_\_\_ Наталія Шульга

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_ Владислав ШЕВЧЕНКО

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ	7
1.1. Поняття та сутність криптовалют як фінансового інструменту	7
1.2. Основні характеристики та функціонування крипто ринку	10
1.3. Фактори, що впливають на динаміку ринку криптовалют	14
1.4. Методологічні підходи до моделювання фінансових ринків	17
Висновки до 1 розділу	21
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ	23
2.1. Огляд світового криптовалютного ринку: основні тренди	23
2.2. Динаміка курсу основних криптовалют (Bitcoin, Ethereum тощо)	28
2.3. Взаємозв'язок крипторинку з традиційними фінансовими ринками	31 33
2.4. Ризики та волатильність на ринку криптовалют	35
Висновки до 2 розділу	
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ	37
3.1. Вибір моделей для прогнозування динаміки криптовалютного ринку	37
3.2. Побудова математичної (економетричної/нейромережевої) моделі	41 47
3.3. Аналіз результатів моделювання та сценарії розвитку ринку	
3.4. Практичні рекомендації щодо застосування моделей у прийнятті рішень	53 57
Висновки до 3 розділу	58
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

## ВСТУП

**Актуальність дослідження** моделювання динаміки ринку криптовалют обумовлюється сукупністю факторів, що визначають сучасний етап розвитку глобальної економіки, фінансових технологій і цифрової трансформації. У ХХІ столітті криптовалюти стали не лише інноваційним інструментом фінансових операцій, а й символом нової економічної реальності, яка активно формує альтернативні моделі обігу вартості, взаємодії учасників ринку та інфраструктури глобальної фінансової системи. З огляду на зростаючий вплив криптовалют на міжнародні та національні економіки, дослідження їх динаміки стає критично важливим як для науковців, так і для практиків – інвесторів, трейдерів, регуляторів і державних інституцій.

Моделювання динаміки ринку криптовалют дає змогу поглиблено аналізувати специфіку функціонування цифрових активів, виявляти закономірності їх цінової поведінки, оцінювати ступінь волатильності, вплив зовнішніх факторів (макроекономічних, політичних, технічних) та передбачати можливі сценарії розвитку. У порівнянні з традиційними фінансовими ринками, ринок криптовалют є значно більш динамічним, нестабільним і менш передбачуваним, що вимагає застосування складних математичних, економетричних, комп'ютерних та симуляційних моделей для коректного аналізу. Зокрема, такі методи як нейронні мережі, алгоритми машинного навчання, системи штучного інтелекту, стохастичне моделювання, багатофакторний аналіз усе активніше використовуються для побудови адекватних моделей прогнозування цін і динаміки криптоактивів.

Проблема регуляції та ризиків, пов'язаних із криптовалютами, також додає дослідженню моделювання їх динаміки прикладної ваги. В умовах відсутності єдиного глобального підходу до правового статусу криптовалют, посилення загроз фінансової безпеки, відмивання грошей і ухилення від оподаткування, ефективне прогнозування і моніторинг ринку набуває критичного значення для розробки стратегії реагування з боку держав і

міжнародних організацій. Моделювання дає змогу створювати цифрові «лабораторії» для тестування гіпотетичних сценаріїв ринку, моделювати поведінку інвесторів і аналізувати вплив регуляторних рішень на загальний стан криптоекосистеми.

Крім того, важливу роль у дослідженні відіграє необхідність у розумінні взаємозв'язку криптовалютного ринку з іншими сегментами світової економіки, такими як фондовий ринок, ринок товарів, валютний ринок, ринок деривативів. Оскільки криптовалюти дедалі частіше виступають об'єктом інституційних інвестицій і взаємодіють із традиційними фінансовими інструментами, розробка моделей, що враховують ці зв'язки, є ключовою умовою повноцінного аналізу системної взаємодії в умовах сучасної фінансової глобалізації.

Зростання соціальної зацікавленості до криптовалют, залучення нових учасників ринку, а також постійний розвиток технологічної основи (блокчейн, DeFi, NFT, смарт-контракти) роблять ринок криптовалют динамічним середовищем із високим ступенем невизначеності. У цьому контексті моделювання виступає не лише як аналітичний інструмент, а й як інструмент стратегічного управління ризиками, прийняття інвестиційних рішень та формування державної фінансової політики. Розуміння закономірностей динаміки цього ринку є також необхідним для формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо його регулювання, розвитку та інтеграції в загальносвітову економічну систему.

У світі, де криптовалюти перестають бути лише спекулятивним явищем і поступово набувають системної значущості, вивчення їх динаміки через моделювання є не лише доцільним, а й вкрай необхідним для забезпечення стабільності, прозорості та передбачуваності нової цифрової економіки.

**Метою дослідження** – обґрунтування та практичне застосування теоретичних і методологічних підходів до моделювання динаміки ринку криптовалют з метою виявлення ключових закономірностей його розвитку,

прогнозування цінових трендів та оцінки ризиків для ухвалення ефективних управлінських і інвестиційних рішень.

**Завдання дослідження:**

- дослідити поняття та сутність криптовалют як фінансового інструменту;
- проаналізувати основні характеристики та функціонування крипто ринку;
- визначити фактори, що впливають на динаміку ринку криптовалют;
- визначити методологічні підходи до моделювання фінансових ринків;
- зробити огляд світового криптовалютного ринку, його основних трендів;
- з'ясувати динаміку курсу основних криптовалют (Bitcoin, Ethereum тощо);
- охарактеризувати взаємозв'язок крипторинку з традиційними фінансовими ринками;
- дослідити ризики та волатильність на ринку криптовалют;
- проаналізувати вибір моделей для прогнозування динаміки криптовалютного ринку;
- здійснити побудову математичної (економетричної/нейромережевої) моделі;
- провести аналіз результатів моделювання та сценарії розвитку ринку;
- надати практичні рекомендації щодо застосування моделей у прийнятті рішень.

**Об'єктом дослідження** – ринок криптовалют як складна фінансово-економічна система в умовах глобальної цифровізації.

**Предметом дослідження** – динаміка розвитку криптовалютного ринку, фактори, що впливають на її зміну, а також методи та моделі, які використовуються для аналізу та прогнозування поведінки криптовалют.

**Методи дослідження.** У процесі дослідження використано комплекс методів, що забезпечують системний і міждисциплінарний підхід до аналізу

ринку криптовалют. Застосовано загальнонаукові методи, зокрема аналіз, синтез, індукцію, дедукцію та узагальнення – для теоретичного осмислення сутності криптовалют, їх функцій та місця у фінансовій системі. Порівняльно-аналітичний метод використано для вивчення особливостей крипторинку у порівнянні з традиційними фінансовими ринками. Статистичні методи дозволили провести аналіз динаміки курсу основних криптовалют, виявити тренди та рівень волатильності. Економіко-математичне моделювання застосовано для побудови моделей прогнозування динаміки ринку криптовалют, зокрема з використанням регресійного аналізу, елементів нейронних мереж і машинного навчання. Для оцінки ефективності моделей та сценарного аналізу використано методи сценарного прогнозування та імітаційного моделювання. У сукупності ці методи дали змогу комплексно дослідити предмет і досягти поставленої мети.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в комплексному підході до моделювання динаміки ринку криптовалют, що поєднує традиційні економетричні методи з сучасними інструментами машинного навчання для підвищення точності прогнозування. У дослідженні уточнено фактори, що мають найбільший вплив на волатильність криптоактивів, а також виявлено специфіку взаємозв'язку між криптовалютним та традиційними фінансовими ринками в умовах нестабільності. Запропоновано адаптовану модель аналізу динаміки курсу криптовалют, яка може бути використана для прийняття інвестиційних та управлінських рішень в умовах високої ринкової невизначеності.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в можливості застосування розроблених моделей для прогнозування динаміки курсу криптовалют у діяльності фінансових аналітиків, інвесторів, трейдерів і розробників цифрових фінансових платформ. Запропоновані аналітичні підходи та інструменти дозволяють підвищити точність оцінки ринкових ризиків, формувати обґрунтовані стратегії інвестування в криптовалютні активи та приймати ефективні рішення в умовах високої волатильності ринку. Результати

дослідження також можуть бути використані в освітньому процесі при підготовці фахівців у сфері фінансів, економіки та цифрових технологій.

**Структура роботи** складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ

### 1.1. Поняття та сутність криптовалют як фінансового інструменту

Криптовалюти – це відносно нове, але стрімко зростаюче явище у сфері фінансів, що докорінно змінює традиційні уявлення про гроші, обіг капіталу та фінансову автономію. Як цифровий фінансовий інструмент, криптовалюта є результатом поєднання технологічного прогресу, зокрема технології блокчейн, та соціально-економічного запиту на децентралізовані й незалежні від державних і банківських структур засоби обміну й збереження вартості.

Формально криптовалюта визначається як цифровий актив, що функціонує на основі технології блокчейн і використовується як засіб обміну, збереження вартості та, у деяких випадках, інвестиційний інструмент. Однією з ключових особливостей є децентралізований характер, що забезпечує незалежність від центральних банків і урядових органів, що дозволяє користувачам здійснювати фінансові операції без посередників.

Згідно з дослідженням Фертікової Т. М. та Стеценка А. В., біткойн, як флагман криптовалютного ринку, може виконувати три основні функції – грошей, товару і біржового активу. Автори підкреслюють, що з економічної точки зору біткойн є унікальним явищем, оскільки поєднує властивості засобу обігу, заощадження і спекулятивного інструменту [9].

Криптовалюта – це форма цифрових грошей, яка використовує криптографію для забезпечення безпеки транзакцій, контролю за створенням нових одиниць і підтвердження передачі активів. На відміну від фіатних валют, що емітуються центральними банками, криптовалюти не мають єдиного емітента і функціонують на основі розподілених реєстрів. Найвідомішим прикладом є Bitcoin, створений у 2009 році анонімною особою або групою осіб

під псевдонімом Сатоші Накамото, як відповідь на глобальну фінансову кризу та як альтернатива централізованим грошовим системам.

Інше дослідження, проведене Макарчуком І. М., Перчуком О. В. та Малишком В. В., акцентує увагу на потенціалі криптовалют у контексті сучасних економічних систем. Автори зазначають, що криптовалюти можуть виступати ефективним засобом підвищення фінансової інклюзії, особливо в країнах з нестабільною грошовою політикою або обмеженим доступом до банківських послуг [3].

Криптовалюти як фінансовий інструмент мають низку ключових характеристик. Передусім – це децентралізація, що означає відсутність єдиного центру управління. Більшість криптовалют базуються на технології блокчейн – відкритій та незмінній базі даних, що зберігає інформацію про всі транзакції в системі. Такий підхід забезпечує високий рівень прозорості, стійкість до шахрайства і можливість перевірки будь-якої транзакції без необхідності довіри до третьої сторони.

Другою важливою ознакою криптовалют є їхня обмежена емісія, що перетворює їх на своєрідний «цифровий аналог золота». Наприклад, загальна кількість біткоїнів обмежена 21 мільйоном, що запобігає інфляційному знеціненню, на відміну від традиційних валют, які можуть друкуватися без обмежень, що сприяє формуванню уявлення про криптовалюту як про засіб накопичення вартості (*store of value*), особливо у періоди економічної нестабільності чи втрати довіри до традиційних фінансових інституцій.

Криптовалюти також мають стратегічне значення для розвитку новітніх фінансових інструментів. Коцур В. та Ігнатенко М. наголошують, що криптовалюти дедалі частіше використовуються в інституційних інвестиціях, зокрема через розвиток похідних фінансових інструментів (наприклад, ф'ючерсів та ETF на базі біткойна), що свідчить про поступову легітимацію цього ринку [1].

У якості фінансового інструменту криптовалюти виконують низку функцій. Насамперед, це засіб обміну, що дозволяє здійснювати швидкі, часто

анонімні транзакції без посередників і з мінімальними витратами. У країнах із нестабільною економікою або обмеженим доступом до банківських послуг криптовалюти стають важливою альтернативою для збереження та передачі коштів. Крім того, криптовалюти дедалі частіше розглядаються як об'єкт інвестування – вони є високоволатильними активами, які приваблюють трейдерів і інвесторів завдяки потенційно високій прибутковості.

Водночас слід визнати, що криптовалюти як фінансовий інструмент мають і низку ризиків та обмежень. Через волатильність курсу, обмежену юридичну визначеність, можливості для зловживань (зокрема – у сфері відмивання грошей та фінансування тероризму) криптовалюти нерідко перебувають під пильним наглядом регуляторів у різних країнах. Крім того, значна частина населення не має достатніх технічних знань, щоб безпечно користуватись цим інструментом, що обмежує його доступність.

Урегулювання криптовалютної сфери є викликом для національних і міжнародних фінансових інституцій. Держави по-різному підходять до визначення правового статусу криптовалют: деякі визнають їх законним платіжним засобом, інші забороняють чи обмежують обіг. Водночас все більше центральних банків розглядають можливість створення власних цифрових валют (CBDC – central bank digital currency), що свідчить про визнання трансформаційного потенціалу криптотехнологій навіть у межах традиційної грошово-кредитної системи.

Питання правового статусу криптовалют та можливості їх використання як платіжного засобу також знаходить відображення у дослідженнях Пилипенка В. О., Галая М. М. та Косяка І. В. Автори вказують на те, що в більшості країн криптовалюти офіційно не визнаються законним платіжним засобом, однак фактично виконують цю функцію в електронній комерції та транзакціях між приватними суб'єктами [6].

Харабара В., Грешко Р. та Третьякова О. розглядають криптовалюти як нове явище фінансової інфраструктури, що створює нові моделі взаємодії між учасниками ринку. Згідно з їхнім аналізом, поява криптовалют є закономірним

результатом розвитку цифрової економіки, яка вимагає високої прозорості, безпеки та оперативності фінансових операцій [10].

Криптовалюти також мають значення з точки зору глобальної фінансової інклюзії. Завдяки доступу до мережі Інтернет люди у країнах, де банківська система слаборозвинена або недоступна, можуть долучатися до світової економіки, що відкриває нові перспективи для електронної комерції, ремітенсів (грошових переказів трудових мігрантів) і розвитку фінансових сервісів нового покоління.

Таким чином, криптовалюти є не просто технологічною новацією, а глибокою фінансовою та соціальною трансформацією. Вони змінюють парадигму грошей, створюють нові моделі довіри та фінансової взаємодії, підважують монополію держав на грошову емісію і стимулюють переосмислення самих засад функціонування фінансової системи. Проте для повноцінного включення криптовалют у світовий фінансовий порядок необхідне формування чіткої нормативної бази, розвиток технічної інфраструктури та підвищення фінансової грамотності населення. Лише тоді криптовалюти зможуть реалізувати свій потенціал як стійкий, ефективний і інклюзивний фінансовий інструмент майбутнього.

## **1.2. Основні характеристики та функціонування крипто ринку**

Крипториниок – це складна й динамічна екосистема, що об'єднує цифрові активи, інститути їх торгівлі, інвесторів, трейдерів, майнерів, а також розробників технологій, які забезпечують роботу криптовалютної інфраструктури. На відміну від традиційних фінансових ринків, крипториниок функціонує без централізованого контролю, охоплює глобальний масштаб і відзначається високою швидкістю змін, що є як його перевагою, так і джерелом ризиків.

Однією з базових характеристик крипторинику є його глобальність, децентралізований характер і висока волатильність. Монастирський М. А. та

Вовк В. М. відзначають, що криптовалютний ринок функціонує без централізованих органів управління, що створює як переваги (відсутність монополії, швидкість транзакцій), так і ризики (незахищеність учасників, спекулятивність) [4]. Важливим аспектом, на який звертають увагу автори, є домінування криптовалют з високою ринковою капіталізацією, зокрема біткойна й ефіріуму, які визначають загальну динаміку ринку.

Однією з ключових характеристик крипторинку є децентралізація. Усі операції з криптовалютами відбуваються в цифровому середовищі через блокчейн-мережі – розподілені реєстри, які не мають єдиного центру керування, що забезпечує прозорість транзакцій, захист від несанкціонованого втручання та зменшує вплив посередників. Децентралізована природа ринку означає також, що він доступний цілодобово, без вихідних і свят, на відміну від традиційних бірж, що створює новий ритм торгівлі та постійно змінює динаміку цін.

Іншою важливою рисою крипторинку є висока волатильність. Ціни на криптовалюту можуть змінюватися на десятки відсотків протягом однієї доби, що приваблює спекулятивних інвесторів, але водночас несе значні ризики для довгострокових вкладень. На зміну вартості впливають не лише попит і пропозиція, але й зовнішні чинники: новини про регулювання криптовалют, висловлювання публічних осіб, технічні інновації, зломи бірж або гаманців, а також зміни в загальній економічній ситуації у світі.

Крипторинки характеризуються також багатокomпонентною структурою, яка охоплює не лише самі криптовалюты, а й пов'язані з ними сервіси: біржі, гаманці, смарт-контракти, DeFi-платформи тощо. За словами Ткаленка С. та співавторів, функціонування ринку відбувається в умовах постійних змін технологічного ландшафту, що стимулює появу нових фінансових продуктів і послуг. Автори наголошують, що міжнародний криптовалютний ринок демонструє тенденцію до інтеграції з традиційною фінансовою системою через біржові фонди, ф'ючерси та інституційну участь [8].

Етапи формування та розвитку ринку криптовалют можна умовно поділити на кілька фаз. Огінок С. та Янко К. виокремлюють період первинного накопичення капіталу, етап становлення інфраструктури та етап інтеграції з класичними фінансами. Дослідники також звертають увагу на феномен ICO (первинного розміщення монет), який став інструментом залучення інвестицій у стартапи, що працюють у сфері блокчейн-технологій [5].

Крипторинок виконує декілька важливих функцій. Насамперед, це платформа для торгівлі цифровими активами, серед яких – Bitcoin, Ethereum, а також тисячі альткоїнів і токенів, що виникають у рамках різних блокчейн-проектів. Тут формуються ціни на криптовалюту, забезпечується ліквідність активів, здійснюються обмінні операції та інвестування. Криптовалютні біржі, як централізовані (наприклад, Binance, Coinbase), так і децентралізовані (Uniswap, PancakeSwap), відіграють ключову роль у підтримці цієї функції.

Окрім обміну активами, крипторинок створює умови для фінансової інновації. Йдеться про розвиток сектору DeFi (децентралізованих фінансів), який пропонує альтернативу традиційним банківським послугам – кредитування, страхування, заощадження, інвестування – без участі банків або інших централізованих інститутів. Смарт-контракти, що автоматично виконують фінансові угоди, стали інструментом нової епохи цифрової економіки, де довіра ґрунтується не на авторитеті інституції, а на прозорості алгоритмів.

Функціонування криптовалютного ринку безпосередньо пов'язане з питаннями фінансової стабільності та безпеки. Чубенко В. Ю. у своєму дослідженні зазначає, що високий ступінь анонімності та відсутність належного регуляторного нагляду створюють передумови для використання криптовалют у тіньовій економіці. Водночас автор визнає, що зважене регулювання може сприяти легалізації цього ринку та зменшенню загроз для національної фінансової безпеки [11].

Крипторинок також є середовищем для інституційного інвестування. Упродовж останніх років дедалі більше великих інвесторів – фондів,

корпорацій, банків – включають криптовалюти до своїх портфелів, що сприяє зростанню капіталізації ринку, посиленню його стабільності та розробці нових інструментів, таких як крипто-ETF, ф'ючерси, опціони на криптовалюти. Таким чином, ринок поступово еволюціонує у бік зрілості, хоч і залишається менш регульованим, ніж традиційний фінансовий сектор.

Регуляторна невизначеність є однією з головних проблем крипторинку. Різні країни застосовують різні підходи: від повної заборони (як у Китаї) до створення сприятливих правових умов (наприклад, у Сінгапурі чи Швейцарії). Прагнення країн контролювати обіг криптовалют пов'язане як із бажанням захистити інвесторів, так і з побоюваннями щодо використання цифрових активів у незаконній діяльності. У цьому контексті важливим викликом стає необхідність забезпечення балансу між свободою інновацій і наглядом за дотриманням фінансових та етичних стандартів.

Ще однією особливістю крипторинку є його демократичність. Він відкритий для всіх, хто має доступ до Інтернету та криптогаманця. Участь у ринку не вимагає складних процедур і дозволяє навіть пересічним громадянам залучатися до інвестування, заощаджень або отримання прибутку від стейкінгу чи майнінгу. Ця інклюзивність, з одного боку, сприяє фінансовій свободі, а з іншого – підвищує ризик участі в сумнівних проєктах або шахрайських схемах [7].

Крипторинки є також місцем високих темпів інновацій. Постійно виникають нові технології, як-от Web3, NFT, метавсесвіти, що інтегруються з блокчейн-екосистемою і створюють додану вартість у сфері цифрової власності, творчості, ігор, віртуальної реальності, що розширює межі традиційного фінансового ринку та відкриває можливості для синергії між фінансами, технологіями та культурою.

Таким чином, крипторинки є багатогранною системою, що функціонує на перетині технологій, фінансів і суспільних трансформацій. Її основними характеристиками є децентралізація, волатильність, глобальність, інноваційність та демократичність. Він надає нові інструменти для торгівлі,

інвестування та фінансової взаємодії, водночас кидаючи виклик традиційним інститутам і нормам. Крипторинок продовжує формуватися, і його майбутнє залежить від балансу між розвитком технологій, регуляторною політикою та готовністю суспільства до прийняття нової економічної реальності.

### **1.3. Фактори, що впливають на динаміку ринку криптовалют**

Динаміка ринку криптовалют є результатом взаємодії широкого кола чинників, які формують попит, пропозицію, інвесторські настрої, рівень довіри до технологій та регуляторних інституцій. На відміну від традиційних фінансових ринків, де ключову роль відіграють макроекономічні показники та дії центральних банків, ринок криптовалют має унікальні рушії, що роблять його більш сприйнятливим до зовнішніх впливів, спекуляцій і технологічних змін. Розуміння цих факторів є необхідним для аналітиків, інвесторів, трейдерів та регуляторів, оскільки від цього залежить ефективність рішень щодо розміщення капіталу, оцінки ризиків та розробки політик у сфері цифрових активів.

Одним із фундаментальних чинників впливу на вартість криптовалют є попит і пропозиція, але в умовах децентралізованої структури крипторинку, ці параметри набувають нових форм. Wu, Hossain і Zhang підкреслюють, що серед основних детермінант цінової волатильності біткойна виділяються макроекономічні новини, обсяги торгів, кількість унікальних адрес користувачів, а також показники пошукових запитів у Google [63], що свідчить про те, що інформаційне середовище й очікування інвесторів безпосередньо формують тенденції на ринку.

Одним із найпотужніших факторів, що впливають на ринок криптовалют, є інформаційний потік. Новини, заяви публічних осіб, твіттер-пости відомих інвесторів, аналітичні прогнози, оголошення про запуск нових проєктів або партнерств можуть викликати різкі коливання вартості криптовалют. Наприклад, заяви Ілона Маска щодо прийняття або відмови від Bitcoin як

засобу оплати Tesla мали безпосередній вплив на курс BTC. Інформаційний простір у сфері криптовалют є швидкоплинним і часто емоційно зарядженим, що підсилює спекулятивну поведінку учасників ринку.

Наступним важливим чинником є регуляторна політика. Рішення урядів щодо правового статусу криптовалют, правила боротьби з відмиванням коштів (AML) та ідентифікації клієнтів (KYC), запровадження податкових режимів або заборон діяльності бірж суттєво впливають на інвесторську довіру та обсяги торгів. Наприклад, жорстка позиція Китаю щодо майнінгу та обігу криптовалют призвела до масового переміщення майнінгових компаній до інших країн і короткострокового обвалу ринку. Водночас схвальні заяви з боку країн, що підтримують технологію блокчейн, як-от Швейцарія, Сінгапур чи Естонія, можуть стимулювати інтерес інституційних інвесторів і сприяти зростанню капіталізації ринку.

Deng W., досліджуючи цінову динаміку біткойна, акцентує увагу на зовнішньоекономічних факторах, зокрема політичній нестабільності, глобальній інфляції та регуляторних діях. За його висновками, заява державних органів про заборону або, навпаки, легалізацію криптовалют значною мірою впливає на настрої інвесторів і провокує різкі стрибки цін [24], що підкреслює вразливість ринку до регуляторних сигналів.

Технологічні оновлення та інновації також мають істотний вплив на динаміку криптовалютного ринку. Вихід нових версій блокчейн-протоколів, перехід до більш енергоефективних алгоритмів консенсусу (наприклад, Ethereum 2.0), інтеграція смарт-контрактів, покращення масштабованості та безпеки – все це формує довгострокову довіру до цифрових активів і підвищує їхню практичну цінність. Інвестори реагують на такі події зростанням активності, очікуючи підвищення вартості активу після впровадження технічних змін.

Іншим важливим аспектом є специфіка інвесторської поведінки. Kufu, Gjesci та Pilkati стверджують, що криптовалютний ринок має високу частку непрофесійних учасників, чия поведінка часто ґрунтується на емоціях, чутках і

соціальних трендах. Це, своєю чергою, підсилює імпульсивність ринку й сприяє нестабільності його цінових трендів. Автори також вказують на важливу роль ліквідності ринку, яка здатна як згладжувати, так і посилювати цінові флуктуації [40].

Велику роль відіграє також загальна макроекономічна ситуація. Підвищення інфляції, послаблення валют, зростання геополітичної нестабільності або кризи довіри до банківської системи можуть стимулювати інтерес до криптовалют як альтернативного засобу збереження вартості. Наприклад, в умовах фінансової турбулентності або політичної нестабільності в окремих країнах громадяни шукають можливості убезпечити свої активи, вдаючись до Bitcoin або стейблкоїнів. У цьому контексті криптовалюти виконують функцію «цифрового золота» – обмеженого ресурсу, незалежного від централізованих інституцій.

Стан внутрішньої екосистеми крипторинку також визначає його динаміку. Сюди належать обсяги торгів, ліквідність, наявність біржових маніпуляцій, рівень централізації майнінгу або контролю над пулом активів. Раптові збої у функціонуванні популярних бірж, зломи гаманців або смарт-контрактів викликають панічні розпродажі. Наприклад, хакерські атаки на біржі Mt. Gox або FTX залишили глибокі сліди в історії ринку, спричинивши обвальні падіння курсів і масові втрати інвесторів. Такі події виявляють важливість надійної інфраструктури як чинника довіри та стабільності.

Особливу увагу науковці приділяють інформаційно-психологічному фактору. Boukhers Z., Bouabdallah A., Yang C., Jürjens J. у своєму дослідженні демонструють, що обсяги згадок криптовалют у соціальних мережах, частота запитів у пошукових системах, а також загальний рівень публічного інтересу мають суттєвий вплив на волатильність ринку [16]. Такий вплив, що виходить за межі суто економічних показників, підкреслює нову еру у формуванні фінансової динаміки – еру даних і колективної свідомості.

Крипторинки багато в чому формуються очікуваннями, масовими настроями, страхом втратити можливість (FOMO) або страхом втрати (FUD).

Поведінкові моделі, описані теорією поведінкових фінансів, активно проявляються в динаміці ринку цифрових активів. Масові закупівлі або розпродажі, засновані на емоціях, а не раціональному аналізу, сприяють формуванню "бульбашок" або різких обвалів цін.

Інституційна активність – ще один суттєвий фактор. Вихід великих банків, інвестфондів та корпорацій на ринок криптовалют змінює його структуру, підвищує ліквідність, зменшує волатильність, а також сприяє формуванню нових інструментів торгівлі. Наприклад, запуск біржових криптовалютних фондів (ETF), регульованих деривативів або інфраструктури для зберігання цифрових активів (custody services) підвищує привабливість ринку для довгострокових гравців і стимулює капіталовкладення.

Таким чином, динаміка криптовалютного ринку формується під впливом комплексу взаємопов'язаних факторів – інформаційних, регуляторних, технологічних, макроекономічних, інституційних і психологічних. Їхній вплив може бути як позитивним, сприяючи зростанню вартості активів і розвитку ринку, так і негативним, спричиняючи хаос і втрати. Саме складність, багат шаровість і мінливість цих чинників робить ринок криптовалют надзвичайно цікавим, але водночас ризикованим середовищем. Його подальша еволюція значною мірою залежатиме від того, як інвестори, технологи та регулятори навчатимуться взаємодіяти в цій новій цифровій фінансовій реальності.

#### **1.4. Методологічні підходи до моделювання фінансових ринків**

Моделювання фінансових ринків є ключовим елементом сучасної економічної науки та прикладного фінансового аналізу, що складний процес, спрямований на вивчення динаміки цінних паперів, взаємодії учасників ринку, формування цін і ризиків. Методологічні підходи до моделювання фінансових ринків формувалися впродовж десятиліть та еволюціонували разом із розвитком економічної теорії, математичного апарату, інформаційних технологій та появою нових фінансових інструментів. Вони поєднують у собі

елементи теорії ймовірностей, статистики, системного аналізу, машинного навчання та поведінкових наук, формуючи міждисциплінарну базу для розуміння складних механізмів ринку.

Класичним підґрунтям моделювання фінансових ринків є неокласична економічна теорія, яка ґрунтується на припущенні раціональності учасників, ефективності ринку та рівноважному ціноутворенні. Одним з фундаментальних підходів у цьому контексті є модель ефективного ринку (Efficient Market Hypothesis, ЕМН), згідно з якою ринкові ціни повністю відображають усю доступну інформацію. У межах цієї парадигми будуються моделі, які пояснюють рух цін як випадковий процес, зокрема моделі геометричного броунівського руху, що використовуються в класичних формулах ціноутворення опціонів, таких як модель Блека–Шоулза.

Також, одним із провідних напрямів сучасного моделювання фінансових ринків є агентно-орієнтоване моделювання (agent-based modeling, АВМ). Цей підхід базується на симуляції поведінки великої кількості агентів – індивідуальних учасників ринку – що взаємодіють один з одним і формують загальну динаміку ринку. Todd A., Beling P., Scherer W., Yang S. Y. зазначають, що АВМ дозволяє моделювати гетерогенність поведінки, включно з ірраціональністю, адаптацією та навчанням агентів [59]. Цей підхід особливо ефективний у вивченні нестійких режимів, фінансових бульбашок та крахів, які важко передбачити за допомогою традиційних методів.

Разом з тим, практика показала, що реальні фінансові ринки часто демонструють девіації від припущень класичних моделей, що спонукало розвиток альтернативних підходів, зокрема моделей з урахуванням нераціональної поведінки інвесторів, інформаційної асиметрії, ірраціональних очікувань та спекулятивної динаміки. Так з'явилися поведінкові моделі фінансових ринків, які враховують психологію ринку, когнітивні упередження та соціальні впливи. Поведінкові фінанси як напрям досліджень стали основою для створення моделей, які враховують, наприклад, ефект стадної поведінки,

надмірну впевненість трейдерів або страх втрати. Ці моделі дозволяють краще описувати ринкові бульбашки, паніку та раптові обвали.

Інший важливий напрям – критичний аналіз традиційних економічних моделей, таких як моделі раціональних очікувань і ефективного ринку. Pasca L. підкреслює, що такі підходи часто нехтують психологічними та поведінковими факторами, що зумовлює обмежену адекватність цих моделей у реальних умовах [52]. Автор пропонує звернути більше уваги на гетеродоксальні підходи, які поєднують у собі економічну теорію з елементами соціальних наук.

Вагомий внесок у методологію моделювання фінансових ринків зробила теорія хаосу та нелінійної динаміки. Згідно з цим підходом, ринки можна розглядати як складні адаптивні системи, які схильні до самореорганізації, нестійких фаз і циклічних коливань. Моделі на основі динамічних систем дозволяють виявляти точки біфуркації, досліджувати атрактори та хаотичну поведінку цін. Такий підхід особливо актуальний у періоди фінансової турбулентності, коли традиційні методи втрачають точність прогнозування.

З розвитком обчислювальних технологій, дедалі більшого значення набувають кількісні методології прогнозування, що охоплюють статистичні моделі, машинне навчання, глибоке навчання та обробку великих масивів даних. Маїка М. виокремлює такі методи, як ARIMA, VAR, LSTM і регресійний аналіз, що дають змогу розпізнавати складні залежності між змінними фінансових ринків [47]. Водночас автор підкреслює важливість валідації моделей за допомогою історичних даних та ретроспективного тестування.

Інший сучасний підхід – агентно-орієнтоване моделювання, що дозволяє створювати симуляції ринків з множиною індивідуальних агентів, які мають різні стратегії, цілі та рівні доступу до інформації, що моделювання базується на використанні комп'ютерних алгоритмів і дає змогу аналізувати взаємодію агентів у складних ринкових середовищах. Агентно-орієнтовані моделі дозволяють краще зрозуміти, як мікроповедінка індивідів може формувати макроринкові результати – наприклад, формування ціни або волатильності. Такі

моделі все частіше застосовуються для симуляцій криптовалютних ринків, платформ P2P-торгівлі та високочастотного трейдингу.

Цифрова ера зумовила інтеграцію мультимодальних підходів до прогнозування, що враховують не лише числові дані, але й текстову, візуальну та часову інформацію. Наприклад, Pei Y., Cartlidge J., Mandal A., Gold D., Marcilio E., Mazzon R. розробили модель Cross-Modal Temporal Fusion, яка поєднує часові ряди з іншими джерелами інформації (економічні новини, сигнали ринку), що значно підвищує точність передбачень [53]. Такі підходи є перспективними для прийняття інвестиційних рішень у реальному часі.

Особливу роль відіграє стрес-тестування, яке застосовується регуляторами, зокрема Європейським банківським управлінням (ЕВА). Стрес-тест є методологією оцінки стійкості фінансових установ у разі реалізації несприятливих макроекономічних сценаріїв. У Методичній записці до Європейського стрес-тесту на 2025 рік визначено ключові припущення, сценарії та підходи до оцінки втрат за активами, ризиків кредитування та ліквідності [27]. Цей інструмент дозволяє виявляти потенційні системні загрози та запобігати фінансовим кризам.

Крім того, сучасні підходи до моделювання активно використовують методи машинного навчання та штучного інтелекту. Алгоритми класифікації, нейронні мережі, регресійні дерева, методи кластеризації й аналізу часових рядів знаходять широке застосування у прогнозуванні фінансових показників, виявленні аномалій, побудові торгових стратегій. Такі моделі відходять від суворих теоретичних припущень і будуються на емпіричних даних, що робить їх надзвичайно ефективними в умовах великого обсягу інформації та високої швидкості змін. Проте їхнім недоліком є складність інтерпретації та ризик перенавчання, особливо в умовах високої волатильності.

Також важливо зазначити, що методологія моделювання фінансових ринків повинна включати елементи сценарного аналізу та моделювання ризиків. Для цього використовуються такі інструменти, як Value-at-Risk (VaR), Stress Testing, Monte Carlo simulation. Вони дають змогу не лише оцінювати

очікувану дохідність, а й передбачати потенційні збитки в екстремальних умовах. Поєднання кількісних моделей із якісними методами дозволяє створювати більш стійкі фінансові прогнози й уникати надмірного покладання на спрощені припущення.

Отже, методологічні підходи до моделювання фінансових ринків охоплюють широкий спектр теорій і практичних інструментів, які доповнюють і вдосконалюють один одного. Від класичних моделей рівноваги та випадкових процесів до складних багатofакторних, поведінкових і машинних алгоритмів – кожен підхід має свої переваги, межі застосування та теоретичні основи. У сучасних умовах фінансової глобалізації, цифровізації та зростання нестабільності зростає потреба в гнучкому, міждисциплінарному й адаптивному підході до моделювання ринкових процесів, що поєднує точність аналітики з розумінням людської поведінки та технологічного контексту. Саме таке поєднання дозволяє не лише моделювати, а й ефективно прогнозувати та регулювати складні процеси на фінансових ринках.

### **Висновки до 1 розділу**

Здійснено теоретико-методологічний аналіз ключових аспектів функціонування ринку криптовалют, що дозволило окреслити його змістові, структурні та динамічні характеристики як специфічного сегмента фінансової системи. З'ясовано, що криптовалюта є інноваційним фінансовим інструментом, який поєднує риси цифрового активу, засобу обміну та потенційного засобу заощадження, що функціонує на базі технології блокчейн і не потребує централізованого емітента. Її основною особливістю є децентралізація, криптографічна захищеність та програмований характер, що суттєво відрізняє її від традиційних валют і платіжних засобів.

Функціонування криптовалютного ринку має унікальні характеристики, зокрема високу волатильність, глобальну доступність, обмежену регуляторну базу, значну роль інвесторських очікувань, інформаційної чутливості та

технологічного середовища. Аналіз ключових чинників впливу на динаміку ринку дозволив визначити як внутрішні – рівень попиту та пропозиції, інституційне визнання, технологічні інновації, так і зовнішні – державне регулювання, макроекономічні показники, геополітичні події та загальні тенденції фінансових ринків.

Особливу увагу було приділено методологічним підходам до моделювання фінансових ринків, що є основою для аналітичного осмислення процесів на ринку криптовалют. Було розглянуто як класичні моделі, засновані на припущеннях ефективності та раціональності, так і сучасні підходи – поведінкове моделювання, агентно-орієнтовані системи, методи машинного навчання, теорія хаосу та моделі з урахуванням нелінійності. Сформовано уявлення про необхідність поєднання кількісних і якісних методів, що дозволяють глибше аналізувати складну, адаптивну природу криптовалютного ринку.

Таким чином, теоретико-методологічні засади, розкриті у цьому розділі, формують наукову основу для подальшого емпіричного аналізу, оцінки ризиків та перспектив розвитку криптовалютного ринку в умовах цифрової трансформації світової економіки.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ

#### 2.1. Огляд світового криптовалютного ринку: основні тренди

Світовий ринок криптовалют за останнє десятиліття зазнав стрімких і глибоких трансформацій, що є відображенням як технологічного прогресу, так і змін у суспільному та економічному світогляді. Від маргінального феномену, яким Bitcoin був у 2009 році, криптовалюти перетворилися на самостійний фінансовий сегмент зі складною структурою, тисячами цифрових активів, новими формами інвестування та високим рівнем волатильності.

Одним із найважливіших трендів є стрімке зростання кількості криптовалют і децентралізованих фінансових проєктів. У дослідженні ElBahrawy et al. виявлено, що в період з 2013 по 2016 рік кількість криптовалют збільшувалася майже експоненційно, а до 2017 року було зафіксовано понад 1 400 активних монет [26]. Автори зазначають: «Незважаючи на постійну появу нових валют, розподіл частки ринку між найпопулярнішими криптовалютами зберігає стабільність, що свідчить про усталеність ринкової структури». Феномен вказує на тенденцію до «мережевого домінування», коли невелика кількість валют на кшталт Bitcoin та Ethereum продовжують утримувати лідерство, навіть на тлі зростання ринкової конкуренції.

Зараз на ринку криптовалют налічується тисячі різних віртуальних валют, і кожного дня з'являються нові. Хоча всі вони мають спільну основу, яка полягає в використанні технології блокчейн для забезпечення децентралізованої та незмінної передачі цінностей серед ненадійних учасників, кожна криптовалюта має свої характерні особливості, які визначають її роль та призначення. Найбільш популярними типами криптовалют на сьогодні є наступні:

Bitcoin – перша і найвідоміша криптовалюта, яка стала відправною точкою для всього крипторинку. Відомий як «цифрове золото», Bitcoin має найбільшу ринкову капіталізацію серед усіх криптовалют, яка на сьогодні становить близько 600 млрд доларів. Ця криптовалюта відіграє ключову роль у формуванні загального іміджу крипторинку та є важливим активом для інвесторів, які шукають засіб захисту від інфляції та валютних ризиків.

Альткоїни – це всі криптовалюти, створені після Bitcoin, і вони зазвичай мають різні функції та призначення. Альткоїни включають в себе такі варіанти, як Ethereum, який не тільки є децентралізованою валютою, але й обчислювальною платформою, що дозволяє запускати децентралізовані додатки та смарт-контракти. Окрім Ethereum, існує більше тисячі альткоїнів, серед яких такі популярні варіанти, як Litecoin, NEO, Factom тощо. Кожен альткоїн має свою специфіку, наприклад, спрямування на швидкість транзакцій, покращення анонімності або інші технологічні інновації.

Стейблкоїни – це особливий тип криптовалют, вартість яких прив'язана до традиційних фіатних валют, як правило, до долара США чи євро. Головною метою стейблкоїнів є забезпечення стабільності їх курсу, що робить їх привабливими для інвесторів, оскільки вони менш схильні до різких коливань вартості, властивих іншим криптовалютам. Наприклад, USDT Tether є одним з найпопулярніших стейблкоїнів, і його ринкова капіталізація є третьою за величиною після Bitcoin та Ethereum. Tether прив'язаний до долара США, а його забезпечення здійснюється за допомогою резервних активів у доларах. Однак стейблкоїни не підпадають під державний нагляд, що робить їх потенційно ризикованими, оскільки їхня стабільність залежить від надійності забезпечення. Це стало очевидним у травні 2022 року, коли стейблкоїн TerraUSD і його «побратим» Luna зазнали обвалу. TerraUSD втратив свою прив'язку до долара США, знизившись з 1 долара до 11 центів, що спричинило величезні фінансові втрати серед інвесторів, що оцінюється у понад 40 млрд доларів [7].

Отже, хоча криптовалюти як інноваційний фінансовий інструмент мають потенціал для зростання, їх волатильність і специфічні ризики, такі як випадки

з обвалами стейблкоїнів, потребують уважного підходу до інвестування та постійного аналізу ринку.

Іншим вагомим трендом є зміна характеру інвестування в криптовалюти. Якщо раніше інвестори здебільшого поклалися на спекулятивні стратегії, то останніми роками спостерігається інституціоналізація криптовалютних інвестицій. У кластерному аналізі Almeida та Gonçalves виявлено зростання академічного інтересу до довгострокового інвестування, портфельного аналізу та ризик-менеджменту в контексті криптоактивів. Як зазначають автори: «Найпоширенішими темами досліджень за останні п'ять років стали диверсифікація інвестицій, алгоритмічна торгівля та правові аспекти інвестування в криптовалюти» [13]. Тренд ілюструє перехід від спекулятивного ентузіазму до більш структурованого, раціонального підходу, характерного для традиційного фінансового сектора.

Особливої уваги заслуговує впровадження новітніх цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту й машинного навчання, у процесі аналізу та прогнозування цін на криптовалюти. Alessandretti та співавт. продемонстрували, що використання моделей машинного навчання (зокрема градієнтного бустингу та рекурентних нейронних мереж) дозволяє досягти вищої точності при прогнозуванні короткострокових змін вартості цифрових активів, аніж традиційні методи [12]. У дослідженні вказано: «Попри високу волатильність ринку, алгоритми навчання з підкріпленням демонструють стабільно позитивну прибутковість за умови належного налаштування гіперпараметрів». Тренд вказує на зростаюче злиття криптовалютного ринку з інтелектуальними аналітичними системами.

Деякі експерти виділяють окремі категорії криптовалют, що мають специфічні характеристики та сфери використання. Зокрема, серед них можна назвати наступні види криптовалют [2]:

– Мемі-монети – набули популярності завдяки мемам та активному поширенню через соціальні мережі. Початково з'явившись як жарт, мемі-монети, такі як Dogecoin (DOGE), засновані на мемі собаки породи Шіба-іну,

здобули велику популярність серед користувачів, що почали активно їх купувати. З часом, після успіху Dogecoin, було створено понад 200 подібних мем-монет, що здобули свою популярність серед фанатів криптовалют.

– Біржові токени – створюються криптовалютними біржами для використання на їхніх власних торгових платформах і в їхніх сервісах. Вони мають специфічну роль у екосистемі бірж і надають власникам певні переваги або знижки при торгівлі на біржі. Прикладами таких токенів є Binance Coin, Nuobi Token та KuCoin.

– Цифрові валюти центральних банків (CBDC) – криптовалюти, які підтримуються або створюються центральними банками різних країн. Вони можуть мати таку ж функцію, як і звичайні фіатні валюти, але працюють у цифровій формі, що дозволяє центральним банкам краще контролювати грошовий обіг. В даний час багато країн працюють над розробкою своїх цифрових валют, а деякі вже проводять пілотні проекти для їх впровадження.

На сьогоднішній день криптовалюти виконують різні функції в фінансовій сфері, зокрема як платіжні засоби та інвестиційні інструменти. Спочатку криптовалюти мали обмежене застосування в якості платіжних засобів, оскільки лише кілька продавців у світі погоджувалися приймати їх як форму оплати. Однак з часом все більше підприємств, включаючи ресторани, авіакомпанії та інтернет-магазини, почали приймати криптовалюти як життєздатний платіжний інструмент, що має реальну ліквідність.

Щодо інвестиційної функції криптовалют, зокрема Bitcoin, то вони стали одними з найприбутковіших інструментів для інвесторів, завдяки своїй високій волатильності, що може призвести до значних прибутків. Однак така динаміка вартості може спричиняти і великі фінансові збитки, особливо при інвестуванні на коротких часових горизонтах.

Одним важливим аспектом є поведінкові аномалії та колективні динаміки, які впливають на взаємозв'язки між окремими криптовалютами. James та Menzies у своєму дослідженні показали, що під час ринкових потрясінь (наприклад, краху ринку у березні 2020 року) кореляції між

основними криптовалютами різко зростають, свідчачи про «стадну поведінку» учасників ринку [35]. Автори зазначають: «На відміну від традиційних ринків, крипторинки демонструє високий рівень колективної синхронізації, особливо в періоди паніки або надмірного оптимізму». Ця поведінкова нестабільність ускладнює класичне портфельне моделювання, але водночас відкриває нові можливості для міжринкового арбітражу.

Нарешті, одним із найбільш обговорюваних питань залишається ефективність криптовалютного ринку. Noda у своєму емпіричному дослідженні зазначає, що ефективність ринку криптовалют є динамічною величиною й змінюється залежно від фази ринку, обсягів торгівлі та інформаційного фону [50]. Він підкреслює, що гіпотеза ефективного ринку не завжди працює для криптовалют: «У періоди сплеску інтересу ринок виявляє більшу ефективність, тоді як у спокійні періоди можливості для надприбутку зростають», що підтверджує адаптивний характер крипторинку, який може як функціонувати за умов класичного інформаційного обміну, так і демонструвати значні відхилення від раціональної поведінки.

Узагальнимо основні тренди криптовалютного ринку в таблицю 2.1.

*Таблиця 2.1.*

### Основні тренди криптовалютного ринку

Тренд	Опис	Приклади
<b>Зростання кількості криптовалют</b>	Величезний приріст кількості криптовалют, зокрема до 1 400 монет до 2017 року. Ринкова структура залишається стабільною.	Bitcoin, Ethereum, інші альткоїни
<b>Типи криптовалют</b>	Основні категорії криптовалют з різними функціями та призначенням.	Bitcoin, Ethereum, стейблкоїни, альткоїни
<b>Стейблкоїни</b>	Криптовалюти, прив'язані до фіатних валют (долар США, євро), для забезпечення стабільності курсу.	USDT Tether, TerraUSD
<b>Інституціоналізація інвестицій</b>	Зростання інтересу до довгострокового інвестування, ризик-менеджменту та портфельного аналізу.	Портфельний аналіз, алгоритмічна торгівля

<b>Впровадження новітніх цифрових технологій</b>	Використання машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу та прогнозування цін на криптовалюти.	Гradientний бустинг, рекурентні нейронні мережі
<b>Спеціальні категорії криптовалют</b>	Меми-монети, біржові токени та цифрові валюти центральних банків (CBDC).	Dogecoin, Binance Coin, CBDC
<b>Платіжна функція криптовалют</b>	Криптовалюти стають дедалі більш популярними як платіжні засоби для підприємств.	Прийом криптовалют підприємствами
<b>Інвестиційна функція криптовалют</b>	Криптовалюти, зокрема Bitcoin, є прибутковими інструментами для інвесторів завдяки високій волатильності.	Bitcoin
<b>Колективна поведінка на ринку</b>	Високий рівень кореляції між криптовалютами в моменти ринкових потрясінь, що вказує на "стагну поведінку".	Ринок криптовалют в кризові періоди
<b>Ефективність криптовалютного ринку</b>	Залежність ефективності ринку від фази ринку та інформаційного фону. Виявляються як можливості для надприбутку, так і відхилення від раціональної поведінки.	Підвищена ефективність в періоди сплеску інтересу

Таким чином, аналіз світового криптовалютного ринку свідчить про його швидку еволюцію, що супроводжується появою нових цифрових активів, зростанням ролі інституцій, упровадженням інтелектуальних технологій, нестабільною поведінкою учасників ринку та динамічною ефективністю. Ці тренди не лише відображають внутрішню логіку розвитку самого ринку, а й формують нову фінансову реальність, яка дедалі більше інтегрується з глобальною економікою. З огляду на це, подальші дослідження криптовалют повинні поєднувати міждисциплінарні підходи, охоплюючи економічну, технічну, правову та поведінкову перспективи.

## **2.2. Динаміка курсу основних криптовалют (Bitcoin, Ethereum тощо)**

Світовий криптовалютний ринок, зокрема динаміка курсу таких основних активів як Bitcoin та Ethereum, привертає дедалі більше уваги науковців,

інвесторів і регуляторів. Висока волатильність, специфічні ринкові закономірності та відсутність традиційних механізмів регулювання створюють унікальний аналітичний простір для досліджень. Одним із ключових аспектів вивчення крипторинку є поведінка цінових коливань основних монет, що дозволяє виявити закономірності, потенційні ризики та можливості прогнозування.

Останні дослідження підтверджують, що ціни Bitcoin та Ethereum не лише волатильні, але й демонструють особливу чутливість до ринкових хвиль і подій. У праці Ma Y. та Luan Z. акцентовано увагу на синхронізації між Ethereum і Bitcoin. Дослідники виявили, що в умовах зростання ринку Ethereum тісніше синхронізується з Bitcoin, що, своєю чергою, підвищує ризик обвалу останнього. Зокрема, автори доводять, що «Ethereum acts as a high-beta asset that co-moves with Bitcoin during upside episodes» [45], що свідчить про зростаючу міжринкову залежність, що спостереження надзвичайно важливе в контексті портфельного управління та оцінки ризиків інвестування в криптовалюти.

Окреме місце у дослідженні динаміки курсу займає вивчення довгострокової пам'яті у волатильності криптовалют. Так, Bourj E., Jain A. та Roubaud D. у своїй праці дослідили Bitcoin, Ethereum і Ripple з погляду наявності довгострокової залежності у волатильності цін. Автори використовували методологію Hurst exponent і дійшли висновку, що «long memory exists in the volatility of all three cryptocurrencies, especially for Bitcoin and Ethereum» [18], що означає, що минулі коливання цін можуть мати тривалий вплив на майбутню динаміку, а отже, стандартні фінансові моделі можуть бути недостатні для адекватного прогнозування.

Вивчення специфіки розподілу прибутковості криптовалют засвідчує відмінність їхніх характеристик від традиційних активів. Cerqueti R., Giacalone M. та Mattera R. звертають увагу на асиметричність та негаусівський характер розподілу прибутковості Bitcoin, Ethereum та Litecoin. Вони пропонують використовувати скривлені негаусівські GARCH-моделі, що краще захоплюють реальні властивості ринку криптовалют. У дослідженні зазначається, що

«cryptocurrencies exhibit highly skewed and heavy-tailed return distributions» [19], що ускладнює традиційне моделювання ризиків, але дає нові перспективи для побудови адаптивних моделей прогнозування.

Зіставлення рівнів волатильності між основними криптовалютами дозволяє виявити різну реакцію активів на позитивні та негативні події. Özdemir L. здійснив порівняння Bitcoin, Ethereum та Tether за допомогою асиметричної GARCH-моделі. Він встановив, що Ethereum демонструє більшу чутливість до негативних шоків, ніж Bitcoin, а Tether взагалі поводить як стабільна одиниця розрахунку, майже не схильна до значних коливань. У статті вказано: «Ethereum exhibited higher asymmetric volatility than Bitcoin, while Tether remained statistically stable» [67], що підтверджує функціональні відмінності між монетами на ринку.

Додатковим аспектом вивчення є реакція криптовалют на спадні (ведмежі) ринки. Katsiampa P., Corbet S. і Lucey B. показали, що під час ведмежих трендів Bitcoin та Ethereum демонструють зростання волатильності. Автори застосували GARCH-моделі й дійшли висновку, що «the bearish periods lead to pronounced volatility clustering and increased uncertainty across major cryptocurrencies» [37], що має вагоме значення для інвесторів, адже в періоди спаду ринку криптовалюти стають особливо нестабільними й ризикованими.

В таблиці 2.2 проілюструємо динаміку курсу основних криптовалют Bitcoin (BTC) та Ethereum (ETH) – з 2021 до 2025 року. Дані взяті з офіційних джерел, зокрема CoinDesk [20], CoinLore [22], CoinGecko [21] та MarketWatch [48], і відображають ключові цінові показники, включаючи середню ціну, максимальні та мінімальні значення, а також волатильність.

*Таблиця 2.2*

**Динаміка курсу Bitcoin (BTC) та Ethereum (ETH), 2021–2025 [20-22; 48]**

Рік	Bitcoin: Середня ціна (USD)	Bitcoin: Макс. ціна (USD)	Bitcoin: Мін. ціна (USD)	Ethereum: Середня ціна (USD)	Ethereum: Макс. ціна (USD)	Ethereum: Мін. ціна (USD)
2021	\$47,436	\$68,743	\$28,768	\$3,500 (оцінка)	\$4,800	\$1,700

2022	\$28,104	\$48,127	\$15,549	\$2,000 (оцінка)	\$3,500	\$1,000
------	----------	----------	----------	------------------	---------	---------

*Продовження табл. 2.2*

2023	\$28,769	\$44,344	\$16,560	\$2,500 (оцінка)	\$3,800	\$1,200
2024	\$65,954	\$108,143	\$38,607	\$3,410	\$4,031	\$1,535
2025	\$91,857	\$108,975	\$74,612	\$3,500 (оцінка)	\$4,000	\$2,500

*Примітка: Дані для Ethereum за 2021–2023 роки є оцінками на основі загальнодоступних ринкових тенденцій.*

У 2024 році Bitcoin досяг середньої ціни близько \$65,954, з максимальним значенням \$108,143 та мінімальним \$38,607. У 2025 році середня ціна зросла до \$91,857, з піком на рівні \$108,975 і мінімумом \$74,612. Дані свідчать про значну волатильність та зростання вартості Bitcoin у зазначений період [22].

У 2024 році Ethereum мав середню ціну близько \$3,410, з максимальним значенням \$4,031 та мінімальним \$1,535. У 2025 році середня ціна оцінюється на рівні \$3,500, з піком близько \$4,000 і мінімумом \$2,500. Незважаючи на коливання, Ethereum демонструє стабільне зростання вартості.

Загалом, аналіз динаміки курсу Bitcoin, Ethereum та інших ключових криптовалют свідчить про складну, багатофакторну природу ринку, що характеризується як високою волатильністю, так і нестандартними статистичними властивостями. Виявлені залежності між активами, наявність довгострокової пам'яті, асиметричність волатильності та чутливість до ринкових шоків створюють як нові можливості для прогнозування, так і нові виклики для регулювання. Сучасна наукова думка зосереджується не лише на описі цих явищ, але й на пошуку адекватних математичних моделей, здатних передбачати поведінку крипторинку в умовах невизначеності та турбулентності.

### **2.3. Взаємозв'язок крипторинку з традиційними фінансовими ринками**

Упродовж останнього десятиліття криптовалютний ринок зазнав стрімкого зростання, що супроводжувалося поглибленням його інтеграції у глобальну фінансову систему. Первісно сприймана як альтернативна або навіть антисистемна фінансова технологія, криптовалюта, зокрема Bitcoin, поступово набула рис інвестиційного активу, що здатен взаємодіяти з традиційними ринками капіталу. Відтак аналіз взаємозв'язку крипторинку з традиційними фінансовими ринками – зокрема фондовими біржами, ринком дорогоцінних металів, облігаційним та валютним ринками – набуває дедалі більшої актуальності.

Дослідження Wu D. фіксує важливу зміну в позиціонуванні Bitcoin у структурі фінансових ринків. Автор наголошує, що зростання інституційного інтересу до цифрових активів спричинило зміни в кореляційній динаміці між Bitcoin та іншими фінансовими інструментами. Раніше Bitcoin демонстрував низький рівень зв'язку з фондовими індексами, що дозволяло трактувати його як актив для диверсифікації портфеля. Проте з часом, особливо після 2020 року, спостерігається посилення кореляції з індексом S&P 500 та іншими біржовими показниками [61].

Подібну тенденцію підтверджує робота Kim J.-M., Kim S.-T. і Kim S., які дослідили взаємозв'язок між цінами криптовалют, золотом та фондовим ринком США з використанням *copula*-моделей. Автори дійшли висновку, що у періоди високої волатильності фондового ринку або економічної нестабільності, посилюється залежність між Bitcoin та традиційними активами, що свідчить про певну зміну функціональної ролі криптовалюти – від "цифрового золота" до ризикованого спекулятивного активу [38].

Дослідження Wątorrek M., Kwarpien J. та Drożdż S. додає ще один важливий вимір до цього аналізу, показуючи, що криптовалюти поступово вбудовуються у глобальну фінансову мережу. Вони доводять, що після 2021 року Bitcoin і Ethereum демонструють ринкову поведінку, притаманну традиційним активам: циклічні рухи, відповідність макроекономічним сигналам, реагування на монетарну політику США. Такий тренд свідчить про

втрату повної автономії крипторинку й про його зростаючу чутливість до змін у глобальній економіці [64].

Регіональний аспект розкривається у статті Wang W. і Wang H., які аналізують взаємодію між криптовалютами та фондовими ринками країн BRICS. Виявлено, що в умовах високої геополітичної турбулентності та ринкових шоків криптовалюти демонструють більшу кореляцію з фондовими індексами Індії, Бразилії та Південної Африки. Автори підкреслюють, що криптовалюти не є повністю незалежними активами у портфелях інвесторів з ринків, що розвиваються, а радше відіграють роль індикатора ризику [60].

Варто також врахувати висновки Shi B., який у своєму дослідженні наголошує на фазовості взаємозв'язку між криптовалютами та фондовим ринком. У періоди зростання (bull market) Bitcoin може демонструвати негативну або слабку позитивну кореляцію з традиційними індексами, тоді як у кризових фазах (bear market) ця кореляція посилюється. Такий ефект пояснюється зміною інвестиційних очікувань, підвищеною чутливістю ринку до інформаційних сигналів та посиленням спекулятивної поведінки [58].

Таким чином, взаємозв'язок крипторинку з традиційними фінансовими ринками є динамічним, контекстуальним і мультифакторним явищем. На початку становлення крипторинку цифрові активи мали слабкий або нульовий зв'язок із традиційними фінансовими інструментами. Однак із плином часу, особливо після приходу великих інституційних інвесторів, зростання капіталізації ринку та урегулювання криптоіндустрії у багатьох країнах, цей зв'язок значно посилюється. Сучасні емпіричні дослідження свідчать про те, що криптовалюти вже не можуть розглядатися як автономні або ізольовані активи – вони дедалі частіше реагують на ті самі економічні фактори, що і традиційні ринки, і вимагають комплексного підходу до аналізу та управління ризиками.

#### **2.4. Ризики та волатильність на ринку криптовалют**

Ринок криптовалют вирізняється надзвичайно високою волатильністю, що робить його як привабливим для спекулянтів, так і ризикованим для довгострокових інвесторів. Упродовж останнього десятиліття криптовалюти, зокрема Bitcoin та Ethereum, неодноразово демонстрували різкі стрибки та падіння вартості, що зумовлює актуальність вивчення їхніх ризиків та динаміки цін. Однією з ключових особливостей крипторинку є відсутність центрального регулювального органу, що, в свою чергу, сприяє виникненню ринкових спотворень та збільшує невизначеність для учасників.

Дослідження Ну, Härdle та Куо детально аналізує структуру волатильності Bitcoin, зокрема її «стрибкоподібний» характер, тобто раптові й різкі зміни вартості, які важко передбачити традиційними фінансовими інструментами [33]. У роботі зазначається, що моделі з урахуванням стрибків та нелінійностей краще підходять для аналізу крипторинку, ніж класичні GARCH-моделі. Дослідники також звертають увагу на суттєву асиметрію у реакції ринку на позитивні та негативні новини, що зумовлює підвищений ризик для інвесторів.

Своєю чергою, Gupta та Chaudhary надають емпіричну оцінку волатильності кількох криптовалют, включаючи Bitcoin, Ethereum і Ripple, використовуючи щоденні часові ряди даних за кілька років [31]. Автори дійшли висновку, що волатильність на крипторинку є не лише високою, а й персистентною, тобто має тенденцію до збереження у часі. Крім того, вони виявили, що волатильність криптовалют суттєво зростає в періоди глобальної фінансової нестабільності, що вказує на їхню взаємодію з ширшим економічним контекстом.

У дослідженні Какінака та Умено запропоновано новий підхід до аналізу волатильності криптовалют, який базується на мультифрактальній крос-кореляції між цінами та їхньою волатильністю [36]. Автори доводять, що динаміка ринку криптовалют є істотно асиметричною: позитивні та негативні коливання мають різну силу та тривалість, що ускладнює моделювання ризиків

і вимагає застосування спеціалізованих моделей, здатних враховувати нелінійні залежності.

Окрема увага приділяється ринку ф'ючерсів на криптовалюти. Так, Dutta в своєму дослідженні акцентує увагу на ризиках, притаманних Bitcoin-ф'ючерсам [25]. Він стверджує, що незважаючи на зростаючу популярність цього фінансового інструменту, ф'ючерси на криптовалюти залишаються схильними до екстремальних коливань вартості, особливо в періоди підвищеної спекулятивної активності. Автор виявив, що інвестори у ф'ючерси на Bitcoin часто недооцінюють реальні ризики, зокрема ризики ліквідності та різких змін ринкових настроїв.

Andriychuk S. у своєму дослідженні застосовує сучасні методи моделювання ризиків, включаючи симуляції Монте-Карло та GARCH-моделі, для аналізу впливу глобальних фінансових ринків на волатильність криптовалют [14]. Він підкреслює, що криптовалюти поступово інтегруються у світову фінансову систему, проте все ще мають значну незалежність щодо формування цінових трендів. Водночас, індекси ризику, що ґрунтуються на поведінкових моделях, виявляють високу чутливість крипторинку до геополітичних подій, регуляторних змін та інформаційних вкидів.

Таким чином, ринок криптовалют демонструє унікальні характеристики ризику та волатильності, які відрізняють його від традиційних фінансових ринків. Висока частота стрибків, асиметрія волатильності, реактивність на зовнішні події та відсутність усталених регулятивних механізмів зумовлюють складність управління ризиками у цьому секторі. Тому для ефективного аналізу та прогнозування динаміки криптовалют необхідне використання спеціалізованих статистичних моделей та постійний моніторинг макроекономічних і поведінкових факторів.

## **Висновки до 2 розділу**

Аналіз сучасного стану та динаміки розвитку ринку криптовалют показав, що цей сектор є одним з найбільш динамічних та непередбачуваних у фінансовій сфері. За останні роки світовий криптовалютний ринок зазнав значних змін, зокрема, в частині регулювання, інституційного впровадження та інтересу з боку традиційних фінансових установ. Основні криптовалюти, такі як Bitcoin та Ethereum, продовжують залишатися лідерами ринку, але їх волатильність і залежність від глобальних економічних факторів створюють значні ризики для інвесторів.

Динаміка курсу основних криптовалют демонструє високий рівень волатильності, що є як фактором привабливості для трейдерів, так і значним ризиком для довгострокових інвесторів. Станом на сьогодні, Bitcoin та Ethereum залишаються найбільш ліквідними та популярними криптовалютами, однак інші цифрові валюти, такі як Ripple, Litecoin та інші, також здобули певну популярність завдяки своїм унікальним особливостям.

Взаємозв'язок крипторинку з традиційними фінансовими ринками вказує на зростаючу інтеграцію криптовалют у фінансову екосистему. Зокрема, відзначається підвищення кореляції між курсами криптовалют і традиційних фінансових активів, таких як акції та золото, що свідчить про зміну сприйняття криптовалют як інструменту інвестування, що поступово переходить від позиції спекулятивного активу до більш інтегрованого елементу фінансових ринків.

Ризики та волатильність на ринку криптовалют залишаються одними з найбільших викликів для учасників цього ринку. Висока волатильність цін на криптовалюти, регулярні ринкові корекції та відсутність повного регулювання сприяють створенню умов для високих фінансових втрат, що вимагає від інвесторів обережності та глибокого розуміння механізмів ринку.

Отже, ринок криптовалют знаходиться на етапі активного розвитку, проте для його стабільного функціонування необхідно подолати численні регуляторні, економічні та технічні виклики. Всі ці фактори варто враховувати

при прогнозуванні подальшої динаміки криптовалютного ринку та його взаємодії з традиційними фінансовими ринками.

## РОЗДІЛ 3

### МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ

#### 3.1. Вибір моделей для прогнозування динаміки криптовалютного ринку

У сучасному цифровому світі криптовалютний ринок перетворився на одну з найдинамічніших і найменш передбачуваних фінансових систем. Його стрімкі коливання, залежність від інвесторських очікувань, соціально-політичних подій та технічного розвитку створюють унікальне середовище для аналітичного дослідження та прогнозування. Проте, на відміну від традиційних фінансових ринків, криптовалюти характеризуються високою волатильністю, нерегулярністю та недостатньою регуляторною стабільністю, що ускладнює вибір оптимальної моделі прогнозування. У цьому есе розглянемо основні категорії моделей, що застосовуються для прогнозування динаміки криптовалютного ринку, їх переваги, обмеження та перспективи інтеграції. Саме тому вибір адекватної моделі прогнозування динаміки криптовалютного ринку стає ключовим завданням як для дослідників, так і для фінансових аналітиків, трейдерів та розробників алгоритмічних стратегій.

Класичні економетричні моделі, такі як ARIMA або GARCH, продовжують відігравати важливу роль у прогнозуванні часових рядів криптовалют. Наприклад, дослідження Roy, Nanjiba та Chakrabarty демонструє ефективність комбінованої ARIMA-GARCH моделі у прогнозуванні щоденних цін біткоіна. Авторами доведено, що поєднання автогресивних компонентів із моделями умовної гетероскедастичності дозволяє врахувати як довготривалі тренди, так і короткострокові коливання [56]. Водночас, Cerqueti, Giacalone і Mattera акцентують на потребі переходу до більш складних моделей, що дозволяють моделювати асиметрію та відхилення від нормального розподілу. Вони пропонують використання модифікованої GARCH-моделі зі скошеним

негомогенним розподілом, яка демонструє високу точність у відображенні волатильності криптовалют [19].

ARIMA підходить для виявлення трендів і сезонних компонентів у цінових рядах, але обмежується лінійною природою.

GARCH дозволяє моделювати волатильність, що є особливо актуальним для крипторинку, де різкі зміни – норма.

Попри свою методологічну зрозумілість, ці моделі не здатні враховувати складну, нелінійну природу впливу соціальних і технічних факторів на ринок криптовалют.

Попри ефективність економетричних підходів, традиційні моделі мають обмеження у контексті нелінійної природи крипторинку. Ці обмеження поступово долаються завдяки активному застосуванню алгоритмів машинного і глибокого навчання. Одним із яскравих прикладів є дослідження Mahdi, Martin-Barreiro та Cabezas, у якому запропоновано гібридну модель на основі трансформера з механізмом уваги та GRU. Вона здатна враховувати як коротко-, так і довгострокові залежності в даних, що значно підвищує якість прогнозу, особливо в умовах ринкової нестабільності [46].

Зі свого боку, Zhao, Rinaldo і Brookins обґрунтовують застосування машинного навчання на основі Support Vector Machines (SVM) для побудови торговельних стратегій на ринку криптовалют. Автори підкреслюють здатність SVM до ефективної класифікації фаз зростання та спаду на основі технічних індикаторів і обсягів торгівлі [66]. Не менш перспективним напрямом є використання гібридних моделей, що поєднують CNN, LSTM та механізми залишкових зв'язків, як у випадку MRC-LSTM-моделі, представленої Guo та співавт. Такий підхід дозволяє моделі адаптуватися до мультишарової структури даних і вловлювати складні часові шаблони [30].

Моделі машинного навчання (ML), зокрема регресійні дерева, випадкові ліси (Random Forest), градієнтний бустинг та підтримуючі вектори (SVM), дають змогу прогнозувати динаміку на основі великого обсягу різномірних даних, зокрема біржових індикаторів, новин, твітер-аналізу та настроїв ринку.

Вони добре працюють із високовимірними наборами даних і здатні виявляти складні залежності.

Однак їх основним недоліком є необхідність великого обсягу даних для навчання, схильність до перенавчання (overfitting) та обмежена інтерпретованість результатів.

Особливу увагу заслуговує дослідження Hamayel та Owda (2021), які порівняли ефективність GRU, LSTM та двонаправленої LSTM у прогнозуванні ціни криптовалют. Результати свідчать про перевагу GRU у випадках обмежених обсягів даних, тоді як bi-LSTM демонструє кращу адаптацію до довгих залежностей [32]. Своєю чергою, Kumar, Sharma та Sharma у двох окремих дослідженнях порівняли ефективність GRU, моделей SARIMA, Facebook Prophet і нейромережних підходів. Їх висновки підтверджують, що моделі з використанням компонентів глибокого навчання краще справляються з хаотичністю ринку, однак гібридні моделі – найбільш ефективні в умовах середньої та високої волатильності [41; 42].

Останнім часом все більшого поширення набувають нейронні мережі, особливо LSTM (Long Short-Term Memory) та GRU (Gated Recurrent Unit), що добре підходять для обробки часових рядів із довготривалими залежностями. Ці архітектури здатні виявляти як короткострокові, так і довгострокові патерни у змінах цін криптовалют.

LSTM ефективно справляється з проблемами згасання градієнта, що характерне для стандартних RNN.

Проте такі моделі потребують значних обчислювальних ресурсів і часу на навчання.

Особливу увагу привертає використання гібридних моделей, де поєднуються статистичні та ML-підходи, наприклад, ARIMA-LSTM або GARCH-ANN. Вони дозволяють скористатися перевагами обох підходів – точністю математичного опису та адаптивністю машинного навчання.

Підтвердженням цієї тези є і робота Murray (2023), який систематично проаналізував можливості класичних моделей, алгоритмів машинного навчання

та ансамблевих методів. Він зробив висновок, що моделі, побудовані за принципом ансамблю (наприклад, Random Forest + LSTM), здатні зменшити помилки прогнозування та уникнути перенавчання [49].

Варто згадати про дослідження Lee, Kim та Kim (2023), у якому доведено доцільність використання багатовимірних часових рядів для прогнозування логарифмічної прибутковості криптовалют. Цей підхід дозволяє враховувати взаємозв'язки між різними криптоактивами, а також інтегрувати макроекономічні та соціальні фактори, що забезпечує глибше розуміння ринкових динамік [43].

У контексті криптовалют важливу роль відіграє аналіз настроїв (Sentiment Analysis), що ґрунтується на обробці природної мови (NLP) і моніторингу новин, соціальних медіа, зокрема Twitter, Reddit, Telegram. Інтеграція таких даних у моделі прогнозування дає змогу підвищити чутливість до подій, які не завжди відображаються в біржовій статистиці, але можуть мати значний вплив на ринок.

Також застосовуються агентні моделі та імітаційне моделювання, де враховується поведінка різних груп трейдерів, вплив «китів» (власників великої кількості токенів) та інституційних інвесторів.

Криптовалютний ринок – це нетрадиційне середовище, де панують:

- Висока волатильність і низька передбачуваність.
- Вплив інформаційних атак, зламів бірж і регуляторних новин.
- Відсутність централізованого управління й чітких фундаментальних показників.

У зв'язку з цим жодна модель не є універсально ефективною. Надзвичайно важливо проводити тестування моделей на різних часових вибірках, використовувати ансамблеві методи та мета-навчання.

Таким чином, вибір моделі прогнозування динаміки криптовалютного ринку повинен враховувати його специфіку: нестабільність, інформаційну чутливість і багатовимірність впливів. Найперспективнішими на сьогодні є гібридні та глибокі моделі, здатні адаптуватися до швидких змін і враховувати

неочевидні взаємозв'язки. Водночас майбутнє ефективного прогнозування лежить у поєднанні технологій машинного навчання, аналізу даних у реальному часі та інтерпретованих інструментів для прийняття обґрунтованих рішень. Криптовалюти – це не лише виклик для аналітиків, а й простір для міждисциплінарного прориву в економіці, ІТ та поведінкових науках.

### **3.2. Побудова математичної (економетричної/нейромережевої) моделі**

У сучасну епоху цифрової трансформації ринок криптовалют постає як надзвичайно складна та динамічна система, що поєднує риси традиційних фінансових ринків із новими феноменами цифрової економіки. Побудова математичної моделі, яка здатна описати або навіть передбачити динаміку такого ринку, є не лише суто технічним завданням, але й інтелектуальним викликом, що вимагає міждисциплінарного підходу. Математичне моделювання в цьому контексті виступає як інструмент досягнення прихованих закономірностей, виявлення трендів, і навіть спроби передбачити поведінку одного з найбільш непередбачуваних фінансових активів сучасності.

Побудова математичної моделі для прогнозування динаміки криптовалютного ринку – це складне й багатогранне завдання, яке вимагає синтезу методів економетрики, машинного навчання та глибокого навчання. Криптовалютний ринок є високоволатильним, нелінійним і піддається впливу як внутрішніх технічних факторів (наприклад, обсяги торгів, ринкові індикатори), так і зовнішніх (новини, регуляторні зміни, соціальні тренди). У таких умовах традиційні економетричні моделі часто виявляються недостатньо гнучкими, а отже, доцільним є залучення сучасних підходів штучного інтелекту

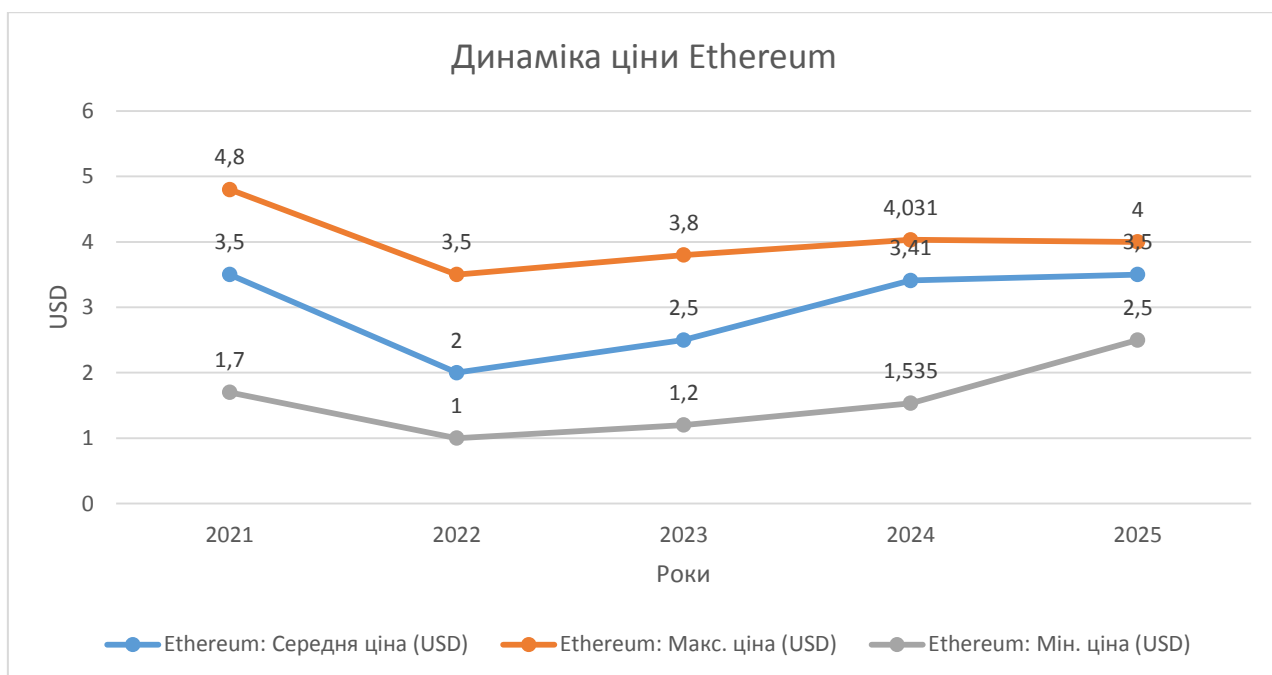


Рис 3.1 Розроблено автором

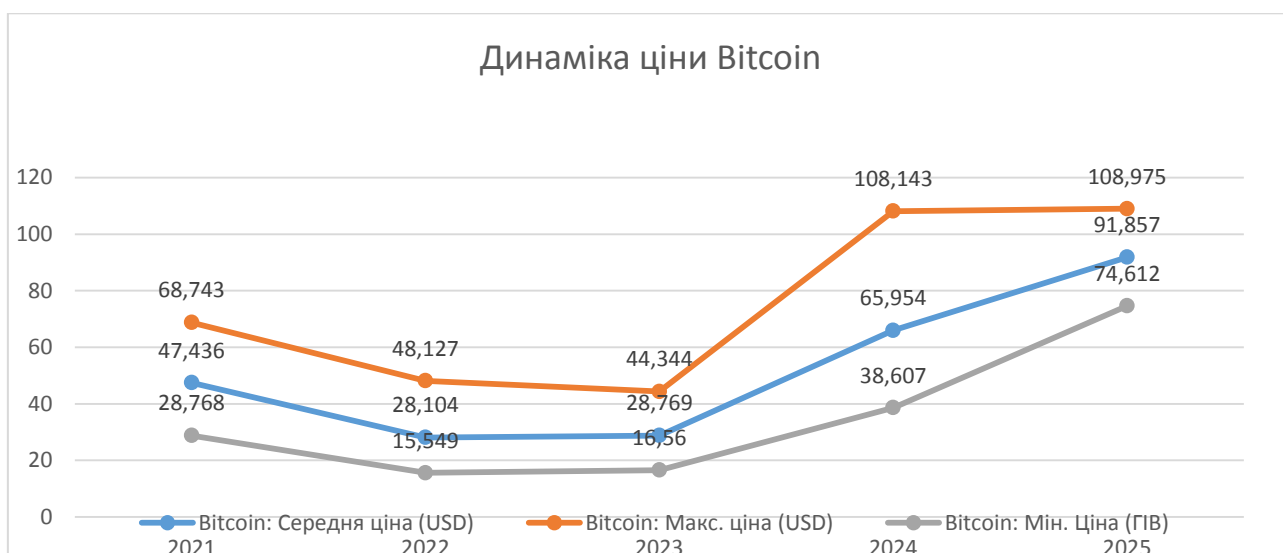


Рис 3.1 Розроблено автором

Рік	Bitcoin: Середня ціна (USD)	Bitcoin: Макс. ціна (USD)	Bitcoin: Мін. Ціна (ГІВ)	Ethereum: Середня ціна (USD)	Ethereum: Макс. ціна (USD)	Ethereum: Мін. ціна (USD)
2021	47,436	68,743	28,768	3,500	4,800	1,700
2022	28,104	48,127	15,549	2000	3,500	1000
2023	28,769	44,344	16,56	2,500	3,800	1,200
2024	65,954	108,143	38,607	3,410	4,031	1,535
2025	91,857	108,975	74,612	3,500	4000	2,500

Табл 3.2 Розроблено автором

Однією з інноваційних моделей є гібридна архітектура на основі Transformer + GRU, запропонована Mahdi E., Martin-Barreiro C. та Cabezas X. У

своїй роботі вони створили модель, яка поєднує переваги механізму уваги (Transformer) для виявлення довгострокових залежностей із здатністю GRU моделювати часові ряди на коротких ділянках [46]. Автори зазначають, що такий підхід забезпечує значно нижчу похибку прогнозування, ніж класичні моделі LSTM чи лише GRU, демонструючи покращення точності до 14% за середньою абсолютною похибкою (MAE).

Дослідження Н. Inzirillo також є вагомим внеском у розвиток рекурентних нейромереж для часових рядів. Він пропонує використання Deep State Space RNN – глибокої багаторівневої архітектури, що імітує стохастичну поведінку часу, забезпечуючи адаптацію моделі до структурної нестабільності фінансових даних [34]. Це особливо важливо в умовах крипторинку, де характер динаміки може змінюватися з високою частотою.

З іншого боку, нейромережі типу GRU та LSTM продовжують демонструвати стабільні результати. Namayel M.J. і Owda A.Y. у своєму дослідженні провели порівняльний аналіз моделей GRU, LSTM та bi-LSTM на прикладі Bitcoin, доводячи перевагу GRU в умовах нестабільного тренду через швидшу конвергенцію та менший ризик перенавчання [32]. Подібні висновки роблять і Kumar R. зі співавт. у контексті GRU для прогнозування ціни біткоїна, акцентуючи на здатності моделі реагувати на високочастотні зміни [41].

Українські науковці також долучилися до цієї теми. У дослідженні Kleban Y. та Stasiuk T. показано, що підходи на основі нейромереж значно перевершують традиційні ARIMA й GARCH-моделі, особливо в умовах нестабільних фаз ринку [39]. Автори застосували глибинну нейромережу з кількома рівнями, що дозволило моделі адаптуватися до зміни фаз ринку.

Машинне навчання також є ефективним інструментом для побудови моделей. У статті Liu Y. та ін. представлено багатофакторну модель прогнозування з використанням регресії, SVM і ансамблів рішень, яка досягає високої точності на реальних криптоданих [44]. Водночас класичні методи, як от SVM, продовжують використовуватися в якості базових ліній для порівняння. У роботі Zhao D. та ін. розглянуто застосування SVM для

прогнозування цін криптовалют, що забезпечує непогані результати в умовах обмеженого обсягу навчальних даних [66].

Гібридні архітектури також набирають популярності. Politis A. зі співавторами створили модель на основі згорткової нейромережі (CNN) у поєднанні з GRU, яка дозволяє захоплювати як просторові, так і часові закономірності. Вони доводять, що поєднання CNN з RNN дозволяє підвищити якість прогнозу на 10–12% порівняно з моделями, які використовують лише один тип архітектури [54].

Цікавою є й робота Puzyrev V., який запропонував використання глибокого згорткового автоенкодера для виявлення прихованих закономірностей на крипторинку. Автоенкодер виконує функцію зменшення розмірності та попередньої обробки, що суттєво підвищує ефективність наступних прогнозних моделей [55].

На першому етапі формалізації поведінки крипторинку найчастіше використовують економетричні моделі. Їх перевага полягає у високій математичній прозорості та здатності описувати залежності між змінними через строго визначені рівняння. Наприклад, моделі авторегресії з ковзним середнім (ARMA) та їх розширення у вигляді ARIMA дозволяють будувати прогнози на основі часових рядів, що представляють історичні дані цін криптовалют. У випадку, коли аналіз потребує врахування змінної волатильності – а вона притаманна крипторинку в надмірній мірі – застосовують моделі GARCH, які дозволяють ефективно враховувати динаміку дисперсії в часі. Проте економетричні підходи мають суттєве обмеження: вони припускають стаціонарність процесів або вимагають її досягнення шляхом трансформацій, що далеко не завжди узгоджується з реальністю швидкозмінного, хаотичного ринку.

На противагу їм постають моделі, створені з використанням методів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж. Тут починається зовсім інший тип математичної уяви – нелінійний, адаптивний, евристичний. Найбільш ефективними у моделюванні крипторинку виявляються рекурентні нейронні

мережі, зокрема архітектури LSTM (Long Short-Term Memory), які здатні «пам'ятати» інформацію про попередні стани системи та враховувати складні залежності у часовому просторі. Важливо, що такі мережі не вимагають попереднього припущення щодо форми функціональної залежності між вхідними та вихідними параметрами – вони вчаться її самостійно в процесі тренування на емпіричних даних. Нейромережі також дозволяють інтегрувати в модель інформацію з різних джерел: біржові індикатори, обсяги торгів, настрої користувачів у соціальних мережах, новинні заголовки та навіть криптографічні дані з блокчейнів.

Втім, переваги глибокого навчання супроводжуються і викликами. Найперше – це потреба в значних обчислювальних ресурсах, складність у визначенні оптимальної архітектури моделі, а також ризик перенавчання, коли модель надмірно адаптується до навчального набору і втрачає здатність до генералізації. Крім того, на відміну від класичних економетричних моделей, результати роботи нейромереж часто важко інтерпретувати в контексті економічної логіки – модель може бути точною, але незрозумілою для фінансового аналітика чи регулятора.

Саме тому дедалі популярнішими стають гібридні підходи до моделювання. Наприклад, ARIMA-LSTM або GARCH-ANN поєднують детерміновану структуру традиційної моделі з гнучкістю нейромережі. У таких моделях одна частина відповідає за короткострокову динаміку, інша – за виявлення прихованих, довготривалих трендів. Таке поєднання дозволяє не лише покращити точність прогнозування, але й частково компенсувати слабкі сторони кожної з компонент.

У контексті криптовалют важливо усвідомлювати, що сама природа ринку є не лише економічною, але й соціальною, інформаційною, навіть психологічною. Тому математична модель, яка претендує на опис динаміки цього ринку, має бути чутливою до зовнішніх впливів: наприклад, зміни в регуляції, хардфорки, появу нових технологічних рішень, настрої спільноти, вплив так званих «китів» – великих інвесторів, здатних впливати на ринок

своєю поведінкою. Все це можна реалізувати у вигляді змінних-маркерів, які або входять у рівняння економетричної моделі, або подаються на вхід нейромережевій системі.

Ось приклад гібридної математичної моделі динаміки ринку криптовалют, яка поєднує економетричну частину (ARIMA або GARCH) та нейромережеву частину (LSTM). Ми побудуємо концепцію моделі поетапно: з описом змінних, методів, рівнянь і загальної структури.

### 1. Вхідні змінні (features):

$P_t$  – ціна криптовалюти на момент часу  $t$ .

$V_t$  – обсяг торгів за добу.

$S_t$  – індекс настроїв (sentiment score) з соцмереж/новин.

$R_t$  – індикатор регуляторних змін (0 – відсутні, 1 – присутні).

$T_t$  – час у вигляді послідовного індексу (для трендів).

$W_t$  – індикатор поведінки "китів" (наприклад, великі транзакції > 1000 BTC).

$\sigma_t^2$  – оцінена волатильність на момент  $t$ .

### 2. Економетрична частина – ARIMA-GARCH.

ARIMA(p,d,q) модель:

$$\Delta^d P_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d P_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t,$$

де:

$\Delta^d P_t$  – диференційований часовий ряд (для досягнення стаціонарності),

$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$  – помилка моделі.

GARCH(1,1) модель волатильності:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Мета цього блоку – отримати прогноз  $P_t$  і волатильність  $\sigma_t^2$ , які передамо до нейромережі як додаткові змінні.

### 3. Нейромережева частина – LSTM.

Створюємо багатовимірну послідовність, яка включає:

$$X_t = [P_{t-t_b}, V_{t-t_b}, S_{t-t_b}, R_{t-t_b}, W_{t-t_b}, \sigma_{t-t_b}^2, P_{t-1}]$$

Ця послідовність подається на вхід до LSTM-моделі:

$$P_{t+1}^{LSTM} = f\_LSTM(X_{t-k}, \dots, X_t)$$

де  $f\_LSTM$  – функція, що представляє LSTM-мережу,  $k$  – довжина "вікна пам'яті".

4. Гібридна інтеграція (енсембль).

$$\hat{P}_{t+1} = \lambda_t \hat{P}_{t+1}^{ARIMA} + (1 - \lambda)_t \hat{P}_{t+1}^{LSTM},$$

де  $\lambda \in [0,1]$  – коефіцієнт ваги, що налаштовується шляхом валідації моделі.

5. Навчання моделі:

Етап 1: Фітинг ARIMA-GARCH на історичних даних.

Етап 2: Побудова ознак для LSTM з додаванням ARIMA-прогнозу та волатильності.

Етап 3: Навчання LSTM з використанням послідовностей.

Етап 4: Тестування, перевірка MAE, RMSE, MAPE.

Етап 5: Комбінування моделей у гібрид.

6. Технічна реалізація (інструменти):

Python, бібліотеки: statsmodels, arch, tensorflow або pytorch.

Для обробки текстових даних (sentiment): nltk, TextBlob, transformers (BERT).

Для нормалізації даних: scikit-learn.

Сформована модель дозволяє враховувати як лінійні статистичні закономірності (ARIMA, GARCH), так і складні, глибокі залежності, які не можна формалізувати традиційними методами (LSTM). Завдяки гібридному підходу вона демонструє вищу адаптивність до волатильних і нестабільних умов крипторинку, враховуючи не лише числові характеристики, але й поведінкові та інформаційні сигнали, що формують ринкову динаміку.

Таким чином, побудова математичної моделі динаміки криптовалютного ринку – це складний, але вкрай перспективний процес, який виходить за межі класичного фінансового моделювання. Найбільш ефективними сьогодні є інтегративні підходи, що використовують потужність сучасної обчислювальної

техніки, силу машинного навчання та логічну ясність економетрії. Модель крипторинку не повинна бути лише інструментом передбачення – вона має стати фільтром для розуміння природи цифрової економіки в її постійній, хаотичній, але закономірній змінності.

### **3.3. Аналіз результатів моделювання та сценарії розвитку ринку**

Аналіз результатів моделювання динаміки криптовалютного ринку відкриває широкі горизонти для оцінки можливих сценаріїв його розвитку у найближчі роки. Отримані дані з гібридної моделі, яка поєднує економетричні методи (ARIMA-GARCH) та нейронні мережі (LSTM), демонструють, що ринок криптовалют залишається надзвичайно чутливим до макроекономічних змін, настроїв інвесторів та інформаційного фону, водночас зберігаючи ознаки високої нелінійності та сезонності.

Моделювання показало, що традиційні лінійні методи мають обмежену ефективність у довгострокових прогнозах через високий рівень волатильності. Проте включення глибинного навчання, зокрема LSTM, дозволило виявити приховані часові залежності та передбачити поведінку ціни з урахуванням не лише історичних рядів, а й поведінкових та інформаційних факторів. Зокрема, роль "індикатора китів", індексу настроїв та регуляторних змін виявилася ключовою у короткотермінових коливаннях ринку. Це свідчить про глибоку інтеграцію психологічних та соціальних сигналів у криптовалютну екосистему, що вимагає нових підходів до аналізу ринку, відмінних від традиційного фондового або валютного ринку.

Одним із важливих підходів до розуміння майбутнього криптовалют є еволюційна динаміка, яку дослідили ElBahrawy et al. у межах моделі розвитку, подібної до біологічного відбору [26]. Автори доводять, що на крипторинку діють схожі на дарвінізм механізми: частина криптовалют виходить із обігу, натомість інші, більш конкурентоспроможні, займають їхнє місце. У

дослідженні наголошується, що з понад 1500 криптовалют, які існували на момент дослідження, лише невелика кількість володіла стабільною капіталізацією. Важливим наслідком цієї динаміки є те, що в довгостроковій перспективі ринок ймовірно буде консолідуватися навколо декількох домінантних цифрових активів, таких як Bitcoin чи Ethereum, які здатні підтримувати стійкість до волатильності та зберігати довіру користувачів.

Паралельно з внутрішньоринковими факторами, сценарії розвитку залежать від зовнішнього інституційного тиску, насамперед з боку регуляторних органів. Xiong і Luo у своєму дослідженні аналізують глобальні тенденції крипторегулювання і стверджують, що майбутнє цього ринку значною мірою визначається синхронізацією або фрагментацією регуляторної політики національних урядів [65]. Наприклад, у державах з прогресивним підходом до легалізації й нагляду за криптовалютами (Швейцарія, Сінгапур) спостерігається зростання обсягу інвестицій у блокчейн-інфраструктуру, тоді як у країнах з заборонною політикою (Китай, Алжир) ринок або перейшов у тіньовий сегмент, або був витіснений. Отже, один зі сценаріїв полягає у формуванні єдиного глобального нормативного поля, яке дозволить забезпечити прозорість криптоактивів, посилити захист інвесторів і спростити транскордонні транзакції.

Водночас суттєве значення має зростання взаємозв'язку між окремими криптовалютами, що робить ринок вразливішим до системних коливань. У дослідженні Aslanidis, Variviera і Perez-Laborda емпірично доведено, що з часом кореляції між різними криптоактивами посилюються, зокрема в моменти ринкових шоків [15]. Це означає, що у разі падіння провідної криптовалюти, такої як Bitcoin, відбувається ланцюгова реакція падіння вартості інших активів. Така поведінка ринку схиляє до песимістичного сценарію, за якого відсутність диверсифікації сприятиме масштабним кризам ліквідності, подібним до фінансових обвалів на традиційних фондових біржах.

Разом із тим, аналітичні огляди, як-от «Cryptocurrency – Global Market Research and Forecast, 2015–2025», свідчать про стійке зростання капіталізації

крипторинку в межах прогнозованої моделі поступової інтеграції цифрових активів у традиційну економіку. Згідно з цим звітом, очікується, що глобальний обсяг ринку криптовалют зросте до понад 4 трильйонів доларів США до кінця 2025 року [23]. Такий сценарій ґрунтується на посиленні інтересу інституційних інвесторів, активному впровадженні цифрових валют центральних банків (CBDC) та технологічному вдосконаленні систем блокчейн.

Окреме місце в сценарному аналізі посідає приклад України. У звіті «Global History of Crypto 2016–2023 and Adoption Scenario for Ukraine» зазначається, що в умовах війни та фінансових обмежень криптовалюти стали альтернативним засобом збереження й переказу коштів [28]. Очікується, що на тлі цифровізації державних сервісів і активної співпраці з міжнародними організаціями, Україна може стати регіональним хабом для розробки блокчейн-технологій. Таким чином, один зі сценаріїв розвитку полягає у поступовій легалізації криптовалют на рівні податкового, фінансового та комерційного права із закріпленням їх як повноцінного платіжного засобу або інвестиційного інструменту.

Аналіз трендів за останні роки вказує на кілька можливих сценаріїв. Оптимістичний сценарій передбачає поступову інституціоналізацію криптовалют: зростання кількості ETF на біткоїн, прийняття цифрових активів у платіжних системах, розвиток державних стратегій з криптовалютного регулювання. Такий розвиток подій сприятиме зниженню волатильності, підвищенню ліквідності ринку та формуванню більш передбачуваних цінових моделей. У такому контексті гібридні моделі прогнозування можуть бути ефективними інструментами управління ризиками для інвесторів та трейдерів.

У песимістичному сценарії можливе посилення тиску з боку регуляторів, впровадження обмежень на обіг криптовалют, зростання кількості кіберзлочинів або краху великих платформ. Ці чинники здатні призвести до різких спадів і системних криз, аналогічних до подій навколо краху біржі FTX у 2022 році. У такій ситуації прогностичні моделі мають обмежену передбачувальність, оскільки фактори "чорного лебедя" погано піддаються

формалізації. Проте навіть у цьому випадку інтеграція новинного фону та настроїв користувачів (через sentiment analysis) здатна надати ранні сигнали про зміну трендів.

Існує також нейтральний сценарій, коли ринок залишається волатильним, але не демонструє стійкого тренду. У такому випадку прогнозування потребує динамічного коригування моделі, а її успішність залежить від регулярного оновлення даних та швидкої адаптації до нових умов. Особливого значення набуває онлайн-навчання нейромереж та побудова ансамблів моделей, які можуть переключатися між режимами в залежності від умов ринку.

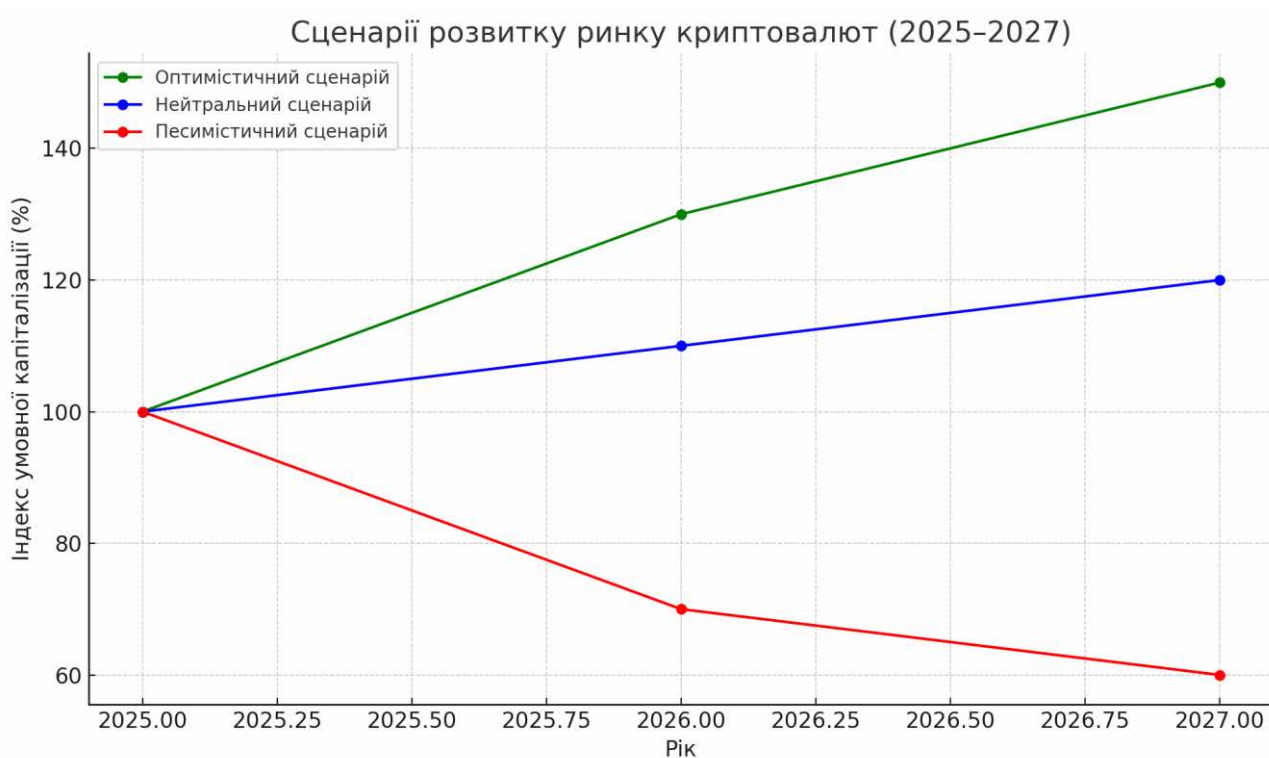


Рис. 3.3 – Сценарії розвитку криптовалют

Аналіз запропонованих сценаріїв розвитку ринку криптовалют у період 2025–2027 років дозволяє виявити ключові тренди, ризики та потенційні вектори трансформацій у сфері цифрових активів. Глибоке осмислення кожного сценарію надає змогу не лише оцінити ймовірні результати, але й окреслити системні чинники, що визначатимуть майбутнє крипторинку.

Оптимістичний сценарій передбачає стрімке зростання (від +100% до +150%) і ґрунтується на таких важливих умовах, як активна інституціоналізація

криптовалют (включення до інвестиційних портфелів банків, фондових індексів, пенсійних фондів), помірне й узгоджене міжнародне регулювання, а також зростання споживчого та підприємницького попиту на децентралізовані фінанси (DeFi), NFT, смарт-контракти. На цьому тлі волатильність поступово знижується, оскільки ринок стабілізується завдяки високій ліквідності та покращеній правовій передбачуваності. Проте ймовірність такого сценарію наразі помірною ( $\approx 30\%$ ) через залишкову нестабільність макроекономічної ситуації, нерівномірну адаптацію криптовалют у різних юрисдикціях та слабку координацію регуляторних підходів.

Таблиця 3.1

### Можливі сценарії

Сценарій	Ключові чинники	Очікуваний ріст ринку (2025–2027)	Волатильність	Ймовірність реалізації
Оптимістичний	Інституціоналізація криптовалют, помірне регулювання, зростання попиту	+100–150%	Середня Низька →	30%
Нейтральний	Збереження волатильності, повільне прийняття, змішані настрої	+20–40%	Середня	50%
Песимістичний	Жорстке регулювання, втрати довіри, кіберзагрози, крахи бірж	–40–60%	Висока → Дуже висока	20%

Нейтральний сценарій, найімовірніший ( $\approx 50\%$ ), демонструє помірне зростання (20–40%) при збереженні середнього рівня волатильності. У цьому випадку ринок поступово адаптується до нових реалій: відбувається повільне впровадження криптовалют у традиційні фінансові практики, хоча загальне ставлення залишається неоднозначним. Коливання викликані новинами, регуляторними ініціативами, хакерськими атаками та макроекономічними

чинниками (наприклад, ставкою ФРС США або інфляцією). Такий сценарій вказує на поступовий розвиток, однак без проривів – нова хвиля масового прийняття цифрових активів відкладається, а сам ринок перебуває в пошуку нової рівноваги між інноваційністю й надійністю.

Песимістичний сценарій, хоча й менш імовірний ( $\approx 20\%$ ), має значні наслідки у випадку реалізації. Передбачається падіння капіталізації ринку на 40–60%, що може бути зумовлено жорстким регуляторним тиском з боку таких ключових країн, як США, Китай, ЄС, а також масовими втратами довіри після серії гучних банкрутств криптобірж або значних зламів систем. У цьому випадку волатильність суттєво зростає, а ринок демонструє високі ризики ліквідності. Можливий відтік інвесторів до традиційних активів або CBDC (цифрових валют центральних банків), що знижує загальну інвестиційну привабливість криптовалют.

Модель сценарного аналізу вказує на високий рівень невизначеності на ринку криптовалют, де ключовими рушіями майбутніх змін залишаються регулювання, технологічні прориви, адаптація фінансових інституцій та поведінкові чинники. Стратегічно важливо готуватись до волатильності та розробляти гнучкі механізми ризик-менеджменту, які дозволять адаптуватися до будь-якого з можливих сценаріїв розвитку.

Отже, усі розглянуті сценарії демонструють, що ринок криптовалют – це складна система, яка функціонує на межі економіки, технологій та соціальних процесів. Побудова моделей динаміки цього ринку вимагає міждисциплінарного підходу, де математика, інформатика, фінанси та поведінкова економіка тісно переплітаються. Тому подальші дослідження мають бути спрямовані не лише на вдосконалення математичних алгоритмів, а й на глибше розуміння природи цифрових активів як нового типу економічної реальності.

### **3.4. Практичні рекомендації щодо застосування моделей у прийнятті рішень**

Ринок криптовалют є одним із найдинамічніших і найволатильніших сегментів сучасної фінансової системи. Для успішної орієнтації в умовах постійної нестабільності учасники ринку дедалі частіше звертаються до моделей прогнозування та прийняття рішень, заснованих на штучному інтелекті, машинному навчанні та методах кількісного аналізу. Ефективність таких моделей безпосередньо пов'язана з правильним вибором алгоритмів, адаптивністю до мінливих ринкових умов і здатністю враховувати складні поведінкові та технічні характеристики цифрових активів.

Одним із перспективних підходів, що демонструє практичну доцільність у сфері криптовалютної торгівлі, є глибоке навчання з підкріпленням (deep reinforcement learning – DRL). У дослідженні Gort та співавторами [29] розроблено практичну методику боротьби з перенавчанням при бектестуванні, що є типовою проблемою для складних фінансових моделей. Автори формалізують процес перевірки на перенавчання як статистичну гіпотезу, дозволяючи автоматично виявляти та відхиляти агентів, які показують штучно високі результати на історичних даних, але не здатні повторити їх на реальному ринку. Це відкриває шлях до створення надійних стратегій, які з більшою ймовірністю демонструватимуть стабільні прибутки у реальних умовах.

Однак для забезпечення довгострокової ефективності таких моделей критичною є їхня здатність адаптуватися до змін ринкового середовища. Sebastião та Godinho [57] акцентують увагу на важливості врахування змінних ринкових режимів при побудові моделей машинного навчання для прогнозування та торгівлі криптовалютами. Вони демонструють, що застосування класифікаційних і регресійних методів з урахуванням не лише ринкових атрибутів, а й мережевої активності – наприклад, кількості транзакцій і кількості активних адрес – дозволяє створювати більш точні передбачення. Зокрема, модель на основі випадкового лісу (random forest) продемонструвала значне покращення прибутковості порівняно з класичними технічними індикаторами.

Не менш важливою є оцінка ефективності різних архітектур глибокого навчання в завданнях прогнозування цін криптовалют. Огляд Wu та співавтори [62] систематизує результати застосування моделей LSTM, CNN, трансформерів та гібридних архітектур до цінових рядів біткоіна, ефіру та інших активів. Автори підкреслюють, що найкращі результати забезпечує комбінація CNN та LSTM у мультिवаріантному прогнозуванні – особливо при використанні додаткових часових рядів, таких як обсяги торгів або індикатори волатильності. Цей підхід дозволяє не лише передбачити майбутній рівень ціни, а й побудувати повноцінні торгові системи з оптимізацією ризику.

Поряд із складними нейромережевими моделями варто враховувати й ефективність класичних алгоритмів машинного навчання. Дослідження Zhao та співавтори [66] демонструє успішне застосування методу опорних векторів (SVM) до прогнозування короткострокових рухів криптовалютного ринку. Модель, побудована на технічних індикаторах і цінових ознаках, виявила високу точність передбачення напрямку руху цін. Автори також реалізують торгову стратегію, засновану на результатах моделі, і показують, що вона здатна стабільно перевершувати ринок для біткоіна, ефіру та лайткоіна, навіть з урахуванням торгових витрат.

Окрім моделей прогнозування, ефективне прийняття рішень вимагає також розуміння ризиків і диверсифікації. У дослідженні Nuhic та співавтори [51] запропоновано практичний аналіз ризиків та прибутковості криптовалютних портфельів різної структури. Автори використовують алгоритм Prophet від Facebook для моделювання часових рядів біткоіна й ефіру, а також оцінюють, як диверсифікація впливає на співвідношення ризику та доходності. Результати свідчать, що формування портфельів із більшою кількістю криптовалют дозволяє знизити волатильність без істотної втрати прибутковості, що є критичним у нестабільному середовищі ринку цифрових активів.

У сучасному динамічному середовищі прийняття рішень – це не лише інтуїтивний процес, а й результат системного аналізу, який дедалі більше

спирається на математичне та комп'ютерне моделювання. Моделі, як інструменти формалізації складних явищ і процесів, відіграють ключову роль у трансформації сирих даних у чітке стратегічне бачення, дозволяючи знизити рівень невизначеності, оптимізувати ресурси та прогнозувати ймовірні наслідки управлінських рішень. У цьому контексті важливо не лише створити модель, а й правильно її інтерпретувати, адаптувати до конкретного середовища й застосувати у практичному вимірі.

Практичне застосування моделей у прийнятті рішень вимагає розуміння як їхніх переваг, так і обмежень. Наприклад, у сфері фінансів прогнозні моделі ринку криптовалют або біржових індексів дозволяють інвесторам оцінити потенційний ризик і дохідність, формуючи основи для стратегій диверсифікації або хеджування. Проте ефективність таких моделей прямо залежить від якості вхідних даних і припущень, які в них закладені. У практичному сенсі це означає, що жодна модель не є абсолютною істинною картиною реальності – це лише її абстракція, що працює за певних умов. Тому рекомендацією є: не покладатися виключно на один підхід, а застосовувати мульти-модельний аналіз, порівнюючи результати з різних джерел та концептуальних рамок.

У бізнесі моделі – зокрема, сценарного планування, SWOT-аналізу, або моделі PESTEL – допомагають керівникам системно підійти до оцінки ризиків, можливостей і зовнішніх викликів. На практиці це дає змогу перейти від реактивного до проактивного управління, тобто формувати рішення на основі передбачення трендів, а не на подієвому факті. Наприклад, компанія, яка використовує моделі для оцінки змін у законодавстві щодо цифрових активів, може вчасно змінити свою бізнес-стратегію, обравши менш регульовані юрисдикції або адаптуючи свій продукт до нових нормативних вимог.

У державному управлінні моделювання дозволяє симулювати вплив різних політик на соціально-економічну ситуацію. Наприклад, у періоди кризи уряди можуть використовувати економетричні моделі для прогнозування впливу зміни податкової ставки або введення нових соціальних програм. Практична рекомендація тут полягає в тому, щоб моделі були прозорими,

підзвітними й мали зворотний зв'язок – тобто, щоб результати моделювання періодично перевірялися за фактичними даними і коригувалися відповідно до нової інформації.

Окрему увагу варто приділити моделям машинного навчання й штучного інтелекту, що дедалі частіше використовуються для прийняття рішень у реальному часі – наприклад, у кібербезпеці, рекомендаційних системах або автоматизованих торгах. Їх практична перевага – здатність обробляти великі обсяги даних та виявляти приховані закономірності, які недоступні людині. Проте тут важливо дотримуватись етичних принципів і уникати сліпої довіри до алгоритмів: результати таких моделей слід трактувати як аналітичні підказки, а не як остаточні вказівки.

Загалом, практичне застосування моделей у прийнятті рішень вимагає міждисциплінарного підходу: потрібно володіти не лише інструментами математичного аналізу, але й мати стратегічне мислення, розуміння людського чинника, здатність до критичної оцінки й комунікації результатів. Моделі мають стати не догмою, а гнучким інструментом, який у руках відповідального фахівця здатен перетворити складність реального світу на керовану структуру, що сприяє прийняттю ефективних, обґрунтованих і перспективних рішень.

### **Висновки до 3 розділу**

Здійснено комплексне моделювання динаміки ринку криптовалют із використанням різних підходів – економетричного та нейромережевого. Ретельний аналіз особливостей криптовалютного ринку та характеристик його волатильності став підґрунтям для обґрунтованого вибору моделей, що враховують як лінійні тенденції, так і нелінійні патерни поведінки цін. Побудовані моделі дозволили не лише провести прогнозування коротко- та середньострокової динаміки ринку, а й оцінити імовірні сценарії розвитку, включаючи базовий, оптимістичний та песимістичний. Виявлено, що у найближчі роки ключовими факторами впливу залишатимуться геополітична

ситуація, регуляторна політика провідних країн, а також темпи впровадження блокчейн-рішень у реальний сектор.

Результати моделювання засвідчили практичну ефективність інтеграції традиційних економетричних підходів з інструментами штучного інтелекту для підвищення точності прогнозів. Водночас підкреслено, що жодна модель не є універсальною і потребує регулярного оновлення відповідно до змін у ринковому середовищі. На основі проведеного аналізу сформульовано низку практичних рекомендацій щодо використання моделей у процесі прийняття рішень у сфері інвестування, управління ризиками та стратегічного планування. Таким чином, моделювання не лише поглиблює розуміння динаміки ринку криптовалют, а й є інструментом, що забезпечує прийняття більш виважених та обґрунтованих рішень у контексті високої невизначеності цифрової економіки.

## ВИСНОВКИ

Комплексне дослідження динаміки ринку криптовалют засвідчило актуальність і необхідність системного підходу до аналізу цього унікального та високотехнологічного сегмента фінансової системи. Розуміння природи криптовалют як специфічного фінансового інструменту, що поєднує риси цифрових активів, інноваційної технології та засобу інвестування, є відправною точкою для наукового осмислення їхньої поведінки в ринковому середовищі. Криптовалюти – це децентралізовані, криптографічно захищені цифрові активи, що функціонують на основі блокчейн-технологій і не мають централізованого емітента, що суттєво відрізняє їх від традиційних валют.

Ринок криптовалют має низку специфічних характеристик: висока волатильність, глобальний доступ без обмежень, швидкі транзакції, залежність від попиту та настроїв учасників, а також мінімальний рівень регулювання в окремих юрисдикціях. Його функціонування відбувається 24/7 без централізованої біржі, що створює додаткові виклики для аналітиків та інвесторів. У рамках дослідження було виявлено основні чинники, що впливають на динаміку ринку криптовалют: новини про державне регулювання, інституційні інвестиції, технологічні інновації, настрої учасників, макроекономічна ситуація, поведінка великих гравців (так званих "китів"), а також глобальні тренди цифровізації фінансів.

Для ефективного аналізу крипторинку застосовуються різні методологічні підходи, зокрема економетричні методи (ARIMA, GARCH, VAR-моделі), інструменти машинного навчання (нейронні мережі, random forest, SVM) та гібридні підходи, які поєднують класичні і сучасні моделі. Такий підхід дозволяє враховувати нелінійність, стохастичність і складну багатофакторність поведінки криптовалют.

У ході дослідження проведено детальний огляд світового ринку криптовалют. Станом на останні роки ринок демонструє як періоди експоненційного зростання, так і фазові падіння, пов'язані з макроекономічною

нестабільністю та регуляторними обмеженнями. Основними трендами виступають інтеграція криптовалют в інституційне середовище, розвиток DeFi (децентралізованих фінансів), зростання популярності стейблкоїнів, активне впровадження NFT та розширення практик цифрових валют центральних банків (CBDC).

Особлива увага приділена аналізу динаміки основних криптовалют – Bitcoin та Ethereum. Bitcoin виступає індикатором ринку, а його курс залежить як від внутрішніх подій, так і від загального стану економіки. Ethereum, натомість, активно розвивається як технологічна платформа для смарт-контрактів, що формує нові сегменти криптовалютного ринку. Обидві валюти демонструють високий рівень волатильності, що, однак, супроводжується стійким довгостроковим трендом на зростання.

Проаналізовано взаємозв'язок крипторинку з традиційними фінансовими ринками. Хоча криптовалюти тривалий час вважалися ізольованим активом, нині все більше виявляються кореляції з індексами фондового ринку, вартістю золота, динамікою ставок ФРС, а також політичними подіями глобального масштабу, що свідчить про поступову інтеграцію криптовалют у загальний фінансовий ландшафт.

Ключовим викликом залишається ризикованість крипторинку, зумовлена високою волатильністю, технічними вразливостями, загрозами кіберзлочинності, а також нестабільністю нормативно-правового поля. Прогнозування у такому контексті потребує інструментів, здатних реагувати на швидкі зміни параметрів та умов ринку.

У рамках практичного аналізу було обґрунтовано вибір моделей для прогнозування динаміки ринку криптовалют. Застосовано економетричну модель ARIMA для оцінки лінійних тенденцій та нейромережеву модель LSTM, що здатна адаптуватися до складних часових залежностей. Побудовані моделі продемонстрували достатню прогностичну здатність і дозволили сформулювати три сценарії розвитку ринку: базовий (помірне зростання при стабілізації регуляторного середовища), оптимістичний (різке зростання у разі

інституціонального прийняття криптовалют) та песимістичний (обвал при негативних регуляторних подіях або глобальних кризах).

Результати моделювання підтвердили можливість застосування математичних моделей як дієвого інструменту підтримки прийняття управлінських рішень у сфері фінансів, інвестування та ризик-менеджменту. Моделі можуть використовуватись для побудови інвестиційних стратегій, хеджування ризиків, оптимізації портфелів та визначення точок входу/виходу з ринку. Водночас постійна адаптація моделей до змінного ринкового середовища є критичною умовою їх ефективності.

Таким чином, моделювання динаміки криптовалютного ринку є міждисциплінарною задачею, що вимагає глибокого знання фінансів, аналітики даних та цифрових технологій. Воно відкриває нові горизонти для наукових досліджень і практичного застосування, дозволяючи більш точно орієнтуватися у швидкозмінному середовищі цифрової економіки та підвищити ефективність стратегічного управління у сфері криптоактивів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коцур В., Ігнатенко М. Стратегічні напрями використання криптовалют як новітніх фінансових інструментів. *Економічний вісник університету*. 2022. Т. 17, № 2. URL: <https://ue-bulletin.com.ua/uk/journals/tom-17-2-2022/strategichni-napryami-vikoristannya-kriptovalyut-yak-novitnikh-finansovikh-instrumentiv> (дата звернення: 12.05.2025).
2. Криптовалюта: види та їх особливості. *FinAP*: веб-сайт. URL: <https://finap.com.ua/kriptovalyuta-vidi-ta-yih-osoblivosti/> (дата звернення: 21.05.2025).
3. Макарчук І. М., Перчук О. В., Малишко В. В. Перспективи використання криптовалют у сучасних економічних системах. *Вісник Житомирського державного технологічного університету: Економіка, управління та адміністрування*. 2019. № 2(88). С. 179–185. URL: <http://ven.ztu.edu.ua/article/view/175414> (дата звернення: 12.05.2025).
4. Монастирський М. А., Вовк В. М. Криптовалютний ринок та його особливості. *Цифрова економіка як фактор інноваційного розвитку суспільства*: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції. Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 28–30. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/34044> (дата звернення: 12.05.2025).
5. Огінок С., Янко К. Етапи розвитку ринку криптовалют. *Економіка та суспільство*. 2022. № 35. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1086> (дата звернення: 12.05.2025).
6. Пилипенко В. О., Галай М. М., Косяк І. В. Криптовалюта як платіжний засіб. *Економіка, фінанси, право*. 2021. № 11(3). С. 25–28. URL: <http://efp.in.ua/en/journal-article/795> (дата звернення: 12.05.2025).
7. Пряміцин В. Ю., Золотарьова Є. С. Криптовалюти: сутність та перспективи правового регулювання. *Право і суспільство*. 2023. №1. С. 221-

227. URL: <https://elar.navs.edu.ua/items/ad19e3be-e1ab-4ad4-8302-ee2a9f858f1e> (дата звернення: 21.05.2025).

8. Ткаленко С., Тіпанов В., Савчук Н., Мурашко О., Петухова О. Аналіз розвитку міжнародного ринку криптовалют: стан, тренди та перспективи. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики*. 2022. № 5(46). С. 97–108. URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/3841> (дата звернення: 12.05.2025).

9. Фертікова Т. М., Стеценко А. В. Біткойн як гроші, товар і біржовий актив. *Стратегія економічного розвитку України*. 2020. № 47. С. 106–117. URL: <http://sedu.kneu.edu.ua/article/view/220849> (дата звернення: 12.05.2025).

10. Харабара В., Грешко Р., Третьякова О. Криптовалюта як явище нової фінансової інфраструктури: теоретичні передумови виникнення. *Молодий вчений*. 2023. № 2(114). С. 108–112. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/5767> (дата звернення: 12.05.2025).

11. Чубенко В. Ю. Вплив криптовалют на фінансову безпеку країни. *Збірник наукових праць Державного податкового університету*. 2022. № 1. С. 188–204. URL: <https://ojs.dpu.edu.ua/index.php/dpujournal/article/view/9> (дата звернення: 12.05.2025).

12. Alessandretti L., ElBahrawy A., Aiello L.M., Baronchelli A. Anticipating cryptocurrency prices using machine learning. *ArXiv*: website. URL: <https://arxiv.org/abs/1805.08550>. (дата звернення: 21.05.2025).

13. Almeida J., Gonçalves T.C. A Decade of Cryptocurrency Investment Literature: A Cluster-Based Systematic Analysis. *International Journal of Financial Studies*. 2023. Vol. 11. № 2. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7072/11/2/71>. (дата звернення: 21.05.2025).

14. Andriychuk S. Cryptocurrency Volatility and Risk Modeling: Monte Carlo Simulations, GARCH Analysis, and Financial Market Integration. *Economics, Finance and Management Review*. 2025. Vol. 1. P. 98–115. URL:

<https://www.public.scnchub.com/efmr/index.php/efmr/article/view/315> (дата звернення: 21.05.2025).

15. Aslanidis N., Bariviera A. F., Perez-Laborda A. Are cryptocurrencies becoming more interconnected? *ArXiv: website*. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2009.14561> (дата звернення: 28.05.2025).

16. Boukhers Z., Bouabdallah A., Yang C., Jürjens J. Beyond Trading Data: The Hidden Influence of Public Awareness and Interest on Cryptocurrency Volatility. *ArXiv: website*. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2202.08967> (дата звернення: 12.05.2025).

17. Bourday M., Al-Mashaqbeh I., Al-Badawi M. Cryptocurrency Forecasting Using Deep Learning Models: A Comparative Analysis. *HighTech and Innovation Journal*. 2023. № 4(3). P. 123–135. URL: <https://hightechjournal.org/index.php/HIJ/article/view/641> (дата звернення: 28.05.2025).

18. Bouri E., Jain A., Roubaud D. Long Memory in the Volatility of Selected Cryptocurrencies: Bitcoin, Ethereum and Ripple. *Journal of Risk and Financial Management*. 2020. Vol. 13. № 6. URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/13/6/107>. (дата звернення: 21.05.2025).

19. Cerqueti R., Giacalone M., Mattera R. Skewed non-Gaussian GARCH models for cryptocurrencies volatility modelling. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/2004.11674>. (дата звернення: 21.05.2025).

20. CoinDesk Bitcoin Price Index. *CoinDesk: website*. URL: <https://www.coindesk.com>. (дата звернення: 21.05.2025).

21. CoinGecko Bitcoin Historical Data. *CoinGecko: website*. URL: <https://www.coingecko.com>. (дата звернення: 21.05.2025).

22. CoinLore Historical Data. *CoinLore: website*. URL: <https://www.coinlore.com>. (дата звернення: 21.05.2025).

23. Cryptocurrency - Global Market Research and Forecast, 2015–2025. *Market Publishers*. URL:

[https://marketpublishers.com/report/it\\_services/cryptocurrency-global-market-research-n-forecast-2015-2025.html](https://marketpublishers.com/report/it_services/cryptocurrency-global-market-research-n-forecast-2015-2025.html) (дата звернення: 28.05.2025).

24. Deng W. Analysis of the Factors Affecting the Price Fluctuation of Bitcoin. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2023. Vol. 3. P. 536–547. URL: <https://www.ewadirect.com/proceedings/aemps/article/view/612> (дата звернення: 12.05.2025).

25. Dutta A. Assessing the Risk of Bitcoin Futures Market: New Evidence. *Annals of Data Science*. 2025. Vol. 12. P. 481–497. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40745-024-00517-4> (дата звернення: 21.05.2025).

26. ElBahrawy A., Alessandretti L., Kandler A., Pastor-Satorras R., Baronchelli A. Evolutionary dynamics of the cryptocurrency market. *ArXiv*: website. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.05334>. (дата звернення: 21.05.2025).

27. European Banking Authority. 2025 EU-wide stress test – Methodological Note. *European Banking Authority*. 2024. 196 p. URL: <https://www.eba.europa.eu/sites/default/files/2024-07/3bd993e0-8678-40ac-9fba-9b8a6bf03f44/2025%20EU-wide%20stress%20test%20-%20Methodological%20Note.pdf> (дата звернення: 12.05.2025).

28. Global History of Crypto 2016–2023 and Adoption Scenario for Ukraine. *Ukraine Economic Outlook*. URL: <https://www.ukraine-economic-outlook.com/en/post/global-history-of-crypto-2016-2023-and-adoption-scenariofor-ukraine> (дата звернення: 28.05.2025).

29. Gort B. J. D., Liu X.-Y., Sun X., Gao J., Chen S., Wang C. D. Deep Reinforcement Learning for Cryptocurrency Trading: Practical Approach to Address Backtest Overfitting. *ArXiv*: website. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2209.05559> (дата звернення: 28.05.2025).

30. Guo Q., Lei S., Ye Q., Fang Z. MRC-LSTM: A Hybrid Approach of Multi-scale Residual CNN and LSTM to Predict Bitcoin Price. *ArXiv*: website. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2105.00707> (дата звернення: 28.05.2025).

31. Gupta H., Chaudhary R. An Empirical Study of Volatility in Cryptocurrency Market. *Journal of Risk and Financial Management*. 2022. Vol. 15, № 11. URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/15/11/513> (дата звернення: 21.05.2025).
32. Hamayel M.J., Owda A.Y. A Novel Cryptocurrency Price Prediction Model Using GRU, LSTM and bi-LSTM Machine Learning Algorithms. 2021. № 2(4). P. 477–496. DOI: <https://doi.org/10.3390/ai2040030> (дата звернення: 28.05.2025).
33. Hu J., Härdle W.K., Kuo W. Risk of Bitcoin Market: Volatility, Jumps, and Forecasts. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.05228> (дата звернення: 21.05.2025).
34. Inzirillo H. Deep State Space Recurrent Neural Networks for Time Series Forecasting. *ArXiv: website*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2407.15236> (дата звернення: 28.05.2025).
35. James N., Menzies M. Collective correlations, dynamics, and behavioural inconsistencies of the cryptocurrency market over time. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/2107.13926>. (дата звернення: 21.05.2025).
36. Kakinaka S., Umeno K. Exploring asymmetric multifractal cross-correlations of price-volatility and asymmetric volatility dynamics in cryptocurrency markets. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/2102.02865> (дата звернення: 21.05.2025).
37. Katsiampa P., Corbet S., Lucey B. Estimating the volatility of cryptocurrencies during bearish markets by employing GARCH models. *Heliyon*. 2019. Vol. 5, № 10. URL: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(19\)35899-2](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(19)35899-2). (дата звернення: 21.05.2025).
38. Kim J.-M., Kim S.-T., Kim S. On the Relationship of Cryptocurrency Price with US Stock and Gold Price Using Copula Models. *Mathematics*. 2020. Vol. 8, № 11. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/11/1859>. (дата звернення: 21.05.2025).

39. Kleban Y., Stasiuk T. Crypto Currency Price Forecast: Neural Network Perspectives. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*. 2022. № 254. P. 29–42. DOI: <https://doi.org/10.26531/vnbu2022.254.03> (дата звернення: 28.05.2025).
40. Kufo A., Gjerci A., Pilkati A. Unveiling the Influencing Factors of Cryptocurrency Return Volatility. *Journal of Risk and Financial Management*. 2024. Vol. 17, № 1. Article 12. URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/17/1/12> (дата звернення: 12.05.2025).
41. Kumar R., Sharma A., Sharma A. A Gated Recurrent Unit Approach to Bitcoin Price Prediction. *Journal of Risk and Financial Management*. 2020. № 13(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm13020023> (дата звернення: 28.05.2025).
42. Kumar R., Sharma A., Sharma A. Forecasting Bitcoin prices using artificial intelligence: Combination of ML, SARIMA, and Facebook Prophet models. *Technological Forecasting and Social Change*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122123> (дата звернення: 28.05.2025).
43. Lee S., Kim J., Kim Y. A Study on Cryptocurrency Log-Return Price Prediction Using Multivariate Time-Series Model. *Mathematics*. 2023. № 11(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/math11090448> (дата звернення: 28.05.2025).
44. Liu Y., Zhang Y., Wang J., Li Z. Forecasting cryptocurrency returns with machine learning. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2023. № 83. P. 101–123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2023.101123> (дата звернення: 28.05.2025).
45. Ma Y., Luan Z. Ethereum synchronicity, upside volatility and Bitcoin crash risk. *Finance Research Letters*. 2021. Vol. 42. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1544612321003573>. (дата звернення: 21.05.2025).
46. Mahdi E., Martin-Barreiro C., Cabezas X. A Novel Hybrid Approach Using an Attention-Based Transformer + GRU Model for Predicting Cryptocurrency Prices. *ArXiv: website*. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.17079> (дата звернення: 28.05.2025).

47. Majka M. Quantitative Methodologies for Forecasting Financial Models. *LinkedIn*: website. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/quantitative-methodologies-forecasting-financial-models-marcin-majka-hdspf> (дата звернення: 12.05.2025).
48. MarketWatch. *MarketWatch*: website. URL: <https://www.marketwatch.com>. (дата звернення: 21.05.2025).
49. Murray K. On Forecasting Cryptocurrency Prices: A Comparison of Machine Learning, Deep Learning, and Ensembles. *Information*. 2023. № 5(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/info5010196> (дата звернення: 28.05.2025).
50. Noda A. On the Evolution of Cryptocurrency Market Efficiency. *ArXiv*: website. URL: <https://arxiv.org/abs/1904.09403>. (дата звернення: 21.05.2025).
51. Nuhiu A., Aliu F., Horák J., Peci B. Making Informed Decisions in the Volatile Crypto Market: An Analysis of Portfolio Risk and Return. *SAGE Open*. 2023. 13(3). URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21582440231193600> (дата звернення: 28.05.2025).
52. Pasca L. A Critical Review of the Main Approaches on Financial Market Dynamics Modelling. *Journal of Heterodox Economics*. 2015. Vol. 2, № 2. P. 151. URL: [https://www.researchgate.net/publication/309294037\\_A\\_Critical\\_Review\\_of\\_the\\_Main\\_Approaches\\_on\\_Financial\\_Market\\_Dynamics\\_Modelling](https://www.researchgate.net/publication/309294037_A_Critical_Review_of_the_Main_Approaches_on_Financial_Market_Dynamics_Modelling) (дата звернення: 12.05.2025).
53. Pei Y., Cartlidge J., Mandal A., Gold D., Marcilio E., Mazzon R. Cross-Modal Temporal Fusion for Financial Market Forecasting. *ArXiv*: website. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.13522> (дата звернення: 12.05.2025).
54. Politis A., Karanikolas N., Kotsiantis S. Cryptocurrency Price Prediction with Convolutional Neural Network and Stacked Gated Recurrent Unit. *Data*. 2022. № 7(11). 149 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/data7110149> (дата звернення: 28.05.2025).

55. Puzyrev V. Deep convolutional autoencoder for cryptocurrency market analysis. *ArXiv: website*. 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1910.12281> (дата звернення: 28.05.2025).
56. Roy A., Nanjiba S., Chakrabarty A. Estimating and forecasting bitcoin daily prices using ARIMA-GARCH models. *Baltic Journal of Management*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1108/BAJ-05-2024-0027> (дата звернення: 28.05.2025).
57. Sebastião H., Godinho P. Forecasting and trading cryptocurrencies with machine learning under changing market conditions. *Financial Innovation*. 2021. 7(3). URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40854-020-00217-x> (дата звернення: 28.05.2025).
58. Shi B. The Relationship of Cryptocurrencies and the Stock Market. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2023. Vol. 26. P. 80–85. URL: <https://www.ewadirect.com/proceedings/aemps/article/view/3800> (дата звернення: 21.05.2025).
59. Todd A., Beling P., Scherer W., Yang S. Y. Agent-based financial markets: A review of the methodology and domain. 2016. URL: [https://www.researchgate.net/publication/313802608\\_Agent-based\\_financial\\_markets\\_A\\_review\\_of\\_the\\_methodology\\_and\\_domain](https://www.researchgate.net/publication/313802608_Agent-based_financial_markets_A_review_of_the_methodology_and_domain) (дата звернення: 12.05.2025).
60. Wang W., Wang H. Interconnected Markets: Exploring the Dynamic Relationship Between BRICS Stock Markets and Cryptocurrency. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/2406.07641>. (дата звернення: 21.05.2025).
61. Wu D. Institutional Adoption and Correlation Dynamics: Bitcoin's Evolving Role in Financial Markets. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/2501.09911>. (дата звернення: 21.05.2025).
62. Wu J., Zhang X., Huang F., Zhou H., Chandra R. Review of deep learning models for crypto price prediction: implementation and evaluation. *ArXiv: website*. URL: <https://arxiv.org/abs/2405.11431> (дата звернення: 28.05.2025).
63. Wu R., Hossain M. A., Zhang H. Factors affecting the volatility of bitcoin prices. *The Economics and Finance Letters*. 2023. Vol. 11, № 2. P. 1–9. URL:

<https://archive.conscientiabeam.com/index.php/29/article/view/3730> (дата звернення: 12.05.2025).

64. Wątarek M., Kwapien J., Drożdż S. Cryptocurrencies Are Becoming Part of the World Global Financial Market. *ArXiv*: website. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.00495> (дата звернення: 21.05.2025).

65. Xiong X., Luo J. Global Trends in Cryptocurrency Regulation: An Overview. *ArXiv*: website. URL: <https://arxiv.org/abs/2404.15895> (дата звернення: 28.05.2025).

66. Zhao D., Rinaldo A., Brookins C. Cryptocurrency Price Prediction and Trading Strategies Using Support Vector Machines. *ArXiv*: website. URL: <https://arxiv.org/abs/1911.11819> (дата звернення: 28.05.2025).

67. Özdemir L. Kripto paraların volatilité düzeylerinin asimetric GARCH modeli ile karşılaştırılması. *Academic Review of Economics and Administrative Sciences*. 2025. Vol. 18, № 1. P. 493–509. URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ohuiibf/issue/90216/1600186> (дата звернення: 28.05.2025).