

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

Навчально-науковий інститут

Інститут інформаційних технологій в економіці

Кафедра математичного моделювання та статистики

Освітньо-професійна програма

«Економічна кібернетика»

Галузь знань

«05 Соціальні та поведінкові науки»

Спеціальність

«051 Економіка»

Форма навчання: очна (денна) / дистанційна

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему «Прогнозування розвитку цифрових активів»

здобувача Орлюка Владислава В'ячеславовича.

Науковий керівник: доктор економічних наук,
доцент Коляда Юрій Васильович

(підпис)

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною комісією з
атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)**

В.о. завідувача кафедри: кандидат фізико-математичних наук,
професор Великоіваненко Г.І.

(підпис)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут
«Інститут інформаційних технологій в економіці»**

Кафедра математичного моделювання та статистики

Освітньо-професійна програма	Економічна кібернетика
Галузь знань	05 соціальні та поведінкові науки
Спеціальність	051 економіка

ПОГОДЖЕНО

Керівник проектної групи (гарант) освітньо-професійної програми

_____ (підпис)
_____ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри математичного моделювання та статистики

Г.І. Великоіваненко

_____ (підпис)
_____ 2024 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

здобувача вищої освіти

Орлюк Владислава В'ячеславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ очної (денної) _____ **форми навчання**
очної (денної), заочної, дистанційної

на підготовку кваліфікаційної бакалаврської роботи

на тему

«Прогнозування розвитку цифрових активів»

Тему затверджено наказом ректора Університету від «__» _____ 20__ р. № _____

Кваліфікаційна бакалаврська робота виконується на матеріалах сайтів Всесвітнього банку <https://www.worldbank.org/en/home>, статистичного порталу Statista <https://www.statista.com/>, наукових та фінансових журналів та статей, платформи з аналізом криптовалют та цифрових активів (таких як CoinMarketCap <https://coinmarketcap.com/>) та інших відкритих джерел.

План кваліфікаційної бакалаврської роботи

Розділ 1	Теоретичні основи ринку цифрових активів
Розділ 2	Потреба прогнозування розвитку ринку криптовалют
Розділ 3	Сприйняття світовою спільнотою нової форми активів та можливі проблеми

Об'єкт дослідження:	Динаміка розвитку цифрових активів на фінансовому ринку
Предмет дослідження:	Траєкторії можливого розвитку - тенденції ринку криптовалют
Мета виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи:	З'ясувати шляхи еволюції криптовалюти в сенсі обґрунтованих інвестиційних пропозицій

Конкретні завдання, які здобувач повинен виконати для досягнення поставленої мети:

У розділі 1	Висвітлити причини, зазначити відмінності від традиційних фінансів. Запропонувати класифікацію цифрових активів.
У розділі 2	Систематизувати статистичну інформацію щодо ринку криптовалют, включаючи їхні ціни, обсяги торгів та інші ключові показники. Застосувати методи прогнозування розвитку ринку криптовалют, такі як аналіз часових рядів або моделі машинного навчання, тощо. Оцінити ефективність обраних методів прогнозування до наявних даних ринку криптовалют
У розділі 3	Дослідити глобальні тенденції та перспективи прийняття цифрових активів, включаючи їхнє регулювання та легітимізацію. Сформулювати проблеми та виклики, з якими стикається світ у зв'язку з розвитком цифрових активів, такі як безпека, приватність, відмивання грошей тощо. Вказати наявні шляхи вирішення проблем, подолання викликів, розглянути можливі наслідки

Завдання підготував
науковий керівник

(підпис)

Ю.В. Коляда
(ініціали, прізвище)
«__» _____ 2024 р.

Завдання одержав
здобувач

(підпис)

В.В. Орлюк
(ініціали, прізвище)
«__» _____ 2024 р.

Реферат

Кваліфікаційна бакалаврська робота містить 68 сторінок, 6 таблиць, 19 рисунків, перелік використаних джерел з 42 найменувань, додатки.

«Прогнозування розвитку цифрових активів»

Об'єктом дослідження є динаміка розвитку цифрових активів на фінансовому ринку.

Предметом дослідження є траєкторії можливого розвитку - тенденції ринку криптовалют

Метою виконання кваліфікаційної роботи є з'ясування шляхів еволюції криптовалюти в сенсі обґрунтованих інвестиційних пропозицій.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- Дослідити історію створення ринку цифрових активів.
- Аналіз існуючих методів прогнозування криптовалютного ринку.
- Оцінка точності та ефективності застосованих методів.
- Запропонувати класифікацію цифрових активів
- Розглянути перспективи розвитку ринку цифрових активів в Україні та в світі

Теоретична, методична та практична значущість отриманих результатів.
Під час дослідження було систематизовано різноманітні підходи до прогнозування розвитку цифрових активів, проаналізовано їх недоліки та переваги. Застосовано статистичні методи, для прогнозування цін цифрових активів. Проведено порівняльний аналіз методів прогнозування та визначено їх ефективність на основі історичних даних криптовалютного ринку.

Практичні результати дослідження полягають у можливості покращення процесу прогнозування цін цифрових активів на основі застосованих методів, що сприятиме підвищенню точності передбачення цінових тенденцій та оцінки інвестиційних можливостей. Це, у свою чергу, сприятиме більш ефективному управлінню фінансовими ризиками та отриманню вищого рівня прибутку від інвестицій у цифрові активи.

Рік виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи – 2024.

Рік захисту роботи – 2024.

Ключові слова: цифрові активи, прогнозування, аналіз, Біткоїн, криптовалюта.

ВІДГУК

про кваліфікаційну бакалаврську роботу
здобувача освітньо-професійної програми «Економічна кібернетика»

Орлюка Владислава В'ячеславовича.

На тему « Прогнозування розвитку цифрових активів»

1. Актуальність теми: Дослідження ринку цифрових активів є надзвичайно актуальним у контексті стрімкого розвитку технологій блокчейну та криптовалют. Розуміння траєкторій розвитку криптовалютного ринку важливе для прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень.
2. Позитивні риси кваліфікаційної роботи: На основі обробки та аналізу статистичної інформації про ринок криптовалют підтверджено високий рівень волатильності та динамічного розвитку ринку цифрових активів. Розглянуті сучасні методи прогнозування, включаючи фундаментальний аналіз, ARIMA, LSTM та технічний аналіз, що дозволило комплексно оцінити ефективність різних підходів.
3. Наявність самостійних розробок автора: автор самостійно зібрав необхідну інформацію з різних джерел, таких як платформи з аналізом криптовалют та різні аналітичні звіти. Дані були проаналізовані із застосуванням табличного та графічного методів, що дозволило виявити ключові тенденції та фактори впливу на ринок цифрових активів.
4. Цінність теоретичних висновків та практичних рекомендацій: Висновки та рекомендації роботи мають високу практичну цінність. Запропоновані методи прогнозування можуть бути використані для підвищення точності передбачень цінних тенденцій та оцінки інвестиційних можливостей на ринку криптовалют, що сприятиме більш ефективному управлінню фінансовими ризиками.
5. Наявність недоліків: Недоліком роботи є недостатнє використання додаткових методів графічного аналізу, які могли б ще глибше проаналізувати інформацію та точніше виявити тенденції розвитку ринку цифрових активів.
6. Загальна оцінка оцінка кваліфікаційної бакалаврської та її допущення до захисту перед ЕК: Робота відповідає вимогам, заслуговує на позитивну оцінку і може бути допущена до захисту перед ЕК.

Науковий керівник доктор економічних наук, доцент

Коляда Ю.В

“ 31 ” травня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРИТИЧНІ ОСНОВИ РИНКУ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ	5
1.1 Історія створення та еволюція цифрових активів	5
1.2 Класифікація цифрових активів.....	17
РОЗДІЛ 2 ПОТРБЕА ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ	23
2.1 Фундаментальний аналіз	23
2.2 Прогнозування статистичними методами.....	35
2.3 Технічний аналіз	52
2.4 Порівняння методів прогнозування та висновки.....	55
РОЗДІЛ 3 СПРИЙНЯТТЯ СВІТОВОЮ СПІЛЬНОТОЮ НОВОЇ ФОРМИ АКТИВІВ ТА МОЖЛИВІ ПРОБЛЕМИ	57
3.1 Глобальні тенденції та перспективи прийняття цифрових активів	57
3.2 Прийняття цифрових активів в Україні.....	65
ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ.....	75

ВСТУП

В останні роки тематика блокчейну та криптовалют набуває все більшої популярності. З розвитком технологій цифрові активи, зокрема криптовалюти, починають відігравати важливу роль у світових фінансових системах. Багато людей цікавляться спекулятивною стороною ринку криптовалют, що обумовлено циклічністю ринків, періодами росту та падіння. Коли Біткоїн досягає нових цінових рекордів, більшість людей починають вірити у "нову провідну технологію, яка змінить світ". У періоди падіння криптовалют звучать заклики про "мільну бульбашку". Однак технологічний аспект блокчейну та криптовалют залишається незмінним у будь-який період ринку.

Актуальність теми. Ринок цифрових активів сьогодні демонструє стрімкий розвиток і значний вплив на світові фінансові системи. Аналіз цифрових активів, зокрема криптовалют, є важливим завданням для розуміння сучасних економічних процесів. Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю систематизації статистичної інформації та застосування методів прогнозування для передбачення розвитку криптовалютного ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У багатьох дослідженнях, присвячених криптовалютам та блокчейну, розглядаються різні аспекти їх використання, впливу на економіку та технічні особливості. Зокрема, дослідження показують, що застосування прогнозувальних моделей, дозволяє отримати більш точні прогнози щодо поведінки ринку криптовалют. Проте залишаються невирішені частини загальної проблеми, зокрема необхідність використання додаткових методів прогнозування для покращення точності прогнозів.

Метою виконання кваліфікаційної роботи є з'ясування шляхів еволюції криптовалюти в сенсі обґрунтованих інвестиційних пропозицій.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) Дослідити історію створення та перспективи розвитку ринку цифрових активів.
- 2) Аналіз існуючих методів прогнозування криптовалютного ринку.
- 3) Оцінка точності та ефективності застосованих методів.
- 4) Запропонувати класифікацію цифрових активів
- 5) Розглянути перспективи розвитку ринку цифрових активів в Україні

Об'єктом дослідження є динаміка розвитку цифрових активів на фінансовому ринку.

Предметом дослідження є траєкторії можливого розвитку - тенденції ринку криптовалют.

Методами дослідження даної роботи є фундаментальний аналіз, порівняльний аналіз, статистичні методи та технічний аналіз.

Практичне значення результатів дослідження полягає в покращенні точності прогнозування ринку криптовалют, що сприяє ефективнішому плануванню та управлінню інвестиціями. Крім того, дослідження сприяє підвищенню обізнаності про ринок цифрових активів серед інвесторів і широкої громадськості, що допомагає уникати ризиків та шахрайства.

Інформаційною базою дослідження є дані зі світових і національних статистичних ресурсів, а також наукові та фінансові журнали. Для аналізу та прогнозування ринку криптовалют використовувалися дані з криптовалютних аналітичних платформ. Додатково залучалися матеріали з відкритих джерел, включаючи наукові дослідження, звіти міжнародних консалтингових компаній та фінансових установ.

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

РОЗДІЛ 1

ТЕОРИЧНІ ОСНОВИ РИНКУ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ

1.1 Історія створення та еволюція цифрових активів

Ідея цифрових грошей не нова і має глибоке коріння у фінансовій історії. Вона бере свій початок з кінця 20 століття, коли перші піонери інформаційних технологій почали шукати способи використання комп'ютерних мереж для створення нових форм валюти. У цьому підрозділі ми розглянемо основні концепції та проекти, що проклали шлях для сучасних цифрових активів.

Одним із перших концептуальних проектів у сфері цифрових грошей став проект Chaum's DigiCash. Девід Чаум, відомий криптограф, заснував компанію DigiCash у 1989 році. Основною ідеєю було створення системи електронних грошей, яка б забезпечувала анонімність транзакцій. Чаум розробив технологію сліпих підписів, що дозволяла підписувати транзакції, не розкриваючи інформацію про них. Це було революційним на той час, оскільки забезпечувало високий рівень конфіденційності для користувачів.

Система DigiCash дозволяла користувачам здійснювати електронні платежі за допомогою цифрових чеків, які підписувалися за допомогою криптографічних методів. Однак, незважаючи на технічну інноваційність, проект зіткнувся з низкою проблем. Головними перешкодами стали відсутність широкого прийняття технології та складності з масштабуванням системи. В результаті, DigiCash збанкрутувала у 1998 році, але ідеї Чаума продовжували надихати майбутніх розробників.

Ще одним важливим проектом у розвитку цифрових грошей став e-gold, запущений у 1996 році Дугласом Джексоном і Баррі Дауером. E-gold була системою електронних грошей, прив'язаною до вартості золота. Кожна одиниця e-gold була

забезпечена реальним золотом, яке зберігалось у сховищах. Ця система надавала користувачам можливість здійснювати міжнародні платежі та зберігати свої активи у формі цифрового золота.

E-gold здобула певну популярність серед користувачів, особливо в інтернет-бізнесі. Вона дозволяла здійснювати транзакції швидко і з низькими комісіями, що зробило її привабливою альтернативою традиційним банківським послугам. Проте, система зіткнулася з проблемами регуляції та безпеки. Високий рівень анонімності привернув увагу злочинців, які використовували e-gold для відмивання грошей та інших незаконних операцій.

У 2008 році засновники e-gold були звинувачені у сприянні відмиванню грошей та іншим злочинам. Після тривалого судового процесу компанія була закрита, а її активи заморожені. Незважаючи на це, e-gold залишила значний вплив на розвиток цифрових грошей і стала одним з перших прикладів використання цінних металів для забезпечення цифрових активів.

У 1990-х роках було кілька інших проектів, які намагалися створити цифрові валюти. Одним з таких проектів був Mondex [1], який був розроблений у Великобританії та випробуваний у кількох країнах. Mondex використовував смарт-карти для здійснення електронних платежів. Користувачі могли зберігати електронні гроші на своїх картках і використовувати їх для оплати товарів і послуг. Незважаючи на те, що проект був технологічно просунутим, він не отримав широкого визнання і був закритий.

Інший важливий проект того часу - проект CyberCash [2], заснований у 1994 році. CyberCash розробив систему для здійснення електронних платежів через Інтернет. Система дозволяла користувачам здійснювати безпечні транзакції, використовуючи кредитні картки та електронні чеки. CyberCash став одним з перших платіжних шлюзів для Інтернет-магазинів і сприяв розвитку електронної комерції.

Однак, через конкуренцію з боку інших платіжних систем, таких як PayPal, проект не зміг утримати лідерство і був закритий у 2001 році.

Криптографія зіграла ключову роль у розвитку цифрових грошей. Вона забезпечила необхідний рівень безпеки та конфіденційності для транзакцій у цифровому середовищі. Важливим внеском у цю сферу стали роботи Уїтфілда Діффі та Мартіна Хеллмана [3], які розробили концепцію асиметричної криптографії у 1976 році. Ця концепція дозволила створити пари ключів для шифрування та розшифрування даних, що стало основою для багатьох систем цифрових грошей.

У 1997 році Адам Бек запропонував систему Hashcash [4], яка використовувала криптографічні обчислення для створення доказів роботи (Proof-of-Work). Ця система спочатку була розроблена для боротьби зі спамом в електронній пошті, але її концепція знайшла застосування у багатьох криптовалютах, включаючи Біткоїн. Proof-of-Work став основним механізмом консенсусу для Біткоїна та інших криптовалют, забезпечуючи безпеку та децентралізацію мережі.

Одним з ключових аспектів сучасних цифрових грошей стала ідея децентралізації. Ранні проекти цифрових грошей, такі як DigiCash та e-gold, були централізованими системами, де одна організація контролювала всі транзакції та управління системою. Це створювало ризики для користувачів, пов'язані з можливою зловживанням владою та вразливістю до атак.

Децентралізація стала можливістю для створення систем, де ніхто не має повного контролю над мережею, і всі учасники мають рівні права та обов'язки. Це забезпечило більшу безпеку та стійкість системи до атак та зловживань. Першим успішним прикладом децентралізованої цифрової валюти став Біткоїн, який використав блокчейн-технологію для забезпечення децентралізованого реєстру транзакцій.

Біткоїн був створений загадковою особою або групою осіб під псевдонімом Сатоші Накамото. Його поява стала революційною подією у світі фінансів та

технологій. Історія Біткоїна розпочинається в жовтні 2008 року, коли Накамото опублікував науковий документ під назвою "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [5]" на криптографічній поштової розсилці. Цей документ детально описував нову систему електронних грошей, яка базувалася на принципах децентралізації та криптографічного захисту, і був спрямований на усунення посередників у фінансових транзакціях. 3 січня 2009 року Накамото створив перший блок у мережі Біткоїна, який відомий як "генезис-блок" або "блок 0". У цьому блоці Накамото залишив повідомлення: "The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks [6]." Це посилання на заголовок британської газети The Times того дня стало своєрідним маніфестом проти традиційної банківської системи та її недоліків, підкреслюючи ідею про необхідність нової, незалежної від урядів і банків, фінансової системи.

Біткоїн працює на основі блокчейн-технології, яка є розподіленою базою даних, що зберігає всі транзакції, здійснені у мережі. Основні компоненти роботи Біткоїна включають блокчейн, майнінг, криптографію та децентралізацію. Блокчейн є ланцюгом блоків, кожен з яких містить список транзакцій. Кожен новий блок додається до кінця ланцюга, створюючи незмінний запис всіх транзакцій.

Майнінг — це процес валідації та додавання нових транзакцій до блокчейну. Майнери використовують комп'ютерну потужність для розв'язання складних криптографічних задач, що підтверджує транзакції та створює нові блоки. За свою роботу майнери отримують винагороду у вигляді нових біткоїнів та комісійних зборів за транзакції. Біткоїн використовує криптографічні алгоритми для забезпечення безпеки та анонімності транзакцій. Кожен користувач має пару ключів: приватний ключ для підписання транзакцій та публічний ключ для отримання коштів. Мережа Біткоїн складається з тисяч комп'ютерів (вузлів) по всьому світу, які працюють разом для підтримки мережі та підтвердження транзакцій, що забезпечує децентралізацію.

Блокчейн є основою функціонування Біткоїна. Це розподілена база даних, яка зберігає записи про всі транзакції, що коли-небудь відбулися в мережі. Кожен блок має свій унікальний хеш, створений на основі вмісту блоку. Хешування гарантує цілісність даних у блоці: якщо дані зміняться, зміниться і хеш. Майнери використовують механізм консенсусу Proof-of-Work (PoW) для підтвердження транзакцій і додавання нових блоків до блокчейну. Майнери змагаються в розв'язанні складних математичних задач, і перший, хто розв'яже задачу, додає новий блок до блокчейну. Після додавання блоку до блокчейну його змінити неможливо. Це забезпечує прозорість і безпеку мережі, оскільки будь-яка спроба зміни даних буде миттєво виявлена.

Після створення Біткоїна, його популярність і використання почали поступово зростати. У перші роки після запуску Біткоїн був відомий переважно серед криптографів і технічних ентузіастів. У 2010 році відбулася перша комерційна транзакція з використанням Біткоїна: програміст Ласло Ханьєч купив дві піци за 10,000 BTC [7]. Це стало відомо як "День піци Біткоїна" і є значущою подією в історії криптовалют, демонструючи їхню реальну застосовність для комерційних транзакцій.

У 2011-2013 роках Біткоїн почав здобувати популярність серед ширшої аудиторії. З'явилися перші біржі, такі як Mt. Gox, де користувачі могли купувати і продавати Біткоїн за фіатні валюти. Також зросла кількість підприємств, що приймали Біткоїн як засіб оплати. Зі зростанням популярності Біткоїна зросли й регуляторні виклики. Деякі країни почали запроваджувати регулювання для криптовалютних бірж і користувачів. Водночас інституційні інвестори почали цікавитися Біткоїном, що призвело до зростання його ціни та ринкової капіталізації.

Після успішного запуску та зростання популярності Біткоїна почали з'являтися нові криптовалюти, відомі як альткоїни (альтернативні монети). Альткоїни були створені для вирішення різних проблем та обмежень, які виникали у Біткоїна, а також для впровадження нових функцій і технологій. Перший альткоїн, Namecoin [8],

з'явився у квітні 2011 року. Namescoin базувався на коді Біткоїна і мав на меті забезпечити децентралізовану систему реєстрації доменних імен. Це був перший приклад використання блокчейн-технології для цілей, відмінних від фінансових транзакцій. Namescoin мав власний блокчейн і використовував алгоритм Proof-of-Work для майнінгу. Основна ідея полягала в тому, щоб створити систему, в якій доменні імена зберігалися б у блокчейні і були незмінними, що забезпечувало б більшу безпеку та стійкість до цензури. Namescoin став першим кроком до розширення можливостей блокчейн-технології за межі фінансових транзакцій.

Наступним значущим альткоїном став Litecoin, який був створений у жовтні 2011 року Чарлі Лі [9], колишнім інженером Google. Litecoin базувався на відкритому вихідному коді Біткоїна, але мав кілька важливих відмінностей. Основною метою створення Litecoin було забезпечення швидших і дешевших транзакцій. Для цього Лі змінив алгоритм хешування на Scrypt, що зробило майнінг менш енергоємним та більш доступним для широкого кола користувачів. Крім того, час створення блоку в мережі Litecoin був зменшений до 2.5 хвилин у порівнянні з 10 хвилинами у Біткоїна, що дозволяло здійснювати транзакції швидше.

Litecoin швидко набув популярності як "срібло" у світі криптовалют, тоді як Біткоїн залишався "золотом". Ця аналогія підкреслювала різні ролі, які відігравали ці криптовалюти на ринку: Біткоїн як засіб збереження вартості, а Litecoin як зручний засіб для щоденних транзакцій. Важливо зазначити, що обидві криптовалюти використовували механізм консенсусу Proof-of-Work, що забезпечувало безпеку і децентралізацію мереж.

Інший важливий альткоїн, який з'явився в цей період, був Ripple (нині відомий як XRP) [10]. Ripple був запущений у 2012 році і мав на меті забезпечити швидкі та дешеві міжнародні транзакції. На відміну від Біткоїна та Litecoin, Ripple не використовував майнінг для підтвердження транзакцій. Натомість він базувався на алгоритмі консенсусу, який дозволяв здійснювати транзакції за лічені секунди. Ripple

здобув популярність серед фінансових установ, оскільки пропонував рішення для проблем, з якими стикалися традиційні банківські системи при здійсненні міжнародних платежів.

Peercoin, запущений у 2012 році, став першим альткоїном, який використав механізм Proof-of-Stake (PoS) замість традиційного Proof-of-Work. Основна ідея Proof-of-Stake полягала в тому, що замість майнінгу, нові монети створювалися на основі кількості вже наявних монет у користувачів. Це дозволяло значно зменшити енергоспоживання та підвищити ефективність мережі. Peercoin став першим кроком до впровадження більш екологічно дружніх криптовалютних мереж.

Поява альткоїнів привнесла різноманітність і конкуренцію у криптовалютний ринок. Кожен новий альткоїн пропонував свої унікальні рішення та функції, що сприяло розвитку і вдосконаленню блокчейн-технологій. Наприклад, Darkcoin (пізніше перейменований на Dash), який був запущений у 2014 році, зосередився на забезпеченні анонімності транзакцій. Він впровадив механізм PrivateSend, який дозволяв змішувати транзакції, роблячи їх важкими для відстеження.

Dogecoin [11], створений у 2013 році як жарт, швидко став популярним завдяки своїй активній спільноті та використанню для мікроплатежів і благодійних зборів. Dogecoin базувався на коді Litecoin і використовував алгоритм Scrypt для майнінгу. Хоча спочатку його не сприймали серйозно, Dogecoin продемонстрував важливість спільноти у криптовалютному світі і став одним із найбільш відомих альткоїнів.

Ринок криптовалют продовжував стрімко розвиватися, з'являлися нові проекти та технології. У 2017 році відбувся бум ICO (Initial Coin Offering), коли безліч нових проектів збирали фінансування через випуск і продаж своїх криптовалют. Це призвело до значного зростання ринку криптовалют, але також до появи численних шахрайських проектів, які знижували довіру до ICO.

Загальний обсяг ринку криптовалют зростає, і зростала кількість учасників. У цей період багато інвесторів почали розглядати криптовалюти як альтернативний

інвестиційний інструмент. Зростаючий інтерес інституційних інвесторів до цифрових активів також сприяв зміцненню їхньої позиції на фінансових ринках.

У 2020 році ринок криптовалют знову пережив значний підйом, зокрема через зростаючий інтерес інституційних інвесторів до цифрових активів. Компанії, такі як MicroStrategy, Tesla та інші, почали інвестувати значні суми в Біткоїн, що сприяло зростанню його вартості та прийняттю як резервного активу. Інституційні інвестиції стали одним із ключових чинників зростання ринку, додаючи впевненості серед роздрібних інвесторів.

Ефіріум (Ethereum) з'явився на криптовалютному ринку у 2015 році і став однією з найважливіших і найвпливовіших платформ у світі блокчейну. Його створенням керував Віталік Бутерін, який вперше запропонував ідею Ефіріума в своєму "Білому документі" у 2013 році [12, с.4] Основною метою Ефіріума було створення платформи, яка дозволила б розробникам створювати децентралізовані додатки (dApps) за допомогою смарт-контрактів.

Смарт-контракти є основною революційною зміною, яку приніс Ефіріум. Це самовиконувані контракти, де умови угоди між покупцем і продавцем записані безпосередньо в рядках коду. Смарт-контракти працюють на децентралізованій блокчейн-платформі, що означає, що вони виконуються точно як запрограмовано, без можливості цензури, простою або втручання третіх сторін. Ця концепція відкрила нові горизонти для створення децентралізованих фінансових систем, управління активами, токенизації та багатьох інших галузей.

Ефіріум використовує власний блокчейн і має свою криптовалюту, яку ще називаються ефір (ETH). Ефір виконує кілька важливих функцій на платформі Ефіріум. Він використовується як "паливо" для виконання смарт-контрактів і транзакцій на платформі, а також служить стимулом для майнерів, які підтверджують транзакції та забезпечують безпеку мережі.

Технологічно Ефіріум відрізняється від Біткоїна кількома ключовими аспектами. По-перше, Ефіріум є більш гнучким у порівнянні з Біткоїном завдяки своєму програмованому блокчейну. У той час як Біткоїн розроблений як цифрова валюта, Ефіріум розроблений як платформа для розробки децентралізованих додатків. Це дозволяє розробникам створювати та впроваджувати різноманітні додатки, які можуть працювати на блокчейні Ефіріуму, включаючи фінансові інструменти, ігри, соціальні мережі та багато іншого. По-друге, Ефіріум має власну мову програмування під назвою Solidity. Solidity - це високорівнева мова програмування, розроблена спеціально для написання смарт-контрактів. Вона дозволяє розробникам створювати складні децентралізовані додатки, які можуть взаємодіяти з блокчейном Ефіріуму.

Ефіріум також відомий своєю здатністю до оновлення та масштабування. З моменту свого запуску платформа зазнала кілька важливих оновлень, таких як Byzantium і Constantinople, які покращили безпеку, ефективність і функціональність мережі. Одним з найбільш значущих оновлень є перехід з механізму консенсусу Proof-of-Work (PoW) на Proof-of-Stake (PoS), відомий як Ethereum 2.0 [13] або Serenity. Це оновлення спрямоване на підвищення масштабованості та зниження енергоспоживання мережі.

Перехід на Proof-of-Stake дозволяє користувачам, які володіють ефіром, брати участь у процесі підтвердження транзакцій і забезпечення безпеки мережі, замість використання енергоємних процесів майнінгу. Це робить мережу більш екологічно дружньою і економічно ефективною. Крім того, PoS забезпечує більшу децентралізацію, оскільки будь-хто з достатньою кількістю ефіру може стати валідатором.

Ефіріум також став основою для створення тисяч інших криптовалют через стандарт токенів ERC-20. Цей стандарт дозволяє розробникам легко створювати нові токени, які можуть функціонувати на блокчейні Ефіріуму. Це призвело до появи

великої кількості проектів, які використовують блокчейн Ефіріуму для запуску своїх власних токенів і децентралізованих додатків.

Один з найбільш відомих прикладів використання Ефіріуму - це децентралізовані фінанси (DeFi). DeFi - це набір фінансових додатків, які працюють на блокчейні і надають фінансові послуги без необхідності в традиційних фінансових установах. Вони включають в себе платформи для кредитування та запозичення, децентралізовані біржі, страхування, управління активами і багато іншого. DeFi дозволяє користувачам здійснювати фінансові операції без посередників, що знижує витрати та підвищує доступність фінансових послуг.

Стейблкоїни стали однією з найважливіших інновацій у світі криптовалют, оскільки вони надають користувачам можливість зберігати свої активи у цифровому форматі без значних коливань цін. На відміну від традиційних криптовалют, таких як Біткоїн або Ефіріум, ціна стейблкоїнів зазвичай прив'язана до стабільних активів, таких як фіатні валюти (наприклад, долар США) або дорогоцінні метали (наприклад, золото). Це дозволяє уникати волатильності, яка є характерною для більшості криптовалют.

Перші стейблкоїни з'явилися приблизно у 2014 році, але справжній бум їх популярності відбувся у наступні роки. Одним з найвідоміших і найбільш використовуваних стейблкоїнів є Tether (USDT) [14], який був запущений у 2014 році. Tether стверджує, що кожен токен USDT підтримується еквівалентною сумою фіатної валюти, що зберігається на резервних рахунках. Це забезпечує стабільність ціни USDT, яка завжди прагне до 1 долара США. Проте, Tether зазнає критики через відсутність прозорості щодо резервів і проблеми з аудитами.

Інші популярні стейблкоїни включають USD Coin (USDC), випущений компанією Circle у партнерстві з Coinbase, а також TrueUSD (TUSD), який також прив'язаний до долара США і підтримується резервами, що регулярно проходять аудит. Окрім цього, є стейблкоїни, прив'язані до інших активів, такі як золото

(наприклад, Paxos Gold) або навіть до криптовалютних резервів (наприклад, DAI від MakerDAO).

Стейблкоїни стали невід'ємною частиною криптовалютного ринку, оскільки вони надають користувачам зручний спосіб захисту від волатильності та зберігання вартості у стабільному цифровому активі. Вони також стали важливим інструментом для торгівлі на криптовалютних біржах, оскільки дозволяють легко переміщувати кошти між різними криптовалютами та фіатними валютами без необхідності виходу за межі цифрового середовища.

Перша централізована криптовалютна біржа, BitcoinMarket, була запущена у березні 2010 року. Ця біржа дозволяла користувачам купувати і продавати біткоїни за фіатні гроші, надаючи першу зручну платформу для торгівлі криптовалютою. У 2011 році з'явилася біржа Mt. Gox, яка швидко стала домінуючою платформою для торгівлі біткоїном, обробляючи до 70% світових транзакцій. Однак Mt. Gox зазнала низки зломів і згодом збанкрутувала у 2014 році.

Після краху Mt. Gox ринок централізованих бірж почав розвиватися і з'явилися нові гравці, такі як Bitstamp, Kraken і Coinbase. Bitstamp була заснована у 2011 році і стала однією з провідних європейських бірж. Kraken, заснована у 2011 році Джессі Пауеллом, набула популярності завдяки своїй безпеці та надійності. Coinbase, заснована у 2012 році Брайаном Армстронгом і Фредом Ерсамом, орієнтувалася на зручність для користувачів і відповідність регуляторним вимогам.

З 2017 року ринок криптовалют пережив вибухове зростання. Binance, заснована Чанпеном Чжао (CZ) у 2017 році, швидко стала однією з найбільших криптовалютних бірж у світі завдяки своїй високій ліквідності, широкому вибору криптовалютних пар і низьким комісіям. Поява Binance та інших бірж, таких як Huobi і OKEx, сприяла збільшенню обсягів торгівлі та залученню нових користувачів.

З 2019 року централізовані біржі почали привертати увагу регуляторів у всьому світі. Coinbase стала першою криптовалютною біржею, яка вийшла на

публічний ринок через прямий лістинг на NASDAQ у 2021 році, що стало важливою подією для легітимізації криптовалютного ринку. Регуляторний тиск змусив біржі впроваджувати процедури KYC (знай свого клієнта) та AML (боротьба з відмиванням грошей), що підвищило безпеку і прозорість ринку.

В останні роки, відбулось багато визначних подій, сектор переживає бурхливий розвиток. Важко в одній роботі перерахувати всі зміни та інновації – відбувались як появи нових форм криптоактивів, таких як NFT [15] (більше в наступному підрозділі), так і зародження нових трендів, наприклад, таких як «грай та заробляй» (Play-to-Earn (P2E)). Ця модель дозволяє гравцям заробляти криптовалюту, беручи участь у ігрових процесах. Однією з найпопулярніших ігор у цьому жанрі стала Axie Infinity, яка надає гравцям можливість заробляти токени SLP (Smooth Love Potion) і AXS (Axie Infinity Shards) шляхом участі в боях, вирощуванні та продажу віртуальних істот – аксі. Інші ігри, такі як The Sandbox, Decentraland та Illuvium, також стали популярними, пропонуючи гравцям можливість заробляти криптовалюту через різні ігрові механіки. Модель P2E сприяє залученню нових користувачів до криптовалютного простору, особливо з країн, де можливості для заробітку обмежені. Особливо можна багаторічну епопею з прийняттям ETF на Біткоїн. У жовтні 2021 року Комісія з цінних паперів та бірж США (SEC) схвалила перший ETF (exchange-traded fund) на основі ф'ючерсів на біткоїн. Це стало важливим кроком для інституційного прийняття криптовалют і надання інвесторам зручного інструменту для інвестицій у біткоїн без необхідності безпосереднього володіння криптовалютою. Прийняття ETF на біткоїн також сприяло підвищенню легітимності та довіри до криптовалютного ринку. Прийняття спотового ETF на біткоїн стало однією з найбільш обговорюваних тем у світі криптовалют та традиційних фінансів. Спотовий ETF на біткоїн, на відміну від ф'ючерсного ETF, безпосередньо відстежує ціну Біткоїна на спотовому ринку, що означає, що він купує і зберігає реальні біткоїни для підтримки вартості своїх акцій. На початку року відбулася історична подія – SEC

нарешті схвалила перший спотовий ETF на біткоїн [16]. Цей крок став результатом тривалих переговорів, удосконалення регуляторних рамок і посилення нагляду за ринками криптовалют. Новий спотовий ETF на біткоїн надав інвесторам зручний спосіб отримати доступ до Біткоїна без необхідності безпосередньо купувати та зберігати криптовалюту.

Також, останні роки відзначилися її значними регуляторними змінами у сфері криптовалют. Багато країн, таких як США, Китай та країни Європейського Союзу, посилили регуляторний контроль за криптовалютними біржами та іншими фінансовими послугами, що використовують криптовалюту. Це призвело до закриття деяких бірж і зміцнення нормативної бази, що забезпечує безпеку та прозорість ринку.

Децентралізовані фінанси (DeFi) продовжували розвиватися, пропонуючи нові фінансові продукти та послуги, такі як децентралізовані біржі (DEX), кредитування, стейкінг та дохідне фермерство. DeFi-проекти, такі як Uniswap, Aave та Compound, привернули значну увагу користувачів і інвесторів завдяки своїм інноваційним рішенням і високим доходам.

Загалом, сучасний криптовалютний ринок продовжує розвиватися і розширюватися, пропонуючи нові можливості та виклики для інвесторів, трейдерів і користувачів. Поява нових технологій, таких як NFT і DeFi, разом із традиційними фінансовими інструментами, такими як ETF на біткоїн, свідчить про постійну еволюцію ринку і його інтеграцію в глобальну фінансову систему.

1.2 Класифікація цифрових активів

У світі існує багато різних варіантів класифікації цифрових активів, кожен з яких базується на різних критеріях та підходах. Ці класифікації відображають різноманітність функцій та використання цифрових активів, а також їхні технічні та економічні характеристики.

Наприклад, Deloitte (міжнародна корпорація у сфері аудиторських та консалтингових послуг) у своєму звіті «A Market Overview of Custody for Digital Assets [17]» виокремлює такі сегменти: електронні гроші, токени безпеки, криптовалюти, утилітарні токени та стейблкоїни.

В свою чергу, PwC (інша компанія з «великої четвірки») у своєму звіті «Demystifying cryptocurrency and digital assets [18]» пропонує трохи видозмінену класифікацію: криптоактиви, стейблкоїни, невзаємозамінні токени, цифрові валюти центрального банку, токени безпеки.

Таким чином, у даній роботі, ґрунтуючись на дослідженнях великих компаній, а також власному аналізі та спостереженнях, пропонується виділити такі основні групи цифрових активів: взаємозамінні криптотокени, невзаємозамінні токени (NFTs), стейблкоїни та цифрові валюти центральних банків (CBDC).

Взаємозамінні криптоактиви можна розділити на дві основні категорії: службові монети власного блокчейну та токени, побудовані за стандартом конкретного блокчейну.

Монети власного блокчейну [19] - це криптовалюти, які працюють на власній незалежній блокчейн-платформі. Основна функція таких монет полягає в забезпеченні роботи самої мережі. Вони відіграють ключову роль у підтримці децентралізованої інфраструктури, виконуючи кілька важливих функцій:

- Оплата транзакційних зборів: Однією з головних функцій службових монет блокчейну є оплата комісій за проведення транзакцій в мережі. Наприклад, користувачі Ефіріум використовують ЕТН для оплати «gas fees», необхідних для виконання транзакцій або смарт-контрактів. Така система стимулює майнерів або валідаторів забезпечувати обробку транзакцій та підтримку безпеки мережі.

- Забезпечення безпеки мережі: Монети власного блокчейну часто використовуються для забезпечення консенсусу та безпеки мережі. У блокчейнах, що використовують Proof of Work, майнери змагаються за право додавання нових блоків

до блокчейну, отримуючи винагороди у вигляді монет. У системах з Proof of Stake, валідатори зберігають певну кількість монет як заставу для участі у процесі створення нових блоків і забезпечення їхньої достовірності.

- **Управління:** У деяких блокчейнах власні монети використовуються для голосування та прийняття рішень щодо майбутнього розвитку платформи. Наприклад, власники монети DOT у мережі Polkadot можуть брати участь у голосуванні за пропозиції щодо змін у протоколі, що дозволяє децентралізовано управляти мережею.

Приклади основних блокчейнів та їх службових монет наведені у табл.1.1:

Таблиця 1.1 – Блокчейн та його службова монета

Блокчейн	Монета
Bitcoin	BTC
Ethereum	ETH
Binance Smart Chain	BNB
Polkadot	DOT
Solana	Sol

Розроблено автором на основі даних Coinmarketcap.com

Токени, побудовані на блокчейні, створюються на базі існуючих блокчейнів за допомогою смарт-контрактів. Вони не мають власного блокчейна і залежать від платформи, на якій вони створені. Найпоширеніший приклад – токени стандарту ERC-20 на платформі Ethereum. Такі токени використовуються для різних цілей, включаючи залучення капіталу через первинні розміщення токенів (ICO), участь у децентралізованих фінансових протоколах (DeFi) та доступ до певних функцій і послуг у рамках децентралізованих додатків, приклад наведений у таблиці 1.2:

Таблиця 1.2 – Токени створені за певним стандартом блокчейну

Блокчейн	Основний стандарт токенів	Приклад токена
Ethereum	ERC-20	Chainlink (LINK)
Binance Smart Chain	BEP-20	PancakeSwap (CAKE)
Polkadot	DOT	Acala (ACA)
Solana	SPL	Raydium (RAY)

Розроблено автором на основі даних Coinmarketcap.com

Абревіатура NFT означає «non-fungible token», що перекладається як «невзаємозамінний токен». NFT представляють собою унікальний цифровий ідентифікатор, який не можна скопіювати, замінити або розділити, записаний у блокчейні та використовується для підтвердження автентичності та права власності. Право власності на NFT фіксується в блокчейні та може бути передано власником, що дозволяє продавати та торгувати NFT. NFT може створювати будь-хто, і головне, що для створення часто не потрібні навички програмування. NFT зазвичай містять посилання на цифрові файли, такі як фотографії, відео та аудіо. Головна відмінність від звичайних криптовалют, таких як Біткоїн, Ефіріум та інші, є те, що NFT є активами, які можна унікально ідентифікувати, на відміну від криптовалют, які є взаємозамінними.

NFT знайшли широке застосування [20]. Наприклад, у цифровому мистецтві вони дозволяють художникам токенизувати свої роботи, забезпечуючи їх автентичність і право власності. Одним із відомих прикладів є робота Beeple

"Everydays: The First 5000 Days", яка була продана за 69 мільйонів доларів. Крім мистецтва, NFT використовуються віртуальної нерухомості на платформах, таких як Decentraland і Cryptovoxels, де користувачі можуть купувати, продавати та обмінювати ділянки віртуальної землі. У сфері ігор NFT дозволяють гравцям володіти унікальними ігровими предметами або персонажами, як у випадку з іграми Axie Infinity та CryptoKitties. Крім того, NFT застосовуються для токенизації реальних активів, таких як нерухомість і музичні права, що забезпечує новий спосіб інвестування і торгівлі матеріальними та нематеріальними активами безпечно на блокчейні.

Стейблкоїни були запроваджені на ринок криптовалют як реакція на значну волатильність, що є основною характеристикою більшості криптовалют [21]. Стейблкоїни також стали зручним інструментом для міжнародних переказів, оскільки вони дозволяють користувачам здійснювати швидкі і відносно дешеві транзакції без необхідності перетворення в традиційні валюти. Це робить їх ідеальними для робітників, які відправляють кошти додому з-за кордону, а також для бізнесу, який шукає ефективніші шляхи для управління міжнародними платежами.

Стейблкоїни бувають декількох видів:

- Фіатно-колатералізовані стейблкоїни – це найпоширеніший тип стейблкоїнів. Вони прив'язані до традиційних валют, таких як американський долар, євро або інші. Ця прив'язка досягається шляхом утримання еквівалентної кількості традиційних валют у вигляді резервів, які підтримуються на банківських рахунках. Наприклад, Tether (USDT) і USD Coin (USDC) обіцяють, що кожен випущений токен підкріплений одним доларом США, який зберігається на рахунках.
- Крипто-колатералізовані стейблкоїни використовують інші криптовалюти як забезпечення. Наприклад, Dai створений на платформі MakerDAO і підтримує свою вартість рівною до долара США через складні механізми управління запасами криптовалюти Ефіріум, яка виступає в ролі застави. Ці стейблкоїни можуть

бути більш волатильними, ніж фіатно-колатералізовані, але надають більшу прозорість і відкритість завдяки використанню смарт-контрактів для управління резервами.

- Алгоритмічні стейблкоїни намагаються зберегти стабільність ціни без використання реальних активів як заставу. Замість цього вони використовують програмні алгоритми для регулювання кількості валюти в обігу, спираючись на попит і пропозицію, щоб підтримувати ціну на певному рівні. Це може бути більш ризиковано, оскільки без зовнішнього забезпечення такі системи вразливі до раптових змін на ринку, що може призвести до втрати стабільності вартості.

CBDC (Central Bank Digital Currency) — це цифрова валюта, випущена центральним банком країни. На відміну від традиційних криптовалют, таких як Біткоїн, CBDC є централізованим і регулюється урядом. Вона може мати різні форми, включаючи як роздрібну (для загального користування), так і оптову (для фінансових установ). Головні цілі впровадження CBDC включають підвищення ефективності платежів, зниження витрат на транзакції, боротьбу з незаконними фінансовими операціями та підтримку монетарної політики. Розглянемо це питання детальніше у третьому розділі.

РОЗДІЛ 2

ПОТРЕБА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ

2.1 Фундаментальний аналіз

Для прогнозування криптовалютного ринку, найчастіше використовують три основних методи: фундаментальний аналіз, аналіз статистичними методами, технічний аналіз. Почнемо огляд цих методів з фундаментального аналізу.

На відміну від методів статистичного аналізу та технічного аналізу, за допомогою фундаментального аналізу можна прогнозувати та аналізувати не лише суто часовий ряд, а і загальний напрям розвитку активу або цілого сектора, беручи до уваги безліч різних факторів.

Фундаментальний аналіз [22] - це метод оцінки вартості активу, який базується на дослідженні економічних, фінансових та інших якісних і кількісних факторів, що впливають на його вартість. Мета фундаментального аналізу полягає у визначенні внутрішньої (справедливої) вартості активу та виявленні можливостей для інвестицій шляхом порівняння цієї вартості з поточною ринковою ціною.

Фундаментальний аналіз криптовалютного ринку має свої особливості, оскільки він включає аналіз специфічних факторів, що впливають на вартість цифрових активів. основні компоненти фундаментального аналізу для криптовалютного ринку:

- Аналіз загальних ринкових та макроекономічних факторів;
- Аналіз фінансових показників та стану ринку;
- Аналіз технології та інфраструктури;
- Аналіз метрик мережі;
- Використання та прийняття

Фундаментальний аналіз криптовалютного ринку передбачає врахування ринкових циклів та макроекономічних тенденцій, які можуть суттєво впливати на вартість криптовалют.

Ринкові цикли криптовалют нагадують цикли, які можна спостерігати на традиційних фінансових ринках, але вони можуть бути більш волатильними та швидкими [23]. Основні етапи ринкових циклів включають початковий етап накопичення, фазу зростання, пікову фазу, фазу корекції або спаду та фазу відновлення. Початковий етап накопичення характеризується стабілізацією після значного зниження цін, коли інвестори поступово починають купувати криптовалюти, вважаючи, що вони досягли свого мінімуму. Фаза зростання включає стабільне підвищення цін на тлі зростання попиту, новин про позитивні події та розвиток технологій. Під час пікової фази ціни досягають своїх максимальних значень, а на ринку спостерігається ейфорія, багато інвесторів очікують подальшого зростання. Фаза корекції або спаду характеризується різким падінням цін, що викликає паніку серед інвесторів, які починають продавати активи. Після цього настає фаза відновлення, коли ринок поступово стабілізується, і інвестори знову починають купувати криптовалюти за нижчими цінами, вважаючи, що ринок досяг дна. (рис.2.1)

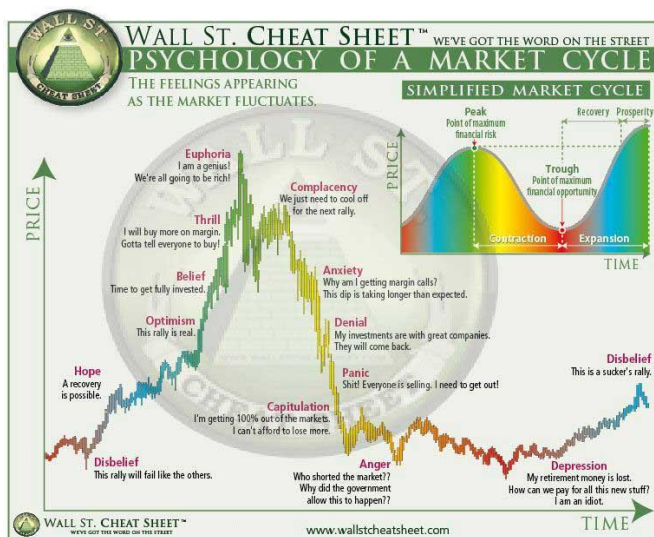


Рисунок 1.1.Відображення психології ринкового циклу [24]

На ринкові цикли криптовалют впливають кілька ключових факторів. Позитивні новини, такі як прийняття нових законів, запуск нових технологій або партнерств, можуть сприяти зростанню цін. Негативні новини, такі як хакерські атаки, регуляторні обмеження або технічні проблеми, можуть викликати падіння цін. Зміни в законодавстві та регуляторному середовищі можуть суттєво вплинути на ринок. Сприятливі регуляторні зміни можуть стимулювати зростання, тоді як жорсткі обмеження можуть призвести до спаду. Входження на ринок великих інституційних інвесторів може підвищити довіру до криптовалют та стимулювати зростання цін, тоді як відтік інституційних інвесторів може призвести до зниження цін. Впровадження нових технологій, покращення безпеки та масштабованості блокчейну можуть позитивно впливати на ринок, тоді як проблеми з технологією або відсутність інновацій можуть негативно вплинути на довіру інвесторів. Зміни в макроекономічних умовах, такі як зміни процентних ставок, інфляція та економічне зростання, можуть впливати на попит на криптовалюти як на альтернативний інвестиційний актив.

Інфляція є одним з основних макроекономічних показників, який впливає на криптовалютний ринок. Висока інфляція призводить до знецінення фіатних грошей, що може збільшити попит на криптовалюти як на засіб захисту вартості. Багато інвесторів розглядають біткоїн та інші криптовалюти як "цифрове золото", яке може зберігати свою вартість у часи економічної нестабільності. Наприклад, у періоди високої інфляції, коли вартість фіатних грошей знижується, інвестори можуть купувати криптовалюти для збереження своїх активів, що призводить до зростання їх цін. Крім того, низька інфляція або дефляція можуть зменшити попит на криптовалюти, оскільки фіатні гроші зберігають свою купівельну спроможність, і інвестори можуть віддати перевагу менш волатильним активам.

Процентні ставки, встановлені центральними банками, також мають значний вплив на криптовалютний ринок. Зміни в процентних ставках можуть впливати на інвестиційні рішення інвесторів. Високі процентні ставки роблять традиційні фінансові інструменти, такі як облігації та депозити, більш привабливими, що може зменшити інтерес до високоризикових активів, таких як криптовалюти. Наприклад, у періоди високих процентних ставок інвестори можуть обирати менш ризикові активи з вищою дохідністю, що призводить до зниження попиту на криптовалюти та падіння їх цін. З іншого боку, низькі процентні ставки можуть стимулювати інвесторів шукати альтернативні інвестиції з вищою дохідністю, такі як криптовалюти. У періоди низьких процентних ставок інвестори можуть вкладати кошти у криптовалюти, очікуючи високого прибутку, що призводить до зростання попиту та підвищення цін на цифрові активи.

Домінація Біткоїна (Bitcoin Dominance) [25] – це показник, який визначає частку ринкової капіталізації Біткоїна від загальної ринкової капіталізації всього криптовалютного ринку. Вона розраховується як відсоткове відношення ринкової капіталізації Біткоїна до сукупної ринкової капіталізації всіх існуючих криптовалют. Домінація Біткоїна є важливим показником, який інвестори використовують для оцінки стану ринку та його динаміки.

Розглянемо як домінація Біткоїна впливає на його ціну та на ринок альткоїнів, використовуючи аналіз їх головного представника – Ефіріуму.

На історичному графіку домінації Біткоїна, як це видно з рис. 2.2, бачимо загальний тренд на зниження його частки на ринку. Це логічно, враховуючи бурхливий розвиток технологій та постійний вихід нових висококапіталізаційних проектів.



Рисунок 2.2 - Історичний графік домінації BTC

Розроблено автором на основі даних [26]

Розглянемо, що відбувалось на ринку з 2020 року (рис.2.3 та рис. 2.4):



Рисунок 2.3 - Порівняння домінації BTC та ціни BTC

Розроблено автором на основі даних [26]

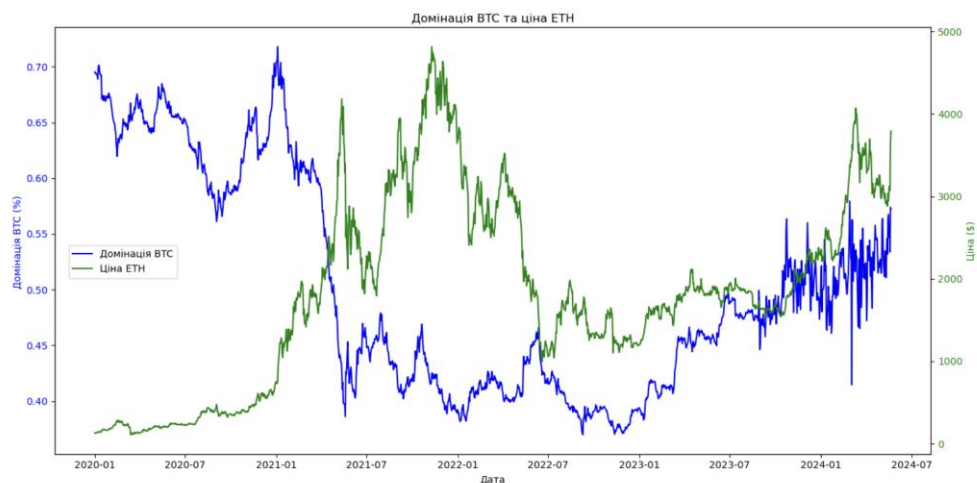


Рисунок 2.4 - Порівняння домінації BTC та ціни ETH

Розроблено автором на основі даних [26]

Бачимо, що десь коливання аналогічні, але десь відбувається розкореляція, наприклад, за останні місяці ціна Біткоїна відносно його домінації набагато вища за таку пропорцію для Ефіріуму. Ці спостереження підтверджує графік ціни Ефіріума до ціни Біткоїна (рис.2.5):

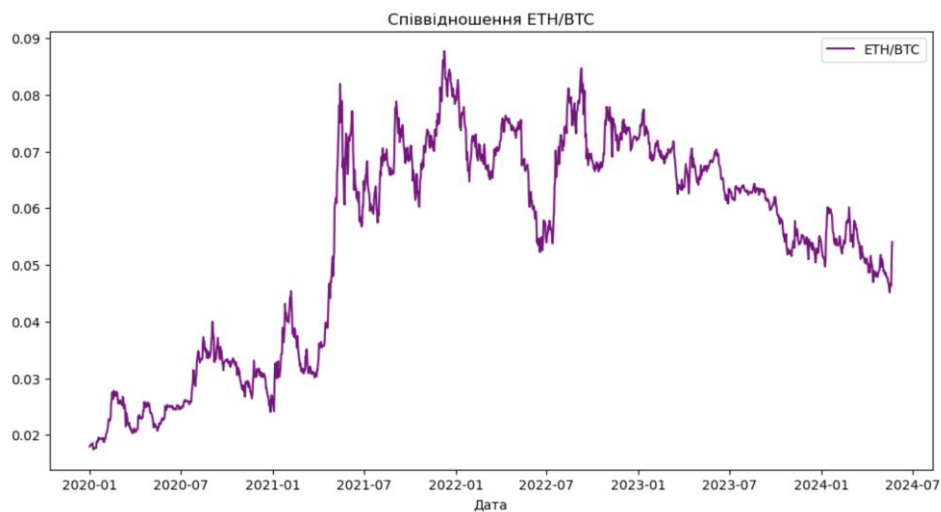


Рисунок 2.5 – Графік ETH/BTC

Розроблено автором на основі даних [26]

З моменту піку ринку у 2021-2022 роках, Ефіріум показує слабкість у відношенні до Біткоїна та домінація головної монети виросла на 15 в.п.(відсоткових пункти).

Порівняємо кореляцію частки ринку Біткоїна з його ціною та кореляцію з ціною Ефіріуму (рис 2.6):

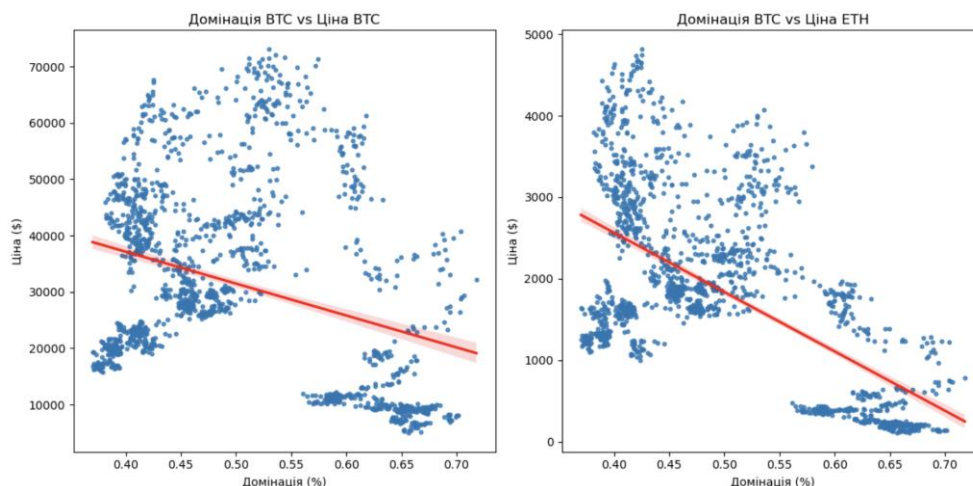


Рисунок 2.6 - Кореляція домінації BTC з ціною BTC та ETH

Розроблено автором на основі даних [26]

Коефіцієнти кореляції складають -0.32 та -0.62 відповідно.

Як видно з графіків, помітна негативна динаміка, що підтверджує розраховані коефіцієнти кореляції. Це вказує на те, що зростання домінації Біткоїна найчастіше викликає зниження цін на активи, та навпаки.

Слабкий негативний зв'язок між домінацією та ціною Біткоїна вказує на те, що підвищення домінації не завжди призводить до зниження ціни Біткоїна. Це може свідчити про те, що ринкові учасники продовжують інвестувати в Біткоїн навіть при зростанні його частки на ринку, оскільки вони вважають його надійним активом у порівнянні з іншими криптовалютами.

Більш сильний негативний зв'язок між домінацією Біткоїна та ціною Ефіріума свідчить про більш виражену обернену залежність, що відображає сильніший вплив

домінації Біткоїна на ціну Ефіріуму. Це означає, що коли інвестори вкладають більше коштів у Біткоїн, вони можуть відмовлятися від інвестицій в Ефіріум та інші альткоїни, що призводить до зниження їхніх цін.

Отже, загальний вплив домінації Біткоїна на ринок криптовалют вказує на те, що Біткоїн залишається головним індикатором стану ринку. Коли домінація Біткоїна зростає, це може вказувати на зниження інтересу до альткоїнів та зменшення їх вартості, тоді як зниження домінації Біткоїна може вказувати на зростання інтересу до інших криптовалют.

Також, попередні дослідження нашої групи на думку, що показник частки ринку головної монети тісно пов'язаний з загальною капіталізацією ринку. Дослідимо цю кореляцію (рис. 2.8):

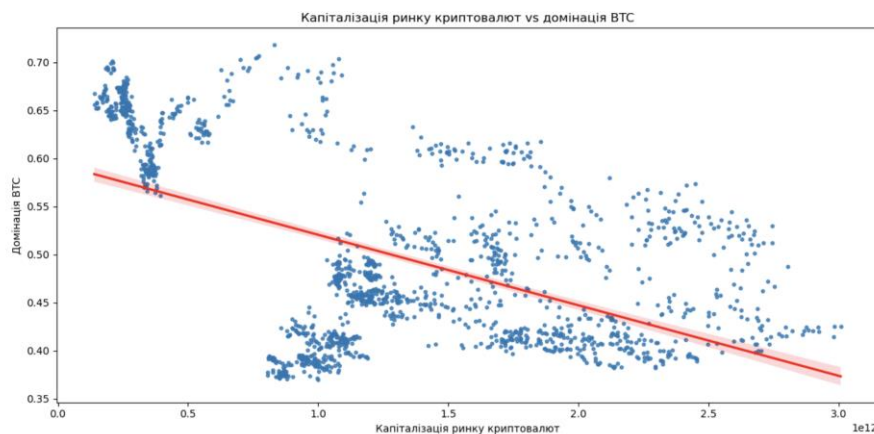


Рисунок 2.7 - Порівняння домінації BTC та капіталізації ринку

Розроблено автором на основі даних [26]

Кореляційний коефіцієнт між загальною ринковою капіталізацією криптовалют та домінацією Біткоїна складає приблизно -0.54. Це вказує на помірний негативний зв'язок, що свідчить про те, що зі збільшенням загальної ринкової капіталізації всіх криптовалют домінація Біткоїна має тенденцію зменшуватися, і навпаки.

Тож, у висновку можна сказати, що під час складних часів (ведмежих ринків) інвестори схильні віддавати перевагу Біткоїну як найбільш надійному активу на криптовалютному ринку, що призводить до підвищення його домінації. Збільшення загальної ринкової капіталізації часто супроводжується зростанням інтересу до альткоїнів, що може призвести до так званого "сезону альткоїнів" (так званий, Altcoin Season). У цей період інвестори шукають нові можливості для прибутку в альтернативних криптовалютах, що сприяє зменшенню домінації Біткоїна. Також, з розвитком ринку криптовалют з'являються нові інноваційні проекти, які привертають увагу інвесторів. Вкладення в ці нові проекти теж призводять до зменшення частки Біткоїна у загальному ринку.

Ринкова капіталізація – це загальна вартість всіх монет криптовалюти в обігу. Вона розраховується як добуток поточної ціни криптовалюти на кількість монет, що знаходяться в обігу. Ринкова капіталізація є одним з основних показників, який використовується для порівняння різних криптовалют між собою. Вона дозволяє визначити розмір та значимість криптовалюти на ринку. Наприклад, Біткоїн має найбільшу ринкову капіталізацію серед усіх криптовалют, що робить його найбільш значущим активом на ринку. Висока ринкова капіталізація зазвичай свідчить про велику довіру з боку інвесторів та широке прийняття криптовалюти.

Ліквідність – це здатність активу бути швидко купленим або проданим на ринку без значного впливу на його ціну. Ліквідність криптовалюти оцінюється за обсягами торгів та спредом між ціною купівлі та продажу (bid-ask spread [27]). Висока ліквідність свідчить про те, що криптовалюта має високий обсяг торгів і може бути швидко конвертована у фіатні гроші або інші активи. Це знижує ризики для інвесторів, оскільки вони можуть легко входити в ринок та виходити з нього без значних втрат. Низька ліквідність, навпаки, може призвести до значних коливань цін при великих транзакціях, що підвищує ризики для інвесторів.

Емісія – це максимальна кількість монет криптовалюти, яка може бути випущена. Обмеження на емісію може суттєво впливати на довгострокову вартість криптовалюти. Наприклад, біткоїн має фіксовану максимальну кількість монет – 21 мільйон. Це створює дефіцит активу, що може підвищувати його вартість у довгостроковій перспективі. Інші криптовалюти можуть мати необмежену емісію, що може призводити до зниження їхньої вартості через інфляцію. Обмеження на емісію важливо враховувати при оцінці потенціалу криптовалюти, оскільки воно визначає її дефіцитність та потенціал для зростання вартості.

Токеноміка – це сукупність економічних принципів і механізмів, що визначають створення, розподіл та циркуляцію криптовалютних токенів. Вона є ключовим аспектом фундаментального аналізу криптовалют і має вирішальний вплив на довгострокову вартість та стабільність цифрових активів. Токеноміка починається з процесу створення токенів, який може включати різні методи, такі як первинне розміщення монет (ICO), початкове розміщення токенів (ITO), первинна біржова пропозиція (IEO) та інші. Під час цих процесів визначається початкова кількість токенів, яка буде випущена, і їх початковий розподіл серед засновників, розробників, інвесторів та інших зацікавлених сторін. Одним з важливих аспектів токеноміки є стимулювання учасників мережі. Наприклад, майнери або валідатори, які забезпечують безпеку і функціонування блокчейну, отримують винагороди у вигляді нових токенів. Ці винагороди можуть бути фіксованими або змінними залежно від складності мережі і кількості учасників. Механізми стимулювання мають на меті забезпечити стабільну роботу мережі та залучити більше учасників.

Інфляційні механізми також є важливим елементом токеноміки. Вони визначають, як і з якою швидкістю нові токени будуть вводитися в обіг. Інфляція може бути корисною для стимулювання активності в мережі, але надмірна інфляція може призводити до знецінення токенів. Важливо знайти баланс між стимулюванням учасників і збереженням вартості токенів.

На противагу інфляційним механізмам існують дефляційні механізми, які призводять до зменшення кількості tokenів в обігу. Це може включати спалювання tokenів (burning), коли частина tokenів постійно вилучається з обігу. Дефляційні механізми (наприклад, як у активу INJ ([28])) можуть допомагати підвищувати вартість tokenів за рахунок зменшення їх пропозиції.

Розподіл tokenів також є критично важливим аспектом токеноміки. Він визначає, як токени будуть розподілені між різними учасниками екосистеми. Наприклад, під час первинного розміщення частина tokenів може бути зарезервована для засновників та розробників, частина – для інвесторів, а інша частина – для стимулювання користувачів. Важливо, щоб розподіл був справедливим і сприяв довгостроковій стійкості та розвитку проекту.

Токеноміка також включає в себе правила використання tokenів всередині екосистеми. Наприклад, токени можуть використовуватися для оплати транзакційних комісій, доступу до сервісів, голосування у децентралізованих організаціях та інших цілей. Важливо, щоб токени мали корисність та застосування, що стимулює їх використання і підвищує їхню вартість.

Як і на фондовому ринку, перед інвестуванням в певний проект важливо розуміти, що представляє собою проект та на якому рівні в нього показники, що відображають «життєздатність» активу.

Дивитись можна на багато метрик, але перш за все, можна розглянути на якому блокчейні побудований проект. Блокчейн є основою будь-якого криптовалютного проекту. Важливо оцінити технологічну архітектуру блокчейну, його безпеку, масштабованість та ефективність. Високий рівень безпеки гарантує захист від хакерських атак та маніпуляцій. Масштабованість визначає здатність блокчейну обробляти велику кількість транзакцій без значного зниження швидкості та підвищення комісій. Ефективність включає в себе швидкість підтвердження транзакцій та витрати на їх обробку. Проекти з інноваційними рішеннями, такими як

використання консенсусних алгоритмів Proof of Stake (PoS) або шардінгу, мають кращі перспективи для розвитку.

Кількість активних користувачів є ключовим показником, що відображає рівень прийняття та використання криптовалюти. Активні користувачі – це ті, хто здійснює транзакції, бере участь у стейкінгу, голосує в децентралізованих організаціях або іншим чином взаємодіє з екосистемою проекту. Зростання кількості активних користувачів свідчить про підвищений інтерес та довіру до проекту, а також про його успішну інтеграцію у реальний світ.

Активність розробників є критичним показником, що свідчить про здатність проекту адаптуватися до нових викликів, впроваджувати нові функції та підтримувати безпеку. Кількість оновлень коду, частота випусків нових версій та активність розробників на платформах, таких як GitHub, можуть бути використані для оцінки цього показника. Активна розробницька команда свідчить про те, що проект має технічну підтримку та здатність до інновацій. Це також підвищує довіру інвесторів та користувачів, оскільки вони бачать, що проект постійно розвивається та вдосконалюється.

Обсяг заблокованих коштів (Total Value Locked, TVL) є важливим показником для оцінки децентралізованих фінансових (DeFi) проектів та інших криптовалютних екосистем. TVL відображає загальну вартість активів, заблокованих у смарт-контрактах платформи. Високий TVL свідчить про високу довіру користувачів до проекту та його популярність. Це також може бути індикатором ліквідності та активності в мережі. Зростання TVL зазвичай вказує на підвищений інтерес до платформи та її послуг, таких як стейкінг, позики, забезпечення ліквідності та інші фінансові операції.

Крім вищезгаданих метрик, є інші важливі показники, які можуть бути корисними для оцінки криптовалютного проекту. До них належать:

- Співпраця з іншими проектами, компаніями та організаціями може підвищити довіру до проекту та сприяти його розвитку. Партнерства можуть також відкривати нові можливості для інтеграції та розширення функціоналу платформи.
- Активність у соціальних мережах, на форумах та інших платформах може свідчити про підтримку спільноти та інтерес до проекту. Велика та активна спільнота може сприяти популяризації проекту та залученню нових користувачів та інвесторів.
- Кількість залучених коштів на старті проекту є важливим показником, який відображає рівень довіри інвесторів та потенціал проекту. Залучення значних коштів під час первинного розміщення монет (ICO), первинного розміщення токенів (ITO) або первинної біржової пропозиції (IEO) свідчить про високу зацікавленість інвесторів та віру в успіх проекту. Ці кошти можуть бути використані для розвитку технологій, маркетингу, розширення команди та інших ключових напрямів, що забезпечують подальше зростання та розвиток проекту. Важливо також оцінити, як ефективно проект витрачає залучені кошти, що свідчить про його управлінські здібності та стратегію розвитку.

2.2 Прогнозування статистичними методами

Задача прогнозування ціни криптовалюти за допомогою статистичних методів, відноситься до задач аналізу часового ряду.

Часовий ряд (англ. time series) - це послідовність даних, зібраних та впорядкованих у хронологічному порядку. Кожна точка в часовому ряді відповідає певному моменту часу, що дозволяє досліджувати динаміку змін об'єкта або явища протягом певного періоду. Зазвичай часові ряди представляють у вигляді лінійних графіків, що дає змогу візуально оцінити тренди та аномалії в даних.

Часові ряди широко застосовуються в різних галузях науки та техніки. Вони є незамінними в статистиці для аналізу економічних показників, у фінансовій математиці для прогнозування ринкових цін, у метеорології для передбачення погодних умов, у розумному транспорті для оптимізації маршрутів та управління трафіком, а також у багатьох інших сферах. Наприклад, у сфері розпізнавання образів часові ряди допомагають ідентифікувати патерни в послідовностях зображень або звуків, а в економетриці — аналізувати та моделювати економічні процеси.

Однією з основних переваг аналізу часових рядів є можливість передбачати майбутні значення на основі минулих даних. Це особливо актуально для фінансових ринків, включаючи ринок криптовалют, де зміни цін мають високу волатильність і значну непередбачуваність. За допомогою аналізу часових рядів можна виявити приховані закономірності та тренди, що допомагає робити більш обґрунтовані прогнози.

Для аналізу та прогнозування часового ряду, найчастіше використовуються:

Статистичні моделі:

- Метод ковзного середнього (Moving Average): використовується для згладжування короткострокових коливань та виявлення загальних трендів.
- Метод експоненціального згладжування (Exponential Smoothing): надає більшу вагу останнім спостереженням, що дозволяє швидше реагувати на зміни.
- ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average): поєднує автокореляційні та ковзні середні моделі, використовується для прогнозування стаціонарних часових рядів.
- GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity): моделює змінну волатильність ряду, що є важливим для фінансових даних.

Моделі машинного навчання:

- Лінійна регресія: використовується для виявлення лінійних залежностей між значеннями ряду та їх передбачення.

- Рекурентні нейронні мережі (RNN): підходять для аналізу послідовних даних, здатні зберігати інформацію про попередні стани.
- LSTM (Long Short-Term Memory): вдосконалений тип RNN, здатний зберігати інформацію протягом тривалих періодів і обробляти довгострокові залежності, що особливо важливо для прогнозування фінансових ринків.
- GRU (Gated Recurrent Unit): спрощений варіант LSTM, що також добре працює з послідовними даними, але з меншою обчислювальною складністю.
- Random Forest: ансамблевий метод, що використовує множину дерев рішень для підвищення точності прогнозів.
- Support Vector Machines (SVM): метод, що застосовується для класифікації та регресії, зокрема для прогнозування часових рядів.

В даній роботі ми розглянемо та застосуємо на практиці прогнозування за допомогою ARIMA та LSTM.

В статистиці та економетриці, зокрема в аналізі часових рядів, модель авторегресивного інтегрованого ковзного середнього (ARIMA) є узагальненням моделі авторегресивного ковзного середнього (ARMA). Обидві ці моделі використовуються для аналізу часових рядів, щоб краще зрозуміти дані або прогнозувати майбутні значення ряду. Моделі ARIMA застосовуються в тих випадках, коли дані демонструють ознаки нестационарності за середнім (але не за дисперсією або автоковаріацією). Для усунення нестационарності середнього (тобто тренду) може бути використаний початковий крок диференціювання, що відповідає інтегрованій частині моделі, який може бути застосований один або кілька разів. Коли в часовому ряді присутня сезонність, для усунення сезонного компонента може бути використане сезонне диференціювання.

Модель ARIMA складається з трьох частин: авторегресивної (AR), інтегрованої (I) та ковзного середнього (MA). [29] Авторегресивна частина вказує на те, що змінна, яка розглядається, регресується на своїх попередніх значеннях. Ковзна

середня частина вказує на те, що помилка регресії є лінійною комбінацією помилок, значення яких з'явилися як одночасно, так і в різні моменти в минулому. Інтегрована частина (I) вказує на те, що значення даних замінено різницями між їхніми значеннями та попередніми значеннями, причому цей процес диференціювання може бути виконаний більше одного разу. Метою кожної з цих складових є забезпечення максимальної відповідності моделі даним.

Несезонні моделі ARIMA зазвичай позначаються як

$$ARIMA(p,d,q), \quad (2.1)$$

де параметри p , d і q є невід'ємними цілими числами: p - порядок авторегресивної моделі, d - ступінь диференціювання (кількість разів, коли дані були піддані диференціюванню), і q - порядок моделі ковзного середнього.

Сезонні моделі ARIMA зазвичай позначаються як

$$ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)m, \quad (2.2)$$

де m - кількість періодів у кожному сезоні, а великі літери P , D і Q вказують на авторегресивні, диференціюючі та ковзні середні терміни для сезонної частини моделі ARIMA.

Коли два з трьох термінів дорівнюють нулю, модель може бути описана за допомогою ненульового параметра, виключаючи з акроніму "AR", "I" або "MA". Наприклад, $ARIMA(1,0,0)$ - це $AR(1)$, $ARIMA(0,1,0)$ - це $I(1)$, а $ARIMA(0,0,1)$ - це $MA(1)$.

Для оцінки моделей ARIMA часто використовують підхід Бокса-Дженкінса.

Стаціонарний часовий ряд має властивості, які не залежать від часу спостереження. Для широкозначно стаціонарного часового ряду середнє та дисперсія/автоковаріація залишаються постійними з часом. Диференціювання - це трансформація, яка застосовується до нестаціонарного часового ряду для приведення його до стаціонарного стану за середнім значенням (тобто для усунення неконстантного тренду). Сезонне диференціювання застосовується для усунення сезонного компонента в сезонному часовому ряді.

Щоб диференціювати дані, обчислюють різницю між послідовними спостереженнями. Математично це виглядає так:

$$y_t' = y_t - y_{t-1} \quad (2.3)$$

де:

y_t' — це диференційоване значення часового ряду в момент часу t ;

y_t — це спостережене значення часового ряду в момент часу t ;

y_{t-1} — це спостережене значення часового ряду в момент часу $t-1$.

Диференціювання усуває зміни рівня часового ряду, усуваючи тренд і сезонність, що стабілізує середнє значення часового ряду.

Іноді може знадобитися виконати диференціювання вдруге для отримання стаціонарного часового ряду, що називається диференціюванням другого порядку:

$$y_t'' = y_t' - y_{t-1}' = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2} \quad (2.4)$$

Іншим методом диференціювання є сезонне диференціювання, яке включає обчислення різниці між спостереженням і відповідним спостереженням у попередньому сезоні, наприклад, за рік. Це виражається так:

$$y_t' = y_t - y_{t-m} \quad (2.5)$$

де m - тривалість сезону.

Диференційовані дані потім використовуються для оцінки моделі ARMA.

Порядок p і q можна визначити за допомогою вибіркової автокореляційної функції (ACF), часткової автокореляційної функції (PACF) та/або розширеної автокореляційної функції (EACF). Інші альтернативні методи включають критерії AIC, BIC тощо.

Для визначення порядку несезонної моделі ARIMA корисним критерієм є інформаційний критерій Акаїке (AIC):

$$AIC = -2\log(L) + 2(p+q+k) \quad (2.6)$$

де L - ймовірність даних, p - порядок авторегресивної частини, q - порядок ковзного середнього, а k - інтерсепт моделі ARIMA.

Коригований AIC (AICc) для моделей ARIMA може бути записаний як:

$$AICc = AIC + 2(p+q+k)(p+q+k+1)T^{-p-q-k-1} \quad (2.7)$$

де T — кількість спостережень в часовому ряді.

Байєсівський інформаційний критерій (BIC) може бути записаний як:

$$BIC = AIC + ((\log T) - 2)(p+q+k) \quad (2.8)$$

Мета полягає в мінімізації значень AIC, AICc або BIC для отримання якісної моделі. Нижче значення одного з цих критеріїв для ряду моделей, що досліджуються, вказує на кращу відповідність моделі даним.

Модель ARIMA можна розглядати як "каскад" двох моделей. Перша - нестационарна:

$$Y_t = (1-L)dX_t \quad (2.9)$$

де, Y_t — це трансформоване значення часового ряду в момент часу t після диференціювання.

$(1-L)d$ — оператор диференціювання, який застосовується до часового ряду X_t

L — це лаг-оператор.

d — ступінь диференціювання, кількість разів, коли диференціювання було застосоване для усунення нестационарності.

а друга - стаціонарна:

$$(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i) Y_t = (1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i) \varepsilon_t \quad (2.10)$$

де, $\sum_{i=1}^p \phi_i L^i$ — оператор авторегресії, де p — порядок авторегресійної частини моделі, ϕ_i — параметри авторегресійної моделі, а L^i — лаг-оператор, піднятий до степеня i . $\sum_{i=1}^q \theta_i L^i$ — оператор ковзного середнього, де q — порядок частини ковзного середнього моделі, θ_i — параметри моделі ковзного середнього, а L^i — лаг-оператор, піднятий до степеня i .

ε_t — це випадкова похибка або білий шум в момент часу t . Похибки зазвичай вважаються незалежно ідентично розподіленими (iid) змінними з нульовим середнім значенням і постійною дисперсією.

Прогнози можна робити для процесу Y_t , використовуючи узагальнення методу авторегресивного прогнозування.

Інтервали прогнозування (довірчі інтервали для прогнозів) для моделей ARIMA базуються на припущеннях про те, що залишки некорельовані і нормально розподілені. Якщо будь-яке з цих припущень не виконується, інтервали прогнозування можуть бути неправильними.

Існує кілька варіацій моделей ARIMA. Якщо використовується декілька часових рядів, то X_t можна вважати векторами, і може бути доцільною модель VARIMA. Якщо підозрюється сезонний ефект у моделі, зазвичай краще використовувати сезонну модель ARIMA (SARIMA), ніж збільшувати порядок AR або MA частин моделі. Якщо часовий ряд має довготривалу залежність, параметр d може мати дробові значення в моделі авторегресивного фракційно інтегрованого ковзного середнього (FARIMA або ARFIMA).

В нейронних мережах, зокрема в аналізі часових рядів, Long Short-Term Memory (LSTM) є спеціальним типом рекурентної нейронної мережі (RNN), розробленим для вирішення проблеми зникаючих і вибухаючих градієнтів, що часто зустрічаються в стандартних RNN. LSTM здатні зберігати інформацію протягом тривалих періодів, що робить їх особливо корисними для завдань, де довгострокові залежності є важливими [30].

LSTM складається з блоків, які містять комірки пам'яті (memory cells) і три основні типи гейту (воріт):

1. Забуваючий гейт (forget gate): визначає, яку інформацію з попереднього стану слід забути.
2. Вхідний гейт (input gate): вирішує, яку нову інформацію слід зберегти в комірці пам'яті.
3. Вихідний гейт (output gate): визначає, яку інформацію з комірки пам'яті слід використовувати для обчислення поточного вихідного значення.

LSTM блокується наступним чином. На кожному часовому кроці t , вхідний вектор x_t , попередній прихований стан h_{t-1} і попередній стан комірки C_{t-1} використовуються для обчислення нового стану комірки C_t і прихованого стану h_t .

1. Забуваючий гейт:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (2.11)$$

де σ - функція активації сигмоїда, W_f - ваги забуваючого гейту, b_f - зсув забуваючого гейту.

2. Вхідний гейт:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i); \tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C) \quad (2.12)$$

де i_t - вхідний гейт, $\tilde{C}_t$ - новий кандидат на стан комірки, W_i - ваги вхідного гейту, W_C - ваги для нового стану комірки, b_i і b_C - відповідні зсуви.

3. Оновлення стану комірки:

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t \quad (2.13)$$

де $*$ - поелементне множення.

4. Вихідний гейт:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (2.14)$$

де o_t - вихідний гейт, W_o - ваги вихідного гейту, b_o - зсув вихідного гейту, h_t - новий прихований стан.

LSTM особливо корисні для задач, де існує необхідність врахування довготривалих залежностей у даних, наприклад, у фінансових ринках, де минулі ціни можуть впливати на майбутні. Основні кроки для застосування LSTM до прогнозування часових рядів включають:

1. Попередня обробка даних: нормалізація або стандартизація даних для забезпечення стабільності моделі.
2. Створення навчальних і тестових наборів: розбиття даних на набори для тренування та перевірки.
3. Побудова моделі LSTM: визначення архітектури моделі, включаючи кількість шарів LSTM та кількість нейронів у кожному шарі.

4. Навчання моделі: використання алгоритму оптимізації (наприклад, Adam) для мінімізації функції втрат (наприклад, середньоквадратичної помилки).
5. Оцінка моделі: перевірка точності моделі на тестовому наборі даних.
6. Прогнозування: використання навченої моделі для прогнозування майбутніх значень часових рядів.

За допомогою статистичних методів, таких як ARIMA та LSTM ми хочемо побудувати моделі прогнозування ціни Біткоїна та порівняти їх ефективність.

Робота виконувалась у середовищі Jupyter на мові програмування Python, використовуючи бібліотеки для обробки, аналізу, візуалізації даних, таких як Pandas, NumPy, matplotlib та інші (див. додаток А)

Датасет мав чотири колонки: Date (дата), Price (ціна), Volume (об'єм), Market_cap (капіталізація Біткоїна), візуалізація даних в таб. 2.1.

Таблиця 2.1 - Датасет для аналізу даних

	Date	Price	Volume	Market_cap
0	2024-05-17 00:00:00 UTC+0	67044.170137	1.265137e+10	1.320754e+12
1	2024-05-16 00:00:00 UTC+0	65233.066561	1.446720e+10	1.285045e+12
2	2024-05-15 00:00:00 UTC+0	66304.444883	1.862348e+10	1.306121e+12
3	2024-05-14 00:00:00 UTC+0	61566.438767	1.278238e+10	1.212761e+12
4	2024-05-13 00:00:00 UTC+0	62889.421019	1.415370e+10	1.238795e+12
...	...	...	...	...
5048	2010-07-22 00:00:00 UTC+0	0.058470	NaN	NaN
5049	2010-07-21 00:00:00 UTC+0	0.079193	NaN	NaN
5050	2010-07-20 00:00:00 UTC+0	0.074736	NaN	NaN
5051	2010-07-19 00:00:00 UTC+0	0.080800	NaN	NaN
5052	2010-07-18 00:00:00 UTC+0	0.085840	NaN	NaN

5053 rows × 4 columns

Розроблено автором на основі даних [26]

Для аналізу використовували колонки з датою та ціною.

Спочатку побудуємо загальний історичний графік ціни на Біткоїн:



Рисунок 2.9 - Історичний графік Біткоїна

Розроблено автором на основі даних [26]

Бачимо, що глобально, з моменту створення, Біткоїн виріс у тисячі разів та перебуває у висхідному тренді. Для нашої задачі, будемо використовувати дані про ціну за останні 5 років, починаючи з травня 2019 року:



Рисунок 2.10 - Графік Біткоїна за останні 5 років

Розроблено автором на основі даних [26]

Також, дані за останній рік будемо використовувати в якості тестового набору:



Рисунок 2.11 - Графік Біткоїна з визначенням тестового набору

Розроблено автором на основі даних [26]

Першим кроком для побудування ARIMA є перевірка на стаціонарність ряду. Якщо ряд не стаціонарний, треба зробити певні перетворення для приведення його у стаціонарний вигляд.

Тест Дікі-Фуллера (ADF) використовується для перевірки гіпотези про наявність одиничного кореня в часовому ряді, тобто для перевірки стаціонарності ряду. Нульова гіпотеза (H_0): Часовий ряд має одиничний корінь (є нестаціонарним). Альтернативна гіпотеза (H_1): Часовий ряд не має одиничного кореня (є стаціонарним).

Якщо значення p -value менше рівня значущості (зазвичай 0.05), ми відхиляємо нульову гіпотезу і робимо висновок, що ряд є стаціонарним.

Якщо значення p -value більше рівня значущості, ми не маємо підстав відхилити нульову гіпотезу, і робимо висновок, що ряд є нестаціонарним.

В нашому випадку, неозброєним оком можна помітити, що ряд нестаціонарний, що і підтверджує значення p -value ≈ 0.83 . Спочатку логарифмуємо ряд:



Рисунок 2.12 - Логарифмічний графік Біткоїна

Розроблено автором на основі даних [26]

Після перевірки на станціонарість маємо $p\text{-value} \approx 0.55$, що знову нам не підходить. Наступним кроком ми проводимо диференціювання сезонних різниць та власних:

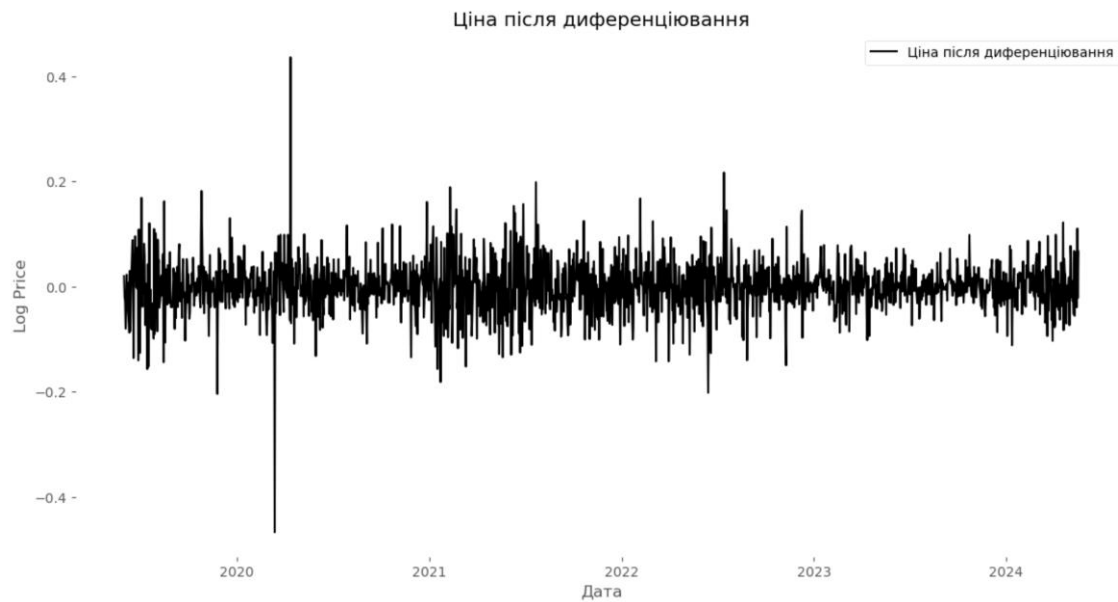


Рисунок 2.13 - Графік після диференціювання

Розроблено автором на основі даних [26]

Тепер часовий ряд більш схожий на білий шум, що і підтверджує тест Дікі-Фуллера – маємо $p\text{-value} < 0.001$

Далі, за допомогою імпортованого модуля «auto_arima», підберемо оптимальні параметри для нашої моделі.

```

Performing stepwise search to minimize aic
ARIMA(2,0,2)(1,0,1)[30] intercept : AIC=inf, Time=9.14 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[30] intercept : AIC=-4525.660, Time=0.08 sec
ARIMA(1,0,0)(1,0,0)[30] intercept : AIC=-4905.381, Time=2.74 sec
ARIMA(0,0,1)(0,0,1)[30] intercept : AIC=inf, Time=4.28 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[30] intercept : AIC=-4527.605, Time=0.04 sec
ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[30] intercept : AIC=-4527.202, Time=0.04 sec
ARIMA(1,0,0)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5066.918, Time=19.98 sec
ARIMA(1,0,0)(2,0,1)[30] intercept : AIC=inf, Time=27.26 sec
ARIMA(1,0,0)(1,0,1)[30] intercept : AIC=inf, Time=5.12 sec
ARIMA(0,0,0)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5065.686, Time=11.98 sec
ARIMA(2,0,0)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5065.560, Time=22.39 sec
ARIMA(1,0,1)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5066.408, Time=13.17 sec
ARIMA(0,0,1)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5066.783, Time=11.36 sec
ARIMA(2,0,1)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5063.556, Time=22.48 sec
ARIMA(1,0,0)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5068.742, Time=3.13 sec
ARIMA(1,0,0)(1,0,0)[30] intercept : AIC=-4907.219, Time=0.68 sec
ARIMA(1,0,0)(2,0,1)[30] intercept : AIC=inf, Time=20.11 sec
ARIMA(1,0,0)(1,0,1)[30] intercept : AIC=inf, Time=3.99 sec
ARIMA(0,0,0)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5067.524, Time=2.22 sec
ARIMA(2,0,0)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5067.390, Time=3.39 sec
ARIMA(1,0,1)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5068.238, Time=3.54 sec
ARIMA(0,0,1)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5068.607, Time=2.84 sec
ARIMA(2,0,1)(2,0,0)[30] intercept : AIC=-5065.386, Time=4.62 sec

Best model: ARIMA(1,0,0)(2,0,0)[30]
Total fit time: 194.689 seconds
ARIMA(1,0,0)(2,0,0)[30]

```

Рисунок 2.14 - Знаходження оптимальних параметрів

Розроблено автором на основі даних [26]

Модель ARIMA, яку auto_arima визначив як найкращу на основі критерію Акаїке (AIC), це ARIMA(1,0,0)(2,0,0)[26]. Ця модель враховує сезонність із періодом 30 днів. Також, провівши аналіз результатів цієї моделі, маємо такі висновки:

- ar.L1: Коефіцієнт авторегресії на першому лагу (L1) є негативним (-0.0465) з p-value 0.046, що свідчить про статистичну значущість на рівні 5%.
- ar.S.L30: Сезонний авторегресійний коефіцієнт на 30-денному лагу (L30) є дуже значущим (-0.6341) з p-value < 0.0001.
- ar.S.L60: Сезонний авторегресійний коефіцієнт на 60-денному лагу (L60) також є дуже значущим (-0.3295) з p-value < 0.0001.
- sigma2: Дисперсія залишків (0.0019) є дуже малою і статистично значущою з p-value < 0.0001.

Модель $ARIMA(1,0,0)(2,0,0)[26]$ є адекватною для прогнозування, зважаючи на її низькі значення AIC та BIC, а також статистично значущі коефіцієнти.

Настав час побудувати прогноз. Також, до графіка додамо 100-денну ковзну середню (MA100) для виявлення основного довгострокового тренду:

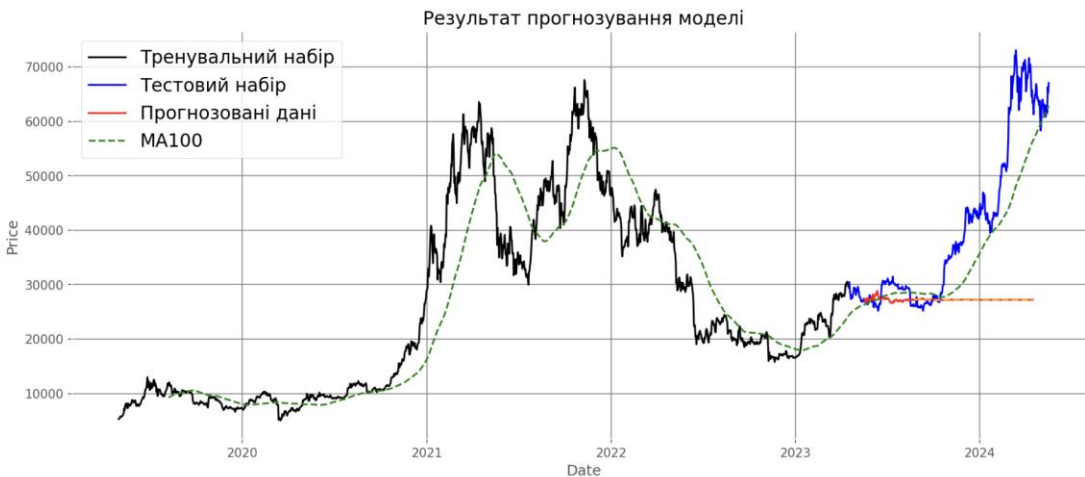


Рисунок 2.15 - Результати прогнозування моделі ARIMA

Розроблено автором на основі даних [26]

Бачимо, що прогноз вийшов не дуже точним, але подивимось на метрики для оцінки точності моделі:

Середня абсолютна помилка (MAE): 12229.238316760968
 Корінь середньоквадратичної помилки (RMSE): 18196.184321963377
 Середня абсолютна відносна помилка (MAPE): 0.24357938972806467
 Точність (Assigasy): 0.7564206102719353

Рисунок 2.16 - Оцінка точності ARIMA

Розроблено автором на основі даних [26]

MAE вказує на середню абсолютну різницю між фактичними та прогнозованими значеннями. В даному випадку середня абсолютна помилка складає приблизно 12,229 доларів. MAPE вказує на середню абсолютну відносну помилку між фактичними та прогнозованими значеннями, виражену у відсотках. В даному випадку

MARE складає приблизно 24.36%, що означає, що середня відносна помилка складає 24.36%. Ассигасу в даному випадку обчислюється як $1 - \text{MARE}$. Це показник точності моделі, який становить приблизно 75.64%. Метрики свідчать про те, що модель може бути корисною для середньострокового прогнозування, але можуть бути необхідні додаткові покращення для підвищення точності прогнозів, або використання інших методів машинного навчання.

Перший крок у побудові моделі LSTM - це масштабування даних. Це важливо для забезпечення стабільної роботи нейронної мережі. Використаємо імпортований модуль «MinMaxScaler» для масштабування цін біткоїна в діапазон від 0 до 1.

Для прогнозування цін на Біткоїн ми використовуємо метод ковзного вікна. Це означає, що ми беремо певну кількість попередніх значень (в нашому випадку 60 днів) і використовуємо їх для прогнозування наступного дня. Після налаштування розміру вікна, можна будувати модель.

Для прогнозування цін на біткоїн ми використовуємо модель LSTM з наступною архітектурою (див. додаток Б):

- Три шари LSTM з 64 нейронами в кожному шарі
- Шари Dropout після кожного шару LSTM з ймовірністю 0.2
- Один шар Dense з 32 нейронами та softmax
- Вихідний шар Dense з 1 нейроном

Навчання моделі:

- Використання алгоритму оптимізації Adam
- Мінімізація середньоквадратичної помилки
- Навчання протягом 150 епох з розміром пакета 32

Навчання моделі відбувалося успішно з досягненням низького значення функції втрат (loss) як на тренувальному, так і на валідаційному наборах. Зробимо прогнозування та виведемо результат:



Рисунок 2.17 - Результати прогнозування моделі LSTM

Розроблено автором на основі даних [26]

Бачимо, що ця модель відпрацювала значно краще, і прогнозовані дані більш відповідають реальним. Метрики оцінювання моделі:

Середня абсолютна помилка (MAE): 0.027977907385054922
 Корінь середньоквадратичної помилки (RMSE): 0.04204848100380638
 Середня абсолютна відносна помилка (MAPE): 0.045566138756853815
 Точність (Accuracy): 0.9544338612431462

Рисунок 2.18 - Оцінка точності LSTM

Розроблено автором на основі даних [26]

Модель LSTM показала високу точність прогнозів на тестовому наборі даних. Низькі значення MAE та RMSE свідчать про те, що модель добре узгоджується з фактичними даними. Низьке значення MAPE та висока точність (понад 95%) підкреслюють ефективність моделі для прогнозування цін на Біткоїн.

Порівняємо результати роботи двох моделей, результати наведені в таб.2.2:

Таблиця 2.2 - Порівняння результатів роботи моделей

	ARIMA	LSTM
MAE	12,229.24	0.02798
RMSE	18,196.18	0.04205
MAPE	24.36%	4.56%
Точність	75.64%	95.44%

Розроблено автором на основі даних [26]

Модель LSTM виявилася значно точнішою для конкретно задачі прогнозування цін на Біткоїн, показуючи менші значення MAE, RMSE та MAPE порівняно з моделлю ARIMA. Висока точність та гнучкість LSTM робить її придатною для прогнозування складних часових рядів, особливо коли дані є нестабільними. Однак, ARIMA моделі можуть бути корисними для простих задач прогнозування, особливо коли дані є стаціонарними або можуть бути легко перетворені на стаціонарні. ARIMA моделі також мають перевагу простоти реалізації та інтерпретації, що може бути корисним у деяких контекстах.

Отже, вибір моделі залежить від конкретної задачі, типу даних та вимог до точності прогнозування. Для складних, нелінійних задач з нестабільними даними модель LSTM є більш підходящою, тоді як для простих, лінійних задач ARIMA може бути достатньо.

2.3 Технічний аналіз

Технічний аналіз – це торговельна дисципліна, яка використовується для оцінки інвестицій і виявлення торгових можливостей шляхом аналізу статистичних тенденцій, отриманих з торгової активності, таких як рух цін і обсяги торгів. На

відміну від фундаментального аналізу, який намагається оцінити вартість цінного паперу на основі бізнес-результатів, таких як продажі та прибутки, технічний аналіз зосереджується на вивченні цінових і об'ємних показників.

Технічний аналіз використовується для оцінки інвестицій і виявлення торгових можливостей на основі аналізу цінових тенденцій і патернів, видимих на графіках. Технічні аналітики вважають, що минула торгова активність і зміни цін активу можуть бути цінними індикаторами майбутніх цінових рухів цього активу. Технічний аналіз може бути протиставлений фундаментальному аналізу, який зосереджується на фінансових показниках проектів, а не на історичних цінових патернах або тенденціях акцій або криптовалют.

Сучасний технічний аналіз був вперше представлений Чарльзом Доу і теорією Доу в кінці 1800-х років. Кілька видатних дослідників, таких як Вільям П. Гамільтон, Роберт Реа, Едсон Гулд і Джон Мегі, далі розвинули концепції теорії Доу, допомагаючи сформувати її основу. Сьогодні технічний аналіз еволюціонував і включає сотні патернів і сигналів, розроблених протягом багатьох років досліджень.

Професійні аналітики часто використовують технічний аналіз у поєднанні з іншими формами досліджень. Технічний аналіз можна застосовувати до будь-якого цінного паперу з історичними торговими даними, включаючи акції, ф'ючерси, товари, фіксований дохід, валюти, криптовалюту та інші активи. Фактично, технічний аналіз набагато поширеніший на товарних і форекс-ринках, де трейдери зосереджуються на короткострокових цінових рухах.

Технічний аналіз спочатку був розроблений для традиційних фінансових ринків, але його принципи виявилися надзвичайно корисними для ринку криптовалют, який характеризується високою волатильністю і значними ціновими коливаннями. Криптовалютні трейдери використовують технічний аналіз для визначення оптимальних точок входу і виходу з ринку, аналізу ринкових тенденцій і прогнозування можливих цінових рухів. [31]

Оскільки криптовалютний ринок працює 24/7 без перерв, технічний аналіз стає ще більш важливим інструментом для трейдерів. Графічні патерни, такі як трикутники, голови та плечі, подвійні вершини та низи, часто використовуються для прогнозування майбутніх цінових рухів. Технічні індикатори, такі як ковзні середні, осцилятори, індекс відносної сили (RSI) та MACD, допомагають трейдерам ідентифікувати можливі зміни трендів та перевіряти силу ринку.

Технічний аналіз базується на кількох основних припущеннях:

- Ринок дисконтуює все: Технічні аналітики вважають, що все – від фундаментальних показників компанії до широких ринкових факторів і ринкової психології – вже враховано в ціні активу. Тому основним завданням залишається аналіз рухів цін.
- Ціна рухається в трендах: Технічні аналітики очікують, що ціни, навіть у випадкових ринкових рухах, будуть демонструвати тренди незалежно від обраного часового інтервалу. Більшість технічних торгових стратегій базується на цьому припущенні.
- Історія має тенденцію повторюватися: Технічні аналітики вірять, що історія має тенденцію повторюватися. Ця повторюваність цінових рухів часто пояснюється ринковою психологією, яка є дуже передбачуваною на основі емоцій, таких як страх або захоплення.

Фундаментальний аналіз і технічний аналіз є двома основними школами думки при аналізі ринків. Фундаментальний аналіз намагається оцінити вартість активу, аналізуючи фінансові звіти компанії та інші фундаментальні показники. Технічний аналіз, навпаки, зосереджується на цінових графіках, щоб визначити патерни та тенденції, які можуть підказати, що робитиме актив у майбутньому.

Технічний аналіз має свої обмеження. Наприклад, історичні дані можуть не завжди точно прогнозувати майбутні рухи, і ринки можуть поводитися непередбачувано. Крім того, деякі критики вважають, що технічний аналіз працює

тільки тому, що трейдери створюють самоздійснювані пророцтва, коли велика кількість учасників ринку діє за однаковими сигналами.

Проте, незважаючи на ці обмеження, технічний аналіз залишається популярним інструментом серед трейдерів, особливо на криптовалютних ринках, де волатильність створює численні можливості для короткострокових угод. Застосування технічного аналізу дозволяє трейдерам краще розуміти ринкові тенденції, приймати обґрунтовані рішення та знижувати ризики.

2.4 Порівняння методів прогнозування та висновки

У даному розділі ми розглянули три основні підходи до аналізу та прогнозування ринку криптовалют: фундаментальний аналіз, аналіз статистичними методами та технічний аналіз. Кожен з цих методів має свої унікальні особливості, переваги та обмеження, що дозволяє отримати комплексне уявлення про ринок і зробити обґрунтовані інвестиційні рішення.

Фундаментальний аналіз є ключовим інструментом для оцінки внутрішньої вартості криптовалют, враховуючи економічні, фінансові та інші якісні й кількісні фактори. Він дозволяє зрозуміти загальні ринкові та макроекономічні тенденції, такі як ринкові цикли, інфляція та процентні ставки, які можуть суттєво впливати на вартість криптовалют. Аналіз фінансових показників та стану ринку, таких як ринкова капіталізація, ліквідність, емісія та токеноміка, надає важливу інформацію для оцінки поточного стану та перспектив криптовалютних проєктів. Оцінка метрик та інфраструктури, таких як блокчейн, кількість активних користувачів, активність розробників та обсяг заблокованих коштів, допомагає визначити життєздатність та потенціал розвитку криптовалютних проєктів.

Статистичні методи, такі як ARIMA та LSTM, використовуються для прогнозування цін на криптовалюту, аналізуючи часові ряди даних. Модель ARIMA дозволяє враховувати сезонні компоненти та нестационарні дані, забезпечуючи

адекватні прогнози для стаціонарних часових рядів. Проте, для більш складних і нелінійних задач прогнозування, таких як ринок криптовалют, модель LSTM виявилася значно точнішою. Вона дозволяє зберігати інформацію про довгострокові залежності та обробляти послідовні дані, що забезпечує високу точність прогнозів. Порівняння результатів двох моделей показало, що для наведеної задачі LSTM є більш ефективною для прогнозування цін.

Технічний аналіз є дисципліною, яка використовується для оцінки інвестицій і виявлення торгових можливостей на основі аналізу цінових тенденцій та патернів. Він базується на припущенні, що минула торгова активність і зміни цін можуть бути цінними індикаторами майбутніх цінових рухів. Технічний аналіз є особливо корисним для короткострокового трейдингу, дозволяючи трейдерам визначати оптимальні точки входу та виходу з ринку. Основні припущення технічного аналізу включають ринкову ефективність, тенденції цін та повторюваність історії. Технічний аналіз криптовалютних ринків, зокрема, допомагає трейдерам використовувати високу волатильність для отримання прибутку, аналізуючи графічні патерни та індикатори.

Застосування комплексного підходу до аналізу ринку криптовалют, який включає фундаментальний аналіз, статистичні методи та технічний аналіз, дозволяє отримати більш точні прогнози та обґрунтовані інвестиційні рішення. Кожен з розглянутих методів має свої переваги та може бути ефективно використаний залежно від конкретних умов та цілей аналізу. Фундаментальний аналіз надає загальну картину ринку та оцінює внутрішню вартість активів, статистичні методи дозволяють моделювати та прогнозувати майбутні ціни на основі історичних даних, а технічний аналіз допомагає визначити оптимальні торгові стратегії на основі цінових тенденцій та патернів. Разом ці методи забезпечують глибоке розуміння ринку криптовалют і допомагають інвесторам приймати більш обґрунтовані рішення.

РОЗДІЛ 3

СПРИЙНЯТТЯ СВІТОВОЮ СПІЛЬНОТОЮ НОВОЇ ФОРМИ АКТИВІВ ТА МОЖЛИВІ ПРОБЛЕМИ

3.1 Глобальні тенденції та перспективи прийняття цифрових активів

На сьогоднішній день, ринок цифрових активів продовжує демонструвати швидке зростання і збільшення прийняття по всьому світу. Станом на початок 2024 року загальна ринкова капіталізація криптовалют перевищує \$1.6 трильйона. Не дивно, що по всьому світі гостро стоїть питання прийняття та регуляції криптовалют.

Наразі, вже дві країни прийняли Біткоїн як платіжний засіб. Ель-Сальвадор став першою країною у світі, яка прийняла біткоїн як законний платіжний засіб. 7 вересня 2021 року набув чинності закон, який надає біткоїну статус законного платіжного засобу поряд із доларом США. Це рішення було ініційоване президентом країни Наїбом Букеле, який стверджував, що такий крок допоможе покращити економіку, полегшити доступ до банківських послуг для населення та стимулювати іноземні інвестиції. Використання біткоїна також сприяє зниженню витрат на перекази, що є важливим для країни, де перекази становлять значну частину ВВП. [32]

Центральноафриканська Республіка стала другою країною, яка прийняла біткоїн як законний платіжний засіб у квітні 2022 року. ЦАР, багата на природні ресурси, такі як золото і діаманти, має економіку розміром \$2.3 мільярда, але низький рівень фінансової інклюзії. Використання біткоїна було частиною зусиль країни щодо підвищення фінансової інклюзії та зниження витрат на перекази. Крім біткоїна, ЦАР також оголосила, що 20% державного казначейства буде зберігати Sango Coin, цифрова валюта, яка відображає стан природних ресурсів країни. [33]

На якому етапі прийняття цифрових активів в інших державах світу? З цією метою, спеціалісти з Chainalysis (американська фірма, що займається аналізом даних

у блокчейні) підготували звіт [34], у якому вони ввели «глобальний індекс прийняття криптовалют» (Global Crypto Adoption Index). Індекс Chainalysis включає п'ять підіндексів, які аналізують обсяги транзакцій на централізованих біржах, P2P-обміни та DeFi-протоколи. Підіндекси нормалізовані відповідно до купівельної спроможності та чисельності населення кожної країни, що дозволяє враховувати економічні відмінності (лідери наведені в таб.3.1) (Додаток В).

Таблиця 3.1 - Перші 10 країн за Adoption Index

Країна	Періон	Загальний рейтинг	Рейтинг за обсягом отриманих централізованих сервісів	Рейтинг за обсягом отриманих роздрібних централізованих сервісів	Рейтинг за обсягом торгівлі на P2P обмінах	Рейтинг за обсягом отриманих DeFi сервісів	Рейтинг за обсягом отриманих роздрібних DeFi сервісів
India	Central & So	1	1	1	5	1	1
Nigeria	Sub-Saharan	2	3	2	1	4	4
Vietnam	Central & So	3	4	4	2	3	3
United State	North Americ	4	2	8	12	2	2
Ukraine	Eastern Euro	5	5	3	11	10	10
Philippines	Central & So	6	6	6	19	7	7
Indonesia	Central & So	7	13	13	14	5	5
Pakistan	Central & So	8	7	7	9	20	20
Brazil	Latin Americ	9	9	11	15	11	11
Thailand	Central & So	10	8	15	44	6	6

Розроблено автором на основі даних [34]

- Індія: Посіла перше місце завдяки високому обсягу транзакцій на централізованих біржах та активному використанню P2P-платформ.
- Нігерія: Займає другу позицію, демонструючи значне використання криптовалют для переказів та зберігання вартості.
- В'єтнам: Третє місце з високим рівнем прийняття DeFi та централізованих бірж.
- США: Четверте місце завдяки значним обсягам транзакцій на централізованих біржах та активному використанню DeFi.
- Україна: П'яте місце з активним використанням P2P-обмінів та централізованих бірж.

Центральна та Південна Азія та Океанія (CSAO) домінують у верхніх рядках індексу. Шість із десяти країн, що посідають найвищі місця, знаходяться в цьому

регіоні. Кожна країна CSAO має унікальні обставини, які впливають на прийняття криптовалют, що призводить до різних тенденцій використання та популярності сервісів.

На глобальному рівні прийняття криптовалют знизилося порівняно з піковими значеннями. Як показано на графіку (див рис.), що використовує методологію Adoption Index, прийняття криптовалют знизилося після пікового періоду в третьому кварталі 2020 року, хоча спостерігається часткове відновлення після краху FTX у кінці 2022 року. Загальне зниження свідчить про те, що криптовалюти стали менш популярними у багатьох країнах (рис.3.1).



Рисунок 3.1 - Глобальний індекс прийняття з 2020 року [34]

Однак є один сегмент країн, де прийняття криптовалют продовжує зростати — це країни з нижчим середнім рівнем доходів (LMI). До категорії LMI, за класифікацією Світового банку, належать країни з валовим національним доходом (GNI) на душу населення від \$1,086 до \$4,255. Прикладами таких країн є Індія, Нігерія та Україна.

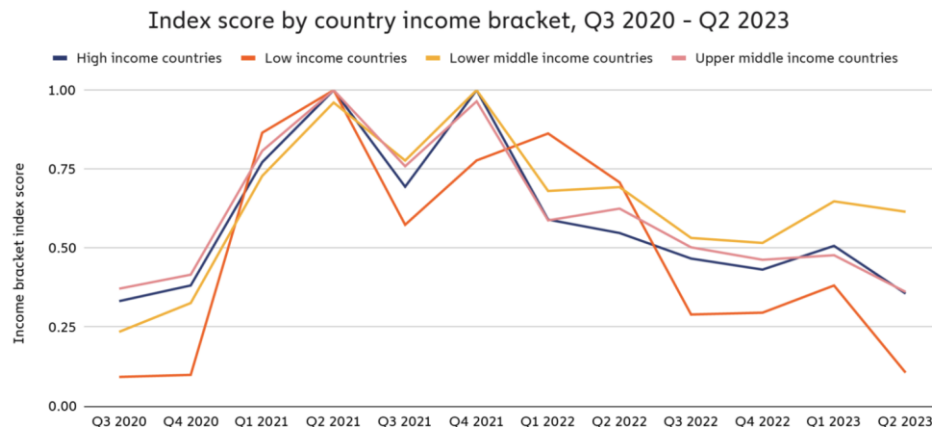


Рисунок 3.2 - Глобальний індекс прийняття сегментований по рівню доходу

Однією з основних причин зростання прийняття криптовалют у країнах LMІ є значний економічний розвиток, який багато з цих країн зазнали за останні десятиліття. Вони піднялися з категорії країн з низьким рівнем доходів, що сприяло підвищенню рівня життя та збільшенню економічної активності. Криптовалюти також відіграють важливу роль у фінансовій інклюзії, надаючи доступ до фінансових послуг людям, які раніше були виключені з традиційної фінансової системи. Це особливо важливо у країнах з великим нерозвиненим банківським сектором, де криптовалюти можуть слугувати альтернативним способом доступу до фінансів.

Крім того, у країнах з великою кількістю грошових переказів, криптовалюти дозволяють значно знизити витрати на ці перекази. Це є вагомим чинником для багатьох сімей, що залежать від переказів грошей з-за кордону. Варто також зазначити, що 40% світового населення живуть у країнах LMІ, що робить цей сегмент важливим для майбутнього криптовалют. Такий великий демографічний сегмент означає, що вплив криптовалют у цих країнах може мати значний глобальний ефект, сприяючи їх подальшому поширенню та інтеграції у світову економіку.

10 січня 2024 року SEC схвалила 11 спотових біткоїн ETF, які можемо побачити в таб. 3.2 [35] :

Таблиця 3.2 – Список прийнятих Біткоїн ETF

Назва спотового Bitcoin ETF	Коефіцієнт витрат (Expense Ratio)	Відмова від комісійних зборів (Fee Waiver)
ARK 21Shares Bitcoin ETF (ARKB)	0.21%	0% комісія протягом шести місяців (або до досягнення \$1 мільярда в активах)
Bitwise Bitcoin ETF (BITB)	0.20%	0% комісія протягом шести місяців (або до досягнення \$1 мільярда в активах)
Fidelity Wise Origin Bitcoin Trust (FBTC)	0.25%	Комісії скасовані до 31 липня 2024 року
Franklin Bitcoin ETF (EZBC)	0.19%	0% комісія до 2 серпня 2024 року (або до досягнення \$10 мільярдів в активах)
(GBTC)	1.50%	Без відмови від комісійних зборів
(DEFI)	0.90%	Без відмови від комісійних зборів
Invesco Galaxy Bitcoin ETF (BTCO)	0.25%	0% комісія протягом шести місяців (або до досягнення \$5 мільярдів в активах)
iShares Bitcoin Trust (IBIT)	0.25%	0.12% комісія протягом 12 місяців (або до досягнення \$5 мільярдів в активах)
(BRRR)	0.25%	0% протягом 3 місяців

Розроблено автором на основі даних Forbes

ETF (exchange-traded funds) - це тип цінних паперів, що відстежують певні активи або товарів. Спотовий біткоїн ETF - це ETF, що відстежує поточну ціну біткоїна. Кожна акція спотового біткоїна ETF забезпечена еквівалентною кількістю біткоїна, що робить фонд фактично забезпеченим біткоїном. Це значно полегшує інвесторам додавання біткоїна до своїх портфелів, оскільки їм не потрібно мати справу з біржовими рахунками, цифровими гаманцями, приватними ключами або мережею переказів.

Спотові ETF, такі як Біткоїн ETF, дозволяють створювати або викупати акції фонду на основі ринкового попиту, забезпечуючи доступ до поточної ціни біткоїна без необхідності володіти самим активом. ETF потім випускають акції, які представляють Біткоїни, що знаходяться у фонді. Ці акції оцінюються відповідно до поточної спотової ціни біткоїна і можуть торгуватися на традиційних фондових біржах. Спотові біткоїні ETF роблять процес купівлі та продажу активу, прив'язаного до поточної вартості біткоїна, значно простішим для роздрібних інвесторів та

трейдерів. Вони також надають інвесторам, які шукають можливість інвестувати у біткоїн через пенсійні рахунки.

Очікується, що прийняття спотових ETF на інші криптовалюти, такі як Ефіріум, сприятиме подальшому зростанню ринку цифрових активів. Прогнозується збільшення кількості регульованих фінансових продуктів, пов'язаних з криптовалютами, що сприятиме їх більшій інтеграції в традиційну фінансову систему. Це може призвести до ще більшого залучення інституційних інвесторів та стабілізації ринку.

Важливим аспектом є те, що SEC тепер чітко класифікує Біткоїн як цифровий товар. Це підвищує його регуляторну прозорість і легітимність, що забезпечує більшу впевненість у стабільності та регуляторній підтримці цього активу. Таке підтвердження є важливим кроком у напрямку інтеграції криптовалют у традиційні фінансові системи, сприяючи їх прийняттю не тільки серед приватних інвесторів, але й серед великих фінансових установ. Прийняття спотового ETF на Біткоїн також має потенціал для створення нових можливостей для фінансових продуктів, таких як інвестиційні фонди та деривативи, що базуються на Біткоїні. Це сприятиме подальшій диверсифікації інвестиційних стратегій та підвищенню загальної стабільності ринку цифрових активів.

CBDC - це цифрові валюти, що випускаються центральними банками. Їхня вартість прив'язана до офіційної валюти країни-емітента. CBDC є цифровою формою державної валюти, яка не прив'язана до фізичного товару, як, наприклад, золото. Приклади центральних банків, які працюють з CBDC, включають Федеральну резервну систему США, Банк Японії, Народний банк Китаю (PBOC) та Німецький Бундесбанк.

Є різні моделі CBDC, які зараз випробовуються у різних країнах. Наприклад, у Східно-Карибському регіоні впроваджується модель на основі рахунків (DCash), де споживачі мають депозити безпосередньо у центральному банку. З іншого боку,

Китай реалізує пілотний проект e-CNY, який покладається на приватні банки для розповсюдження та обслуговування цифрових валютних рахунків.

Європейський центральний банк розглядає модель, де ліцензовані фінансові установи керують вузлами блокчейн-мережі для розподілу цифрового євро. У деяких країнах, таких як Ямайка (JAM-DEX) і Нігерія (eNaira), вже впроваджено CBDC, які використовуються для внутрішніх і міжкордонних платежів.

CBDC потенційно можуть зменшити витрати на фінансові послуги, зменшуючи необхідність у фізичній інфраструктурі. За оцінками, фінансові установи можуть щорічно економити до \$400 мільярдів. CBDCs можуть підвищити швидкість і ефективність електронних платіжних систем, зменшуючи час на обробку транзакцій. CBDCs можуть забезпечити доступ до фінансових послуг для людей, які раніше були виключені з традиційної банківської системи. Наприклад, у 2016 році було 1.6 мільярда [36] людей у світі без банківських рахунків. CBDCs, доступні навіть через мобільні пристрої, можуть збільшити фінансову інклюзію. Важливо, що регульована цифрова валюта може підвищити безпеку платежів, зменшуючи ймовірність шахрайства та забезпечуючи незворотність транзакцій.

Проблеми з технологічною стабільністю можуть вплинути на функціонування CBDC. Наприклад, у січні 2022 року цифрова версія DCash у Східно-Карибському регіоні була недоступна протягом двох місяців через технічні проблеми. Також, розробка інфраструктури для цифрових валют може виявитися більш витратною, ніж очікувані вигоди. Деякі країни, такі як Канада та Сінгапур, не знайшли сильних аргументів на користь впровадження CBDC на даний момент. Найголовнішим ризиком CBDC є те, що цифрові валюти, керовані державою, можуть піддаватися контролю та моніторингу, що викликає занепокоєння щодо конфіденційності та приватності користувачів. У той час як готівка забезпечує анонімність, CBDC можуть відстежуватися, що може стримувати деяких користувачів від їх використання.

Китай заборонив нерегульовані криптовалюти, але активно розвиває свій власний цифровий юань (e-CNY). Пілотний проект e-CNY, запущений у 2019 році, дозволяє користувачам здійснювати платежі через додатки та гарантії для урядових послуг, покупок, транспорту та інших повсякденних потреб. Кількість транзакцій і обсяг використання e-CNY швидко зростають, що демонструє потенційні переваги CBDC, такі як покращення фінансової інклюзії, підтримка процедур KYC (знай свого клієнта) та зниження витрат на відповідність вимогам для банків. За даними Народного банку Китаю (PBC), [37] до кінця 2021 року 261 мільйон людей створили електронний гаманець для e-CNY. Транзакції за допомогою цифрового юаня досягли 1.8 трильйона CNY (250 мільярдів доларів США), з загальним обсягом у 16.5 мільярдів CNY (2.25 мільярда доларів США) в обігу на кінець червня 2023 року (Cointelegraph). Незважаючи на швидкий обіг у економіці, частка цифрового юаня в загальному грошовому обігу (M0) становить лише 0.16%. Основною перешкодою для швидкого прийняття цифрового юаня є те, що китайське населення вже звикло використовувати приватні електронні платіжні платформи, такі як Alipay і WeChat Pay.

Криптовалютний ринок, хоч і надає значні можливості для інвесторів, стикається з численними ризиками, серед яких шахрайство, крадіжки та інші проблеми безпеки. Одним із найбільш відомих випадків шахрайства є крах криптовалотної біржі FTX у 2022 році. Біржа, яка колись вважалася однією з найбільших і найнадійніших, збанкрутувала після виявлення фінансових махінацій і невідповідностей у звітності. Це призвело до втрати мільярдів доларів інвесторів і серйозного підриву довіри до криптовалютного ринку. А засновник біржі Сем Бенкман-Фрід був позбавлений волі на 25 років, та зобов'язаний виплатити 11 мільярдів доларів США.

Крах FTX не є єдиним прикладом нестабільності на криптовалютному ринку. Існують й інші приклади бірж, що зазнали невдачі через зломи та внутрішні

шахрайства. Наприклад, у 2014 році Mt. Gox, колись найбільша біткоїн-біржа, оголосила про банкрутство після втрати приблизно 850 000 біткоїнів через злом. Інвестори вже близько 10 років чекають на відшкодування.

Варто зазначити, що відсутність чітких і всеосяжних регуляторних рамок також є серйозною проблемою для криптовалютного ринку. Багато країн все ще не мають конкретних законів або регуляцій для криптовалют, що створює невизначеність для інвесторів і компаній. Крім того, через децентралізований характер криптовалют їх важко контролювати, що створює сприятливі умови для незаконних дій, таких як відмивання грошей та фінансування тероризму.

3.2 Прийняття цифрових активів в Україні

Україна демонструє активний інтерес до цифрових активів та технологій блокчейн. За останні кілька років країна стала одним з лідерів у прийнятті криптовалют у Східній Європі. Високий рівень цифрової грамотності населення та потреба в альтернативних фінансових інструментах сприяють зростанню популярності криптовалют. У вересні 2021 року Верховна Рада України ухвалила закон "Про віртуальні активи" [38], що регулює обіг криптовалют та інших цифрових активів у країні. Закон визначає правовий статус віртуальних активів, права та обов'язки учасників ринку, а також засади державного регулювання цієї сфери. Закон покликаний створити прозорі умови для розвитку криптовалютного ринку та надати юридичний статус поняттю віртуального активу, що повинно потенційно надати громадянину право та його захист на цифрові активи та створити сприятливі умови для оподаткування. [39]

Але існують певні недоліки. Хоча закон визначає правовий статус віртуальних активів, він не вирішує питання оподаткування операцій з криптовалютами. Закон встановлює жорсткі вимоги до постачальників послуг, пов'язаних з віртуальними активами, включаючи вимоги до статутного капіталу та отримання дозволів від

державних органів. Це може ускладнити входження нових гравців на ринок і обмежити конкуренцію [40]. Також, закон може не забезпечити достатньо сприятливих умов для міжнародних криптовалютних бірж та компаній, що бажають працювати в Україні. Деякі експерти вважають, що закон був прийнятий під тиском міжнародних фінансових організацій, що може вплинути на його ефективність і сприйняття серед місцевих учасників ринку.

Національний банк України також досліджує можливість випуску власної цифрової валюти – цифрової гривні на базі блокчейну Stellar [41]. Цей проект має на меті підвищити ефективність платіжної системи та забезпечити додаткові інструменти для монетарної політики. НБУ вже провів кілька пілотних проектів для оцінки можливостей та ризиків впровадження цифрової гривні.

Перш за все, не дивлячись на високу цифрову грамотність населення, все одно існує проблема недостатньої обізнаності населення в питанні про цифрові активи. За даними дослідження Gradus, лише від 5 до 12 % населення стикались з криптовалютами або блокчейном, з них 20% - люди до 25 років [42]. Виходить, що багато громадян не мають достатньої інформації про те, що таке криптовалюти, як вони працюють, які є переваги та ризики їх використання. Це призводить до низького рівня довіри до криптовалют та обмеженого їх використання.

Серед шляхів вирішення цієї проблема, можу запропонувати проведення інформаційних кампаній та навчальних програм. Освітні програми можуть включати семінари та вебінари, курси у навчальних закладах, спеціалізовані тренінги. Створення та підтримка офіційних інформаційних ресурсів є ще одним важливим кроком для підвищення обізнаності населення. Важливо звернути увагу на міжнародний досвід, де освітні програми та інформаційні ресурси успішно сприяли підвищенню обізнаності про криптовалюти. Наприклад, у США та Європі активно проводяться курси та тренінги з криптовалют у вищих навчальних закладах, а також створені спеціалізовані інформаційні платформи, що сприяють обізнаності громадян.

Одна з найбільших проблем для масового прийняття криптовалют в Україні - це відсутність довіри до регуляторних органів. Недовіра до інституцій, що регулюють криптовалютний ринок, обмежує можливості для інвесторів та користувачів криптовалют. Багато громадян сумніваються у здатності держави ефективно регулювати цей новий фінансовий сектор, що створює бар'єри для його розвитку.

Забезпечення прозорості у розробці та впровадженні регуляторних норм є критично важливим для підвищення довіри до регуляторних органів. Прозорі та відкриті процеси допоможуть громадянам краще розуміти механізми регулювання та забезпечити більшу участь у цих процесах. Також, вдосконалення законодавчої бази для забезпечення захисту прав інвесторів та користувачів криптовалют є необхідним кроком для підвищення довіри до регуляторних органів.

Серед прикладів подібних успішних ініціатив, наприклад, у Швейцарії та Сінгапурі були впроваджені прозорі регуляторні рамки, які залучають громадськість до процесу розробки законодавства та забезпечують високий рівень захисту інвесторів.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі були досягнуті наступні результати. Проведено детальний аналіз історії створення та еволюції цифрових активів, починаючи від ранніх концепцій цифрових грошей до сучасних криптовалют. Визначено основні класи цифрових активів, зокрема взаємозамінні криптоактиви, NFT, стейблкоїни та центральні банківські цифрові валюти (CBDC).

Проаналізовано фундаментальний, технічний та статистичний методи прогнозування, що дозволяє систематизувати інформацію про ринок та створити прогнозні моделі. Проведено порівняння методів прогнозування та зроблено висновки про їх ефективність у контексті високої волатильності ринку криптовалют. Досліджено глобальні тенденції та перспективи прийняття цифрових активів, включаючи регулювання та легітимізацію. Виявлено основні проблеми та виклики, пов'язані з розвитком цифрових активів, такі як регуляторні бар'єри, технологічні ризики та питання безпеки. Розглянуто прийняття цифрових активів в Україні, що знаходиться на стадії інтенсивного розвитку та інтеграції у фінансову інфраструктуру. Практичні рекомендації, запропоновані в роботі, включають поради для інвесторів, регуляторів, розробників та підприємців. Інвесторам рекомендується використовувати комбінацію фундаментального, технічного та статистичного аналізу для прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень, враховувати високу волатильність ринку криптовалют та застосовувати стратегії хеджування для зниження ризиків. Регуляторам слід здійснювати моніторинг та адаптацію законодавства для забезпечення безпеки та прозорості ринку криптовалют, а також співпрацювати з міжнародними організаціями для створення гармонізованих регуляторних стандартів. Подальші дослідження мають зосереджуватися на аналізі ринкових циклів та розвитку сектору криптовалют для визначення більш точних патернів та прогнозування майбутніх трендів. Важливим є дослідження впливу

глобальних макроекономічних показників на ринок криптовалют для розробки ефективних стратегій управління активами. Також слід впроваджувати новітні технології машинного навчання та штучного інтелекту для покращення точності прогнозування цін цифрових активів.

Ця робота закладає основу для глибшого розуміння ринку криптоактивів та пропонує практичні рекомендації для всіх зацікавлених сторін у контексті глобальної цифрової трансформації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Landrock, P. Mondex. In: van Tilborg, H.C.A. Encyclopedia of Cryptography and Security. Springer, Boston, MA, 2005
2. CyberCash: a part of the history of online payments. MoreBusiness.com. URL: <https://www.morebusiness.com/d912805488/> (date of access: 20.05.2024).
3. Diffie W., Hellman M. New directions in cryptography. IEEE transactions on information theory, 1976. Vol. 22, no. 6. P. 644–654. URL: <https://doi.org/10.1109/tit.1976.1055638> (date of access: 20.05.2024).
4. Beck A. Hashcash - A denial of service counter-measure. Hashcash.org. URL: <http://www.hashcash.org/papers/hashcash.pdf> (date of access: 20.05.2024).
5. Nakamoto S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system. SSRN electronic journal. 2008. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3440802 (date of access: 20.05.2024).
6. Blockchain.com explorer | BCH | ETH | BCH. URL: <https://www.blockchain.com/explorer/blocks/btc/0> (date of access: 20.05.2024).
7. Pizza for bitcoins?. Bitcoin Forum - Index. URL: <https://bitcointalk.org/index.php?topic=137.msg1195#msg1195> (date of access: 20.05.2024).
8. Namecoin. Namecoin. URL: <https://www.namecoin.org/> (date of access: 20.05.2024).
9. Litecoin LTC whitepapers - whitepaper.io. Whitepaper.io - Search and find all whitepapers on whitepaper.io. URL: <https://whitepaper.io/document/683/litecoin-whitepaper> (date of access: 20.05.2024).
10. Global Payments & Financial Solutions for Businesses | Ripple. URL: https://ripple.com/files/ripple_consensus_whitepaper.pdf (дата звернення: 20.05.2024).

11. The Dogecoin Manifesto. Home- Dogecoin Foundation. URL: <https://foundation.dogecoin.com/manifesto/> (date of access: 20.05.2024).
12. Buterin V. Home | ethereum.org. URL: https://ethereum.org/content/whitepaper/whitepaper-pdf/Ethereum_Whitepaper_-_Buterin_2014.pdf (date of access: 20.05.2024).
13. Buterin V. Proof-of-stake (pos) | ethereum.org. ethereum.org. URL: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/> (date of access: 20.05.2024).
14. Tether. Whitepaper. URL: <https://assets.ctfassets.net/vyse88cgwfb1/5UWgHMvz071t2Cq5yTw5vi/c9798ea8db99311bf90ebe0810938b01/TetherWhitePaper.pdf> (date of access: 20.05.2024).
15. Gasiak I. NFT – це не майбутнє, це вже сучасність. Na chasi. URL: <https://nachasi.com/crypto/2022/01/20/nft-tse-ne-majbutnye-tse-vzhe-suchasnist-davajte-rozbyratysya/> (дата звернення: 20.05.2024).
16. SEC. BTC Spot ETF. URL: <https://www.sec.gov/files/tm/lk87adfs99.pdf> (date of access: 20.05.2024).
17. A market overview of custody for digital assets digital custodian whitepaper. Deloitte Deutschland. URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/xs/Documents/finance/me_Digital-Custodian-Whitepaper.pdf#:~:text=URL:%20https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/xs/Documents/finance/me_Digital (date of access: 20.05.2024).
18. Demystifying cryptocurrency and digital assets. PwC. URL: <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/understanding-cryptocurrency-digital-assets.html> (date of access: 20.05.2024).
19. Lewis A. The Basics of Bitcoins and Blockchains: An Introduction to Cryptocurrencies and the Technology that Powers Them. Mango, 2021. 408 P.45-49

20. Bernstein C. Top 7 NFT use cases for business. WhatIs. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/feature/5-business-use-cases-for-NFTs> (date of access: 20.05.2024)
21. Regulating the Crypto Ecosystem: The Case of Stablecoins and Arrangements / N. Sugimoto et al. International Monetary Fund, 2022
22. What Are the Key Elements of Fundamental Analysis in Crypto Trading? - Kriptomat. Kriptomat. URL: <https://kriptomat.io/finance-investing/what-are-the-key-elements-of-fundamental-analysis-in-crypto-trading/> (date of access: 20.05.2024)
23. Crypto Market Cycles. URL: <https://learn.bybit.com/investing/crypto-market-cycles/> (date of access: 20.05.2024).
24. Market Cycles in Cryptocurrency. CryptoCurrency Facts. URL: <https://cryptocurrencyfacts.com/market-cycles-in-cryptocurrency/> (date of access: 20.05.2024)
25. James A. What is Bitcoin dominance?. The Block. URL: <https://www.theblock.co/learn/286335/what-is-bitcoin-dominance> (date of access: 23.05.2024).
26. tokeninsight.com. URL: <https://tokeninsight.com/en/cryptocurrencies> (дата звернення: 20.05.2024).
27. Curtis G. The Basics of the Bid-Ask Spread. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/trading/basics-of-the-bid-ask-spread/> (date of access: 20.05.2024).
28. Sevadechev. Дефляція Injective: Зростання INJ як дефіцитного активу. URL: <https://medium.com/@sevadechev10/дефляція-injective-зростання-inj-як-дефіцитного-активу-60e4f74a388e> (дата звернення: 20.05.2024).
29. Application of Sarima Models in Modelling and Forecasting Nigerias Inflation Rates. Open Access Peer Reviewed Journals | Science and Education Publishing: Home. URL: <https://pubs.sciepub.com/ajams/2/1/4/index.html> (date of access: 20.05.2024).

30. Gers, F., Schmidhuber, J., & Cummins, F. (2000). Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM. *Neural Computation*, 12, 2451-2471. <https://doi.org/10.1162/089976600300015015>

31. Etzkorn M., Schwager J. D. *Getting Started in Technical Analysis*. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2020.

32. Schwartz L. El Salvador became the first country to accept Bitcoin as legal tender. Now it's offering citizenship for a \$1 million 'investment'. Yahoo Finance. URL: https://finance.yahoo.com/news/el-salvador-became-first-country-154254455.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnMnbS8&guce_referrer_sig=AQAAAKE0IRjBHrLwNqKjPpUZVaffkUkZcWiJGAc2fsKQafmsbNWsOrju7zLmNObHbqmx08NAGHEqB52dIJ4W_fF5ur_rZyzBiOTRHhGQH2vZLsLx2PQSdy_WR6MfBP8B8uxqBXsfaD3nC64c-h8UUFWulD_zJ7IUXC81WnN6h019WVNW (date of access: 20.05.2024).

33. Al Jazeera. Bitcoin is now official currency in Central African Republic. Al Jazeera. URL: <https://www.aljazeera.com/economy/2022/4/27/bitcoin-is-now-official-currency-in-central-african-republic#:~:text=The%20Central%20African%20Republic%20follows,as%20legal%20tender%20last%20year.&text=The%20Central%20African%20Republic%20has,the%20world%20to%20do%20so> (date of access: 20.05.2024).

34. Chainalysis: the 2023 global crypto adoption index. Chainalysis. URL: <https://www.chainalysis.com/blog/2023-global-crypto-adoption-index/> (date of access: 20.05.2024).

35. Spot Bitcoin ETFs: What Are They, And How Do They Work?. Forbes Advisor. URL: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/spot-bitcoin-etfs/#:~:text=On%20January%2010,%202024,%20the,or%20current%20price%20of%20bitcoin.> (date of access: 20.05.2024).

36. How digital finance could boost growth in emerging economies. McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/employment-and-growth/how-digital-finance-could-boost-growth-in-emerging-economies> (date of access: 20.05.2024).

37. 14. The Digital Yuan: Purpose, Progress, and Politics . Made in China Journal. URL: [https://madeinchinajournal.com/2023/11/27/the-digital-yuan-purpose-progress-and-politics/#:~:text=According%20to%20the%20PBC,%2061,June%202023%20\(Wee%202023](https://madeinchinajournal.com/2023/11/27/the-digital-yuan-purpose-progress-and-politics/#:~:text=According%20to%20the%20PBC,%2061,June%202023%20(Wee%202023) (date of access: 20.05.2024).

38. Про цифровий контент та цифрові послуги : Закон України від 10.08.2023 р. № 3321-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3321-20> (дата звернення: 23.05.2024).

39. Віртуальним активам в Україні бути: Верховна Рада прийняла відповідний Закон. PwC. URL: <https://www.pwc.com/ua/uk/publications/tax-and-legal-alert/2021/digital-assets.html> (дата звернення: 20.05.2024).

40. Закон «Про віртуальні активи». KPMG. URL: <https://kpmg.com/ua/uk/home/media/press-releases/2021/09/zakon-pro-virtualni-aktyvy.html> (дата звернення: 20.05.2024).

41. Завальнюк І. НБУ готує запуск Е-гривні. Розповідаємо про плюси, мінуси та головні ризики | processer.media. URL: https://processer.media/ua/nbu-gotuie-zapusk-e-grivni-rozpovidaemo-pro-pljusi-minusi-ta-golovni-riziki/#google_vignette (дата звернення: 20.05.2024).

42. Ільченко Л. Криптовалюта в Україні популярна переважно у молоді до 24 років - скільки українців вже користувалися криптомонетами. | Дзеркало тижня. URL: <https://zn.ua/ukr/ECONOMICS/kriptovaljuta-v-ukrajini-populjarna-perevazhno-u-molodi-do-24-rokiv-skilki-ukrajintsiv-vzhe-koristuvalisja-kriptomonetami.html> (дата звернення: 21.05.2024).

ДОДАТКИ

Додаток А

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import plotly.express as px
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error, mean_absolute_percentage_error, r2_score
# !pip install tensorflow
import tensorflow as tf
from keras import Model
from keras.layers import Input, Dense, Dropout
from keras.layers import LSTM

import seaborn as sns
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
```

Додаток Б

Dep. Variable:	y	No. Observations:	1479
Model:	SARIMAX(1, 0, 0)x(2, 0, 0, 30)	Log Likelihood	2538.371
Date:	Tue, 21 May 2024	AIC	-5068.742
Time:	01:40:32	BIC	-5047.545
Sample:	06-01-2019	HQIC	-5060.840
	- 06-18-2023		

Covariance Type:	opg
-------------------------	-----

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	-0.0465	0.023	-1.997	0.046	-0.092	-0.001
ar.S.L30	-0.6341	0.017	-36.471	0.000	-0.668	-0.600
ar.S.L60	-0.3295	0.017	-18.933	0.000	-0.364	-0.295
sigma2	0.0019	2.9e-05	64.466	0.000	0.002	0.002

Ljung-Box (L1) (Q):	0.00	Jarque-Bera (JB):	5494.70
Prob(Q):	0.99	Prob(JB):	0.00
Heteroskedasticity (H):	0.63	Skew:	-0.83
Prob(H) (two-sided):	0.00	Kurtosis:	12.30

Додаток В

Повна таблиця розрахунку індексу

від <https://www.chainalysis.com/blog/2023-global-crypto-adoption-index/>

Країна	Періон	Загальний рейтинг	Рейтинг за обсягом отриманих централізованих сервісів	Рейтинг за обсягом отриманих роздрібних централізованих сервісів	Рейтинг за обсягом торгівлі на P2P обмінах	Рейтинг за обсягом отриманих DeFi сервісів	Рейтинг за обсягом отриманих роздрібних DeFi сервісів
India	Central & South Asia	1	1	1	5	1	1
Nigeria	Sub-Saharan Africa	2	3	2	1	4	4
Vietnam	Central & South Asia	3	4	4	2	3	3
United States	North America	4	2	8	12	2	2
Ukraine	Eastern Europe	5	5	3	11	10	10
Philippines	Central & South Asia	6	6	6	19	7	7
Indonesia	Central & South Asia	7	13	13	14	5	5
Pakistan	Central & South Asia	8	7	7	9	20	20
Brazil	Latin America & Caribbean	9	9	11	15	11	11
Thailand	Central & South Asia	10	8	15	44	6	6
China	Eastern Asia	11	10	5	13	23	23
Turkey	Middle East & North Africa	12	11	9	35	12	12
Russia	Eastern Europe	13	12	10	36	9	9
United Kingdom	Central, North America & Europe	14	15	20	38	8	8
Argentina	Latin America & Caribbean	15	14	12	29	19	19
Mexico	Latin America & Caribbean	16	17	18	30	16	16
Bangladesh	Central & South Asia	17	18	19	33	22	22
Japan	Eastern Asia	18	22	21	49	18	18
Canada	North America	19	25	23	62	14	14
Morocco	Middle East & North Africa	20	27	25	21	26	26



Ім'я користувача:

Математичного моделювання та статистики Даценк...

ID перевірки:

1016284651

Дата перевірки:

26.05.2024 20:20:15 EEST

Тип перевірки:

Doc vs Internet + Library

Дата звіту:

26.05.2024 20:34:58 EEST

ID користувача:

100005744

Назва документа: Орлюк_Коляда_плагіат

Кількість сторінок: 80 Кількість слів: 13885 Кількість символів: 107750 Розмір файлу: 6.40 MB ID файлу: 1016078550

3.8%

Схожість

Найбільша схожість: 0.43% з Інтернет-джерелом (http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/6918/1/Magistr_Pota..)

2.22% Джерела з Інтернету

198

Сторінка 82

2.86% Джерела з Бібліотеки

251

Сторінка 83

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%

Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

3