МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ФІНАНСІВ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Прогнозування курсу криптовалют алгоритмами машинного навчання

Здобувачки вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,
IV курсу, групи КБ-21-1, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)»

_____ Гуранець Альона Миколаївна
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник _____ Погорєловська Ірина Дем'янівна, к.е.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Керівник освітньо-професійної програми _____ Омельчук Антон Анатолійович, к.т.н.
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту за рішенням кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем протокол від «13» травня 2025 № 18

Завідувач кафедри _____ Філоненко Михайло Миколайович, к.ф.-м.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Ірпінь – 2025

Реєстрація № 51 26.05.2025 _____
(дата) (підпис відповідальної особи)

Результати перевірки до захисту 26.05.2025 _____
(до захисту, на доопрацювання) (дата) (підпис)

Результат захисту 5 (відмінно) 05.06.2025 _____
(оцінка) (дата) (підпис)

Голова комісії: _____ В.М. Франчук
(підпис)

Члени комісії: _____ М.М. Філоненко
(підпис)

_____ С.М. Грищенко
(підпис)

_____ А.А. Омельчук
(підпис)

БЛАНК ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Об'єкти контролю	Діапазон оцінки в балах	Фактична кількість балів	Примітки	Дата, П.І.Б.: керівника, голови комісії членів комісії,секретаря, (підписи)
ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ КОМІСІЄЮ ПО ЗАХИСТУ				
1. Зміст випускної роботи (якість теоретичного матеріалу, його зв'язок з практичним, вміння представляти матеріал в логічній послідовності, наявність висновків та пропозицій)	від 0 до 30	29		Погореловська І.Д. Франчук В.М. Філоненко М.М. Грищенко С.М. Омельчук А.А. Суховецька Л.П.
2. Дотримання вимог щодо оформлення	від 0 до 10	10		
3. Вчасне виконання роботи на всіх етапах у встановлені кафедрою терміни	від 0 до 5	5		
4. Рецензент	від 0 до 5	4		
РАЗОМ БАЛІВ	від 0 до 50	48		

Оцінювання кваліфікаційної роботи науковим керівником - 42 балів.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗА 100-БАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалоюЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Дата	П.І.Б.: голови, членів комісії, секретаря, (підпис)
90	A	5(відмінно)	05.06.2025	Франчук В.М. Філоненко М.М. Грищенко С.М. Омельчук А.А. Суховецька Л.П.

ПРАВИЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНОК ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	
60-69	D	3 (задовільно)
50-59	E	
35-49	FX	*2 (незадовільно)*

Факультет фінансів та цифрових технологій
Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем
Галузь знань: 12 Інформаційні технології
Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки
Освітня програма: Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)

Затверджую
Завідувач кафедри
_____ Філоненко М.М.
«14» листопада 2024

Завдання на кваліфікаційну роботу
здобувачу вищої освіти
Гуранець Альоні Миколаївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Прогнозування курсу криптовалют алгоритмами машинного навчання.
затверджена наказом ректора від «13» листопада 2024 № 1717.
2. Строк здачі закінченої роботи: «08» травня 2025.
3. Мета роботи: розробка AI-бота для прогнозування курсу криптовалют на основі машинного навчання.
Об'єкт дослідження: комплекс сучасних технологій, що дозволяють розробляти додатки для прогнозування курсу криптовалют.
Предмет дослідження: інструменти та алгоритми машинного навчання, що використовуються для прогнозування курсу криптовалют.
Орієнтовна база дослідження: бібліотеки та набори даних, що дозволяють розробляти додатки для прогнозування курсу криптовалют.
4. Вихідні дані до роботи: історичні дані вартості криптовалют (CoinGecko API); технології машинного навчання; технічна документація API та GPT-моделі; Python-бібліотеки.
5. Перелік графічного матеріалу: схема архітектури додатку, інтерфейс чат-бота, графіки динаміки курсу криптовалют, копії екранів роботи моделі.
6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом):1. Теоретичні основи прогнозування криптовалют. 1.1 Сутність та вплив криптовалют на цифрову трансформацію економіки. 1.2. Огляд методів та інструментів прогнозування курсу криптовалют. 2. Побудова моделі прогнозування. 2.1. Вибір інструментів та бібліотек для аналізу. 2.2. Підготовка та попередня обробка даних криптовалютного ринку. Аналіз та порівняння методів машинного начання. 2.3.Побудова базової моделі прогнозування.
3. Програмна реалізація та тестування моделі прогнозування. 3.1. Розробка архітектури та обгрунування вибору інструментів. 3.2. Опис інтерфейсу користувача та функціональних можливостей. 3.3. Візуалізація результатів прогнозування.

7. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційноїроботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	Вибір теми, підбір літературних джерел, формування структури кваліфікаційної роботи	До 30.10.2024	До 30.10.2024
2	**І розділ** (розкрити сутність і стан дослідження наукової проблематики роботи, після чого навести її загальну характеристику; огляд літератури за темою і вибір конкретних напрямів *досліджень*)	27.12.2024	27.01.2025
3	**ІІ розділ** (аналіз експериментальної частини про методики досліджень)	17.02.2025	17.03.2025
4	**ІІ розділ** (проведені теоретичні і (або) експериментальні дослідження та роектні рішення)	16.04.2025	16.04.2025
5	**Висновки**	01.05.2025	01.05.2025
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень наукового керівника	09.05.2025	22.05.2025
7	Отримання відгуку керівника	27.05.2025	27.05.2025
8	Отримання зовнішньої рецензії	29.05.2025	29.05.2025

7. Дата видачі завдання «14» листопада 2024

8. Керівник кваліфікаційної роботи _____ Погорєловська І.Д
(підпис) (прізвище, ініціали)

9. Керівник освітньо-професійної програми _____ Омельчук А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

10. Завдання до виконання отримав здобувач вищої освіти _____ Гуранець А.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

*"*Прогнозування курсу криптовалют алгоритмами машинного навчання*"*

Мета роботи розробка AI-бота для прогнозування курсу криптовалют на основі машинного навчання

Завдання роботи

- визначити сутність та вплив криптовалют на цифрову трансформацію економіки;
- проаналізувати існуючі методи та інструменти прогнозування курсу криптовалют;
- обгрунтувати вибір інструментів та бібліотек для розробки моделі прогнозування;
- дослідити методи, алгоритми машиного навчання;
- побудувати модель прогнозування курсу криптовалют на основі використання OpenAI, як одного з методів машинного навчання;
- здійснити програмну реалізацію та тестування моделі прогнозування курсу криптовалют.

Об'єкт дослідження: комплекс сучасних технологій, що дозволяють розробляти додатки для прогнозування курсу криптовалют

Предмет дослідження: інструменти та алгоритми машинного навчання, що використовуються для прогнозування курсу криптовалют

База дослідження: бібліотеки та набори даних, що дозволяють розробляти додатки для прогнозування курсу криптовалют.

Інформаційна база дослідження: історичні дані вартості криптовалют (CoinGecko API); технології машинного навчання; технічна документація API та GPT-моделі; Python-бібліотеки.

За результатами дослідження було сформульовано висновки про те, що інтеграція методів та алгоритмів машинного навчання, штучного інтелекту на базі даних вартості криптовалют API CoinGecko дозволяє розробляти ефективні моделі для прогнозування курсу криптовалют.

Одержані результати можуть бути використані для побудови моделей прогнозування курсу різних криптовалют.

Кваліфікаційна робота містить: 58 сторінок, 1 таблицю, 6 рисунків, список використаних джерел з 30 найменувань, 1 додаток(на 7сторінок).

Ключові слова: криптовалюта, машинне навчання, прогнозування, програмування, штучний інтелект.

Рік виконання кваліфікаційної роботи: 2024-2025

Рік захисту роботи: 2025

ABSTRACT

“Cryptocurrency rate forecasting using machine learning algorithms”

The purpose of the work is to develop an AI-bot for predicting cryptocurrency rates based on machine learning

Tasks of the work

• determine the essence and impact of cryptocurrencies on the digital transformation of the economy;

• analyze existing methods and tools for forecasting cryptocurrency rates;

• justify the choice of tools and libraries for developing a forecasting model;

• investigate machine learning methods and algorithms;

• build a cryptocurrency rate forecasting model based on machine learning;

• carry out software implementation and testing of the cryptocurrency rate forecasting model.

Object of research: a set of modern technologies that allow developing applications for predicting cryptocurrency rates

Subject of research: machine learning tools and algorithms used for predicting cryptocurrency rates

Research base: libraries and datasets that allow developing applications for predicting cryptocurrency rates

Research information base: historical cryptocurrency value data (CoinGecko API); machine learning technologies; technical documentation of API and GPT models; Python libraries.

According to the results of the study, the conclusions were formulated that the integration of methods and algorithms of machine learning, artificial intelligence based on the database of cryptocurrency prices API CoinGecko allows developing effective models for forecasting the exchange rate of cryptocurrencies.

The results obtained can be used to build models for forecasting the exchange rate of various cryptocurrencies.

The qualification work contains: 58 pages, 1 table, 8 figures, a list of sources used with 30 names, 1 appendix (7 pages).

Keywords: cryptocurrency, machine learning, forecasting, programming, artificial intelligence.

Year of completion of the qualification work: 2024-2025

Year of defense of the work: 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТ 6
1.1. Сутність та вплив криптовалют на цифрову трансформацію економіки 6
1.2 Огляд методів та інструментів пронозування курсу криптовалют та аналіз досліджень 8
РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ 18
2.1. Вибір інструментів програмування та бібліотек для аналізу 18
2.2. Підготовка та попередня обробка даних криптовалютного ринку. Аналіз та порівняння методів машинного навчання 21
2.3 Побудова та опис базової моделі прогнозування 23
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ 26
3.1 Розробка архітектури та обгрутування вибору інструментів 26
3.2 Опис інтерфейсу користувача та функціональних можливостей 28
3.3 Візуалізація результатів прогнозування 29
ВИСНОВКИ 33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 36
ДОДАТКИ 40

ВСТУП

Упродовж останнього десятиліття світ став свідком стрімкого розвитку фінансових технологій, серед яких особливе місце займає криптовалюта — новий клас цифрових активів, що функціонує незалежно від традиційних банківських систем. З моменту появи першої криптовалюти — біткоїна (Bitcoin) у 2009 році — цей сектор перетворився з інноваційної ідеї на потужний глобальний ринок з мільярдними обігами. Зростаючий інтерес до криптовалют викликаний як потенціалом високих прибутків, так і можливістю створення децентралізованих фінансових систем, що не залежать від державного регулювання. Водночас цей ринок залишається надзвичайно волатильним, чутливим до новин, інвесторських очікувань, регуляторних змін і багатьох інших чинників, що створює серйозні виклики для його аналізу та прогнозування. Інвесторам потрібні ефективні інструменти для об’єктивного оцінювання ризиків та рентабельності своїх інвестицій, трейдерам – для визначення вигідних моментів купівлі чи продажу, кращого часу для входу та виходу з ринку.

У зв’язку з цією актуальною темою постає питання розробки надійних методів прогнозування цін криптовалют, зокрема тих, що ґрунтуються на сучасних досягненнях в галузі штучного інтелекту та машинного навчання.
Актуальність обраної теми визначається як практичною значущістю, так і науковою новизною. Ефективне прогнозування цін криптовалют може забезпечити інвесторам, трейдерам, аналітикам і фінансовим компаніям цінні орієнтири для ухвалення рішень зменшення ризиків та підвищення прибутковості операцій.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка AI-бота для прогнозування курсу криптовалют на основі машинного навчання.

Для досягнення визначеної мети були виконані наступні завдання:

- визначено сутність та вплив криптовалют на цифрову трансформацію економіки;

- проаналізовано наявні методи та інструменти прогнозування курсу криптовалют;
- обгрунтовано вибір інструментів та бібліотек для розробки моделі прогнозування;
- досліджено методи, алгоритми машиного навчання;
- розроблено програмне забезпечення на базі Open AI (бот) для прогнозування цін на криптовалюту;
- здійснено програмну реалізацію та тестування моделі прогнозування курсу криптовалют.

Об’єкт дослідження: комплекс сучасних технологій, що дозволяють розробляти додатки для прогнозування курсу криптовалют.

Предмет дослідження: інструменти та алгоритми машинного навчання, що використовуються для прогнозування курсу криптовалют.

При виконанні роботи були використані наступні методи:

1. Системний аналіз - застосовувався при роботі з інформаційними ресурсами за темою дослідження, включаючи наукові публікації, аналітичні статті, документацію API та джерела, що описують сучасні методи машинного навчання.
2. Методи оцінювання — використовувалися при аналізі результатів прогнозування, зокрема для розрахунку таких метрик точності, як MAE (середня абсолютна помилка) та RMSE (корінь середньоквадратичної помилки). Також ці методи застосовувалися при оцінюванні функціональності реалізованих програмних модулів.
3. Порівняльний аналіз — виконано для співставлення ефективності двох підходів: класичних статистичних моделей (зокрема ARIMA) та нейромережевих архітектур (LSTM), на основі однакових вхідних даних.
4. Метод узагальнення — використовувався для формування висновків за результатами аналізу ефективності моделі, оцінки практичної

придатності підходу, а також можливостей подальшого розвитку системи.

Базою досліджень стали історичні дані про курси криптовалют зібрані з відкритих джерел, зокрема таких як CoinGecko та API бірж (наприклад Binance API). Дані включають ціну відкриття, закриття , мінімальні та максимальні значення, обсяги торгів, тощо. Також були застосовані Google Colab / Jupyter Notebook як інтегроване середовище для розробки та тестування моделей. Щодо метричних показників якості MAE (Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Square Error) — використовувалися для об'єктивного порівняння ефективності моделей.

Одержані результати мають як **теоретичну**, так і **практичну цінність**. У процесі дослідження було розроблено AI бот на базі Open AI для прогнозування цін на криптовалюту на основі історичних даних з використанням системи CoinGeeko. Практичне застосування результатів можливе до прикладу у сфері фінансової аналітики, у трейдингових платформах або ж для освітніх цілей.

Апробація результатів роботи: підготовлено тези доповіді "Використання інструментів машинного навчання для дослідження закономірностей ринку криптовалют» для участі Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Економіка і бізнес: нові реалії, технологічні тренди, цифрові інновації», (Львів, 15 травня 2025 р.) [34].

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТ

1.1. Сутність та вплив криптовалют на цифрову трансформацію економіки

Сучасна концепція криптовалюти бере свій початок з ідеї створення цифрових грошей, які були б незалежними від банківських систем. Уперше подібні ідеї з'явилися ще в 1980-1990-х роках у працях американських криптографів Девіда Чаума, Ніка Сабо та інших [1], однак саме поява Bitcoin у 2009 році, створеного особою або групою осіб під псевдонімом Сатоші Накамото, стала ключовою віхою розвитку криптографічної економіки. Публікація білого паперу Bitcoin під назвою "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" ознаменувала нову еру у фінансовій системі, в якій не потрібні центральні посередники [2].

Криптовалюти характеризуються не лише децентралізацією, а й принципово новим підходом до збереження та передачі інформації — технологією блокчейн. Цей ланцюг блоків, що містять криптографічно захищені дані про транзакції, дозволяє забезпечити прозорість та незмінність даних, які зберігаються розподілено на вузлах мережі [2].

Також варто відзначити такі властивості, як незалежність від державного регулювання. Жодна країна не контролює випуск чи обіг біткоїна, що робить його стійким до політичних і монетарних маніпуляцій, використання майнінгу або консенсусу, для підтвердження транзакцій і створення нових блоків використовуються різні механізми консенсусу – Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), Delegated PoS, та інші. Також варто пам'ятати про швидкість і масштабованість. Ряд криптовалют (наприклад, Solana, Avalanche, Polygon) розроблені спеціально для високошвидкісних транзакцій з низькими комісіями. [3]

У межах ринку існує кілька типів криптовалют:

- Базові криптовалюти (наприклад, Bitcoin, Litecoin, Monero) — створені як засіб обміну або зберігання вартості.

- Платформи для смарт-контрактів (наприклад, Ethereum, Cardano, Polkadot) — забезпечують децентралізовану інфраструктуру для розробки додатків.
- Стейблкоїни (USDT, USDC, BUSD) — криптовалюти, прив'язані до вартості фіатних активів для зменшення волатильності.
- NFT та токенізовані активи — цифрові представлення унікальних активів у блокчейні. [3]

Щодо впливу на світову економіку, то криптовалюти поступово змінюють фундаментальні засади світової економіки. Вони перерозподіляють контроль (якщо традиційна банківська система централізована, то блокчейн дає змогу індивідам і компаніям самостійно управляти своїми активами) також можуть підвищувати ефективність розрахунків. Наприклад, у міжнародній торгівлі зменшується час очікування платежу з декількох днів до кількох хвилин або навіть секунд. У країнах, де фінансова інфраструктура слабо розвинена, криптовалюти дають змогу людям користуватись цифровими гаманцями, обходячи банки. Тобто криптовалюта розширює доступ до фінансових послуг.

Якщо говорити про їх роль у цифровій трансформації бізнесу то сучасні компанії інтегрують криптовалюти для прийому оплати в онлайн-магазинах (BitPay, CoinGate), формування зарплат у токенах (популярно серед працівників Web3), децентралізації фінансів (DeFi), де позики, страхування, обмін активами відбуваються без участі банку. Наприклад найвідоміші кейси пов'язані з оплатою криптовалютою це – можливість сплатити автомобіль за допомогою Bitcoin у Tesla (2021 рік), інтеграція підтримки зберігання та купівлі криптовалют для мільйонів користувачів за допомогою сервісу PayPal.

El Salvador першим у світі визнав Bitcoin офіційною валютою у 2021 році [4]. Для багатьох інвесторів криптовалюти стали окремим класом активів, вони можуть використовувати їх по різному, до прикладу як спекулятивний інструмент .

Для багатьох інвесторів криптовалюти стали окремим класом активів, вони можуть використовувати їх по різному, до прикладу як спекулятивний інструмент .

Завдяки токенізації з’явилися нові форми інвестування - DAO, IEO, Launchpad, DeFi Yield Farming. Портфельна диверсифікація. Криптоактиви часто корелюють незначно з фондовими індексами, що робить їх корисними у складних ринкових умовах.

Водночас криптовалюти стикаються з низкою серйозних викликів:

- Регуляторна невизначеність. У більшості країн ще не вироблено єдиного законодавчого підходу до криптовалют.
- Ризики безпеки. Хакерські атаки на біржі та гаманці залишаються поширеними.
- Шахрайство та маніпуляції. Поширені «pump and dump» схеми, фішингові атаки, проєкти-«пустушки».
- Вплив на екологію. Майнінг біткоїна споживає великі обсяги енергії, що викликає критику з боку екологів .

Криптовалюти все більше інтегруються у традиційні фінансові інститути. Найближчим часом очікується розвиток CBDC (державних цифрових валют), перехід криптобірж до ліцензованої діяльності, зростання екосистем Web3 та метавсесвітів, масова поява токенізованих активів [7].

Таким чином, криптовалюти вже сьогодні впливають на функціонування ринку капіталу, фінансових послуг, технологічного розвитку, державного управління та міжнародної торгівлі. Їхня роль у майбутньому, ймовірно, лише зростатиме, особливо в контексті глобальної цифрової трансформації.

1.2 Огляд методів та інструментів пронозування курсу криптовалют та аналіз досліджень

Аналіз часових рядів є невід’ємною складовою фінансового прогнозування, зокрема при дослідженні динаміки цін на криптовалюти. Часовий ряд — це впорядкована у часі послідовність числових значень

певного показника [5]. На відміну від класичних статистичних вибірок, де спостереження часто розглядаються як незалежні, у часових рядах існує чітка послідовна залежність між значеннями, що фіксуються у різні моменти часу. Ця властивість вимагає властивість застосування підходів до аналізу, які враховують автокореляцію, сезонність, трендові складові та випадкові коливання.

Вивчення та моделювання часових рядів дозволяє виявляти закономірності в поведінці даних, встановлювати тренди, циклічність, сезонні коливання, а також випадкові флуктуації. Ці характеристики є особливо важливими для криптовалют, які демонструють високу мінливість та складні нелінійні залежності, обумовлені як ринковими, так і позаринковими факторами. Основна мета аналізу полягає у створенні надійної моделі, яка здатна не лише описати історичні дані, а й забезпечити ефективне прогнозування.

Одним із фундаментальних підходів до аналізу часових рядів є використання лінійних моделей, серед яких важливе місце займає модель ARIMA — модель авторегресійної інтегрованої ковзної середньої [6]. Вона дозволяє моделювати залежність поточного значення від попередніх значень (авторегресія), враховує випадкові збурення (компонент скользячого середнього) та здатна усувати нестабільність ряду шляхом диференціювання. Для багатьох фінансових рядів, включаючи криптовалюти, ARIMA є ефективним інструментом за умови правильної ідентифікації параметрів моделі та стаціонарності даних. Тому що зазвичай параметри даної моделі підібрані точно, це забезпечує достовірність прогнозів.[9]

Водночас, класичні лінійні моделі не завжди здатні повністю описати складну природу крипторинку. У таких випадках на допомогу приходять нелінійні методи, зокрема ARCH та GARCH моделі, які враховують змінність дисперсії в часі. Вони особливо корисні при моделюванні волатильності, оскільки дають змогу врахувати ефекти кластеризації варіацій, властиві криптовалютам [3]. Наприклад, періоди високої волатильності можуть

змінюватися періодами відносної стабільності, і ці переходи важливо фіксувати в аналітичних моделях, не пропускаючи цей важливий крок.

Суттєве поширення в останні роки отримали і методи, що базуються на машинному навчанні. Серед них — дерева рішень, випадкові ліси, градієнтний бустинг, а також нейронні мережі, які мають здатність навчатися складним нелінійним залежностям на основі великих обсягів даних. Зокрема, рекурентні нейронні мережі (RNN) та їхні вдосконалені версії, як-от LSTM (Long Short-Term Memory) і GRU (Gated Recurrent Unit), показали високу ефективність у завданнях прогнозування часових рядів з високою динамікою. Їхнє головна перевага полягає в тому, що вони здатні зберігати інформацію про попередні стани, що є критично важливим у випадку високочастотних фінансових даних [9].

Також слід відзначити роль методів зменшення розмірності даних та виявлення латентних структур, таких як головні компоненти (PCA) або вейвлет-перетворення. Ці інструменти дозволяють зосередитись на ключових аспектах коливань часових рядів і зменшити вплив шумів. Іншим підходом до вивчення динаміки є спектральний аналіз, який дозволяє представити часовий ряд у частотному домені. Цей метод широко використовується для виявлення сезонності та циклічних компонентів, які не завжди очевидні при стандартному аналізі. У поєднанні з методами згладжування, такими як експоненційне згладжування або метод Хольта-Вінтерса, спектральний аналіз сприяє кращому розумінню повторюваних закономірностей у поведінці цін наринку криптовалюти[10].

У практиці дослідження часових рядів важливу роль відіграє попередня обробка даних — нормалізація, обробка пропущених значень, трансформація з логарифмуванням або диференціюванням. Правильна підготовка даних значно підвищує якість побудованих моделей і, відповідно, точність прогнозів. Особливо це актуально в умовах крипторинку, де дані можуть бути представлені з різною періодичністю, мати пропуски або відхилення [11].

На завершення слід зазначити, що вибір методу аналізу часових рядів залежить від конкретних цілей дослідження, типу даних, доступних обчислювальних ресурсів і рівня бажаної інтерпретованості моделі. У деяких випадках доцільно комбінувати кілька підходів — наприклад, поєднувати ARIMA з LSTM або використовувати ансамблеві методи, що враховують переваги різних моделей. Такий гібридний підхід дозволяє досягти вищої точності прогнозів і краще адаптується до складних ринкових умов, властивих криптовалютам [12].

Загалом, аналіз часових рядів у контексті криптовалют є складною, але перспективною галуззю, яка активно розвивається завдяки зростаючому попиту на якісне прогнозування, розвиткові обчислювальних технологій та широкому використанню штучного інтелекту в аналітиці фінансових даних.

Упродовж останніх десятиліть прогнозування фінансових ринків стало одним із найбільш досліджуваних напрямів у фінансовій аналітиці. Інтенсивний розвиток цифрових технологій, зростання обсягів даних та вдосконалення математичних методів сприяли активному впровадженню новітніх підходів до аналізу ринкової динаміки. Сутність прогнозування фінансових ринків полягає у створенні моделей, здатних визначити майбутню поведінку активів на основі історичних даних та різноманітних індикаторів.

Такі моделі використовуються для ухвалення обґрунтованих інвестиційних рішень, виявлення трендів і ризиків, а також для оптимізації фінансових стратегій[13].

В академічних дослідженнях значна увага приділяється як класичним статистичним методам, так і сучасним алгоритмам машинного навчання. Серед традиційних підходів особливе місце займають методи регресійного аналізу, моделі часових рядів (AR, MA, ARIMA) та моделі з autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH, GARCH), які демонструють хороші результати при аналізі фінансових інструментів із високою волатильністю. У роботах багатьох дослідників , таких як: Роберт Ф.Енгл [14], Тім Борреслев, Джон Спаркс [13] та інших, зазначено, що ці моделі дозволяють виявляти як

короткострокові зміни, так і довгострокові тенденції, хоча вони мають певні обмеження у виявленні складних нелінійних взаємозв’язків.

Численні наукові роботи такі як: “Neural networks for stock price prediction” та "Predicting Economic Trends and Stock Market Prices with Deep Learning and Advanced Machine Learning Techniques" [15] демонструють тенденцію до застосування алгоритмів машинного навчання, таких як Support Vector Machines (SVM), Random Forests, XGBoost і нейронні мережі, для прогнозування руху цін, класифікації ринкових тенденцій та оцінки ризиків. Ці методи демонструють переваги над традиційними моделями, особливо в умовах волатильності або непередбачуваності ринкових сценаріїв. Додатково хочу також виділити наступних дослідників та їх дослідження, що стосуються методів машинного начання:

1. Lukas Ryll та Sebastian Seidens – провели оглядове дослідження де проаналізували близько 150 статтей про використання машинного навчання для прогнозування фінансового ринку. Результати показали, що алгоритми машинного навчання, у тому числі й рекурентні нейронні мережі, в середньомуперевищуютьзвичні стохастичні моделі [24].

2. Albert Wong – порівняв чотири моделі машинного навчання для короткотермінового прогнозування цін на акціїї [24]

3. Parisa Golbayani, Ionuţ Florescu та Rupak Chatterjee – дослідили прогнозування кредитних рейтингів за допомогою нейронних мереж та дерев рішень [12,24]. Результати вказали на те, що моделі створенні на основі дерева рішень дають найбільшу продуктивність.

Окрему нішу в дослідженнях займають глибокі нейронні мережі, серед яких особливо ефективними є рекурентні архітектури, такі як LSTM та GRU [8]. Вони забезпечують збереження інформації про попередні стани, що є ключовим у контексті часових рядів. Застосування LSTM у прогнозуванні курсу акцій, валют і криптовалют засвідчило здатність цих моделей враховувати як короткотермінові, так і довгострокові залежності. Це дозволяє зменшити похибку прогнозу і краще адаптувати модель до мінливого

ринкового середовища. Численні емпіричні дослідження демонструють, що поєднання класичних економетричних методів із сучасними алгоритмами глибокого навчання дає змогу досягти більшої точності прогнозів. Такі гібридні підходи забезпечують комплексне охоплення ринкової поведінки та підвищують адаптивність моделей до змінних умов. Наприклад, ARIMA може використовуватись для моделювання трендів і сезонності, тоді як нейромережі — для виявлення аномальних патернів або обробки неструктурованих даних. Важливою складовою досліджень є вибір і обґрунтування метрик оцінювання точності прогнозу. Найчастіше використовуються такі показники, як середньоквадратична помилка (MSE), середня абсолютна похибка (MAE), середня абсолютна відсоткова похибка (MAPE), а також коефіцієнт детермінації R^2 [9]. Використання кількох метрик дозволяє всебічно оцінити ефективність моделі в різних аспектах і уникнути однобокого аналізу. У багатьох сучасних наукових роботах, до прикладу, як “The choice of scaling technique matters for classification performance” [31] підкреслюється важливість глибокої попередньої обробки даних. Видалення викидів, нормалізація, згладжування, обробка пропущених значень та перетворення змінних — все це сприяє зниженню шуму в даних і покращенню роботи алгоритмів. Аналіз часових рядів є невід’ємною складовою фінансового прогнозування, зокрема при дослідженні динаміки цін на криптовалюти. Часовий ряд — це впорядкована у часі послідовність числових значень певного показника На відміну від класичних статистичних вибірок, де спостереження часто розглядаються як незалежні, у часових рядах існує чітка послідовна залежність між значеннями, що фіксуються у різні моменти часу. Ця властивість вимагає застосування спеціалізованих підходів до аналізу, які враховують автокореляцію, сезонність, трендові складові та випадкові коливання.

Вивчення та моделювання часових рядів дозволяє виявляти закономірності в поведінці даних, встановлювати тренди, циклічність, сезонні коливання, а також випадкові флуктуації.

Ці характеристики є особливо важливими для криптовалют, які демонструють високу мінливість та складні нелінійні залежності, обумовлені як ринковими, так і позаринковими факторами. Основна мета аналізу полягає створенні надійної моделі, яка здатна не лише описати історичні дані, а й забезпечити ефективне прогнозування.

Одним із фундаментальних підходів до аналізу часових рядів є використання лінійних моделей, серед яких важливе місце займає модель ARIMA — модель авторегресійної інтегрованої ковзної середньої.

$$\phi(B)(1-B)^d y_t = \theta(B)\varepsilon_t \qquad (1.1)$$

де:

ϕ(B) = 1 - ϕ_1B - ϕ_2B² - ... - ϕ_p B^p — оператор авторегресії,
(1 - B)^d — оператор інтегрування ступеня d,
θ(B) = 1 + θ_1B + θ_2B² + ... + θ_q B^q — оператор ковзної середньої,
B — оператор зсуву (backshift),
ε_t — білий шум.

Вона дозволяє моделювати залежність поточного значення від попередніх значень (авторегресія), враховує випадкові збурення (компонент скользячого середнього) та здатна усувати нестабільність ряду шляхом диференціювання. Для багатьох фінансових рядів, включаючи криптовалюти, ARIMA є ефективним інструментом за умови правильної ідентифікації параметрів моделі та стаціонарності даних [9].

Водночас, класичні лінійні моделі не завжди здатні повністю описати складну природу крипторинку, так як ринок має високий показник нестабільності, нелінійні залежності, прояви “шоків” та нестаціонарність, тому класичні лінійні моделі є менш ефективними. У таких випадках на допомогу приходять нелінійні методи, зокрема ARCH та GARCH моделі, які враховують змінність дисперсії в часі. Вони особливо корисні при моделюванні волатильності, оскільки дають змогу врахувати ефекти кластеризації варіацій, властиві криптовалютам. Наприклад, періоди високої волатильності можуть змінюватися періодами відносної стабільності, і ці

переходи важливо фіксувати в аналітичних моделях, не пропускаючи цей важливий крок.

Суттєве поширення в останні роки отримали і методи, що базуються на машинному навчанні Atsalakis, G. S., & Valavanis, K. P. (2009). Surveying stock market forecasting techniques – у цій статті є підтверження даної теорії[10]. Серед них — дерева рішень, випадкові ліси, градієнтний бустинг, а також нейронні мережі, які мають здатність навчатися складним нелінійним залежностям на основі великих обсягів даних. Зокрема, рекурентні нейронні мережі (RNN) та їхні вдосконалені версії, як-от LSTM (Long Short-Term Memory) і GRU (Gated Recurrent Unit) , показали високу ефективність у завданнях прогнозування часових рядів з високою динамікою. Їхня головне перевага полягає в тому, що вони здатні зберігати інформацію про попередні стани, що є критично важливим у випадку високочастотних фінансових даних[10].

Також слід відзначити роль методів зменшення розмірності даних та виявлення латентних структур, таких як головні компоненти (PCA) або вейвлет-перетворення. Ці інструменти дозволяють зосередитись на ключових аспектах коливань часових рядів і зменшити вплив шумів.

Іншим підходом до вивчення динаміки є спектральний аналіз, який дозволяє представити часовий ряд у частотному домені.

Цей метод широко використовується для виявлення сезонності та циклічних компонентів, які не завжди очевидні при стандартному аналізі. У поєднанні з методами згладжування, такими як експоненційне згладжування або метод Хольта-Вінтерса, спектральний аналіз сприяє кращому розумінню повторюваних закономірностей у поведінці цін на ринку криптовалюти [17].

У практиці дослідження часових рядів важливу роль відіграє попередня обробка даних — нормалізація, обробка пропущених значень, трансформація з логарифмуванням або диференціюванням. Правильна підготовка даних значно підвищує якість побудованих моделей і, відповідно, точність

прогнозів. Особливо це актуально в умовах крипторинку, де дані можуть бути представлені з різною періодичністю, мати пропуски або відхилення[17].

На завершення слід зазначити, що вибір методу аналізу часових рядів залежить від конкретних цілей дослідження, типу даних, доступних обчислювальних ресурсів і рівня бажаної інтерпретованості моделі. У деяких випадках доцільно комбінувати кілька підходів — наприклад, поєднувати ARIMA з LSTM або використовувати ансамблеві методи, що враховують переваги різних моделей. Такий гібридний підхід дозволяє досягти вищої точності прогнозів і краще адаптується до складних ринкових умов, властивих криптовалютам [19].

Загалом, аналіз часових рядів у контексті криптовалют є складною, але перспективною галуззю, яка активно розвивається завдяки зростаючому попиту на якісне прогнозування, розвиткові обчислювальних технологій та широкому використанню штучного інтелекту в аналітиці фінансових даних[17].

В академічних дослідженнях Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art та Atsalakis, G. S., & Valavanis, K. P. (2009) [32] Surveying stock market forecasting techniques – Part I: Conventional methods [33] значна увага приділяється як класичним статистичним методам, так і сучасним алгоритмам машинного навчання. Серед традиційних підходів особливе місце займають методи регресійного аналізу, моделі часових рядів (AR, MA, ARIMA) та моделі з autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH, GARCH), які демонструють хороші результати при аналізі фінансових інструментів із високою волатильністю. У роботах багатьох дослідників, таких як: Роберт Ф.Енгл, Тім Борреслев, Джон Спаркс та інших , зазначено, що ці моделі дозволяють виявляти як короткострокові зміни, так і довгострокові тенденції, хоча вони мають певні обмеження у виявленні складних нелінійних взаємозв’язків. Численні наукові роботи [8, 17] демонструють тенденцію до застосування алгоритмів машинного навчання, таких як Support Vector Machines (SVM), Random

Forests, XBoost і методи демонструють переваги над традиційними моделями, особливо в умовах волатильності або непередбачуваності ринкових сценаріїв.

РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ

2.1. Вибір інструментів програмування та бібліотек для аналізу

У процесі розробки системи прогнозування динаміки криптовалютних ринків одним із ключових етапів стало обґрунтування вибору технологічного стеку, зокрема мови програмування, інструментів, бібліотек зовнішніх API. Такий вибір обумовлюється специфікою поставленого завдання,а також необхідністю інтеграції з алгоритмами штучного інтелекту для якісного аналізу фінансових часових рядів.

Основною мовою програмування, яка була використана у реалізації програмного забезпечення, є Python. Такий вибір зумовлений її популярністю у сфері машинного навчання, фінансової аналітики та обробки даних. Python має широкий спектр бібліотек, що дозволяють ефективно реалізовувати як аналітичні, так і веборієнтовані компоненти проєкту [20].

Ключові бібліотеки, що охоплюють аналітичні, машинного навчання та веб-компоненти:

1)Аналітика та обробка даних

- pandas – робота з табличними даними , маніпуляції з часовими рядами.
- numpy – операції з масивами та лінійна алгебра.
- scipy – статистика, оптимізація та чисельні методи.

2)Машинне навчання

- scikit-learn – класифікація, регресія, кластеризація, метрики.
- keras - глибоке навчання, нейронні мережі.
- sktime – обробка і класифікація часових рядів.

3) Веборієнтовані компоненти

- flask – створення API(Application Programming Interface).
- streamlit – фреймворк для швидкого створення ML-додатків.
- djando – повноцінний веб-фреймворк для складних проєктів.

Крім того, ця мова підтримується великою спільнотою розробників, що забезпечує стабільність рішень, доступність документації та легкість у підтримці проєкту [21].

Одним із базових інструментів розробки вебінтерфейсу є фреймворк Flask, на мою думку. Це мікрофреймворк що створений для вебдодатків, що створений з використанням Python. Досвід використання Flask свідчить, що його перевагою є простота, легкість розгортання, а також можливість швидкої інтеграції з різними API та бібліотеками штучного інтелекту. У рамках цієї кваліфікаційної роботи Flask виконує роль сервера, який обробляє запити користувача, здійснює передачу інформації між клієнтською частиною та аналітичними модулями, а також відповідає за рендеринг інтерфейсу.

Для отримання актуальних і достовірних фінансових даних. використовувався відкритий CoinGecko надійний API, який розробники можуть використовувати не лише для покращення своїх існуючих застосунків і сервісів, але й для створення передових криптовалютних застосунків[5]. Цей сервіс надає вичерпну інформацію щодо вартості, змін, об’єму торгів та інших ключових показників криптовалют у режимі реального часу.

У реалізації проєкту було застосовано запит GET (GET https://api.binance.com/api/v3/klines?symbol=BTCUSDT&interval=1h&limit=72) до відповідного ендпоінту API з метою отримання історичних даних про цінову динаміку обраної криптовалюти за останні три дні. Такий підхід дозволив сформувати часовий ряд, необхідний для подальшого аналізу за допомогою моделі штучного інтелекту. Так як криптовалюта це високоволатильний актив, курс якого змінюється щосекундно, то навіть за 3 дні можна отримати велику кількість точок даних на основі яких можна здійснити дослідження. Ось приклад фрагмента часового ряду цін криптовалюти LTC (Litecoin) за 3 дні [33]:

Ознайомившись з результатами що вказані на таблиці можна побачити, що упродовж трьох днів ціна на досліджувану одиницю зросла, ціна збільшувалась коливально, без різких стрибків або навпаки падінь.

Таблиця 2.1

Часовий ряд цін криптовалюти LTC за період 16 – 18 травня 2025 р.*

Дата	Час	Ціна закриття USD
16.05.2025	00:00	28930.45
16.05.2025	18:00	29000.51
17.05.2025	00:00	28875.80
17.05.2025	18:00	28991.20
18.05.2025	00:00	30000.10
18.05.2025	18:00	29999.90

*Джерело [33]

Для надсилання HTTP-запитів до API сервісу CoinGecko використовувалась бібліотека requests. Вона дозволяє зручно формулювати запити, обробляти відповіді, а також керувати кодами помилок [5]. У програмному модулі отримання та обробки даних з API реалізована логіка перевірки статусу відповіді, що гарантує обробку лише валідних даних, отриманих із зовнішнього джерела. Ще одним важливим компонентом проєкту стала інтеграція з мовною моделлю GPT-3.5 від OpenAl (Generative Pre-trained Transformer, була інтегрована як інтелектуальний аналітичний[27].Вона виконує роль аналітичного ядра, яке інтерпретує отримані часові ряди, формує прогнози та генерує висновки на основі наданих користувачем запитів. Підключення до моделі здійснюється за допомогою бібліотеки OpenAI що забезпечує взаємодію з відповідним API, а також налаштування параметрів моделі, включно з передачею історичних даних у вигляді текстового запиту. Для зберігання ключа доступу до API OpenAl була використана бібліотека dotenv (інструмент у Python). Вона дозволяє завантажувати конфіденційні параметри із зовнішнього файлу .env, не розміщуючи їх безпосередньо в коді. Це сприяє безпечному зберіганню облікової інформації та відповідає загальноприйнятим практикам безпеки у веброзробці. авдяки використанню змінних середовища забезпечується

розмежування логіки програми та конфігураційних даних, що робить систему більш масштабованою та зручною для розгортання в різних середовищах.

У процесі аналізу запитів користувача система має виявити назви або тикери криптовалют, які згадуються у повідомленні. З цією метою було використано модуль “re” що реалізує механізми регулярних виразів. Такий підхід дозволяє автоматично ідентифікувати коди типу BTC, ETH тощо у тексті та здійснювати динамічну обробку запитів, адаптуючи аналітичний блок під конкретну валюту [28].

2.2. Підготовка та попередня обробка даних криптовалютного ринку. Аналіз та порівняння методів машинного навчання

Дієвість прогностичної моделі значною мірою залежить від якості вихідних даних. У цьому проєкті джерелом даних є CoinGecko API (Application Programing Interface) [26] – загальнодоступний сервіс, який надає структуровану інформацію щодо криптовалют, включаючи історичні ціни, обсяг торгів, ринкову капіталізацію тощо. Вибір цього API обґрунтовано його надійністю, широким охопленням цифрових активів та можливістю отримання безкоштовного доступу без ключа авторизації, це стає зрозуміло під час розробки програми.

Збір даних реалізується у функції get crypto_history (crypto_id), яка розміщена у модулі app.py де з допомогою бібліотеки requests виконується HTTP GET - запит. Отримані дані — у форматі JSON — включають пари значень: Unix-мітка часу та вартість активу в USD. Вибрана глибина історичних даних — 30 днів забезпечує оперативність прогнозу й відповідає короткостроковій аналітиці, що часто є ключовою в трейдингу криптовалют.

На наступному етапі дані форматуються для спрощення обробки. Мітки часу конвертуються в формат дати (YYYY-MM-DD), а значення цін заокруглюються до двох знаків після коми.

Машинне навчання (Machine Learning, ML) — це клас методів штучного інтелекту (ШІ), що поєднує підходи та технології для створення алгоритмів, здатних самостійно навчатися на основі даних[30].

Машинне навчання традиційно передбачає використання таких моделей, як:

- Лінійна регресія — проста модель для встановлення зв'язку між незалежними змінними та цільовим параметром. Вона неефективна в умовах високої волатильності крипторинку [30].
- ARIMA — класичний статистичний метод аналізу часових рядів. Добре працює з сезонними або стаціонарними даними, але вимагає ретельної підготовки та тестування на автокореляцію[30].
- LSTM (Long Short-Term Memory) — нейромережна модель, здатна враховувати довготривалу залежність між значеннями. Надійна в складних часових рядах, однак потребує великого набору даних і тривалого навчання.
- Random Forest та XGBoost — ансамблеві методи, ефективні для багатьох задач, але потребують налаштування численних параметрів[30].

У цьому проєкті обрано альтернативний підхід: використання мовної моделі GPT-3.5. Вона не є класичною моделлю прогнозування, але має здатність робити аналітичні припущення на основі контекстної інформації [27]. Завдяки попередньому навчанню на масивних текстових корпусах GPT може інтерпретувати історичні дані й формулювати логічні висновки щодо їх тренду.

Порівняно з класичними ML-моделями, GPT не потребує ручного налаштування параметрів, обробки відсутніх значень або великого обсягу навчального датасету. Проте модель не має математичного механізму перевірки точності передбачень. Її прогнози радше оцінюються якісно, а не кількісно тому що GPT не має прямої математичної валідації прогнозів.

2.3 Побудова та опис базової моделі прогнозування

Програмна реалізація AI боту здійснена на мові Python з використанням мікрофреймворку Flask. Це дозволяє швидко створити веб-сервер, який буде обробляти запити користувачів і повертати відповідь у вигляді аналітичного прогнозу.

Структура коду є максимально простою:

- get_crypto_history(crypto_id) - отримує історичні дані з CoinGecko;
- analyze_crypto_in_gpt(prices) - формує запит до моделі GPT через API OpenAI;
- index() - обробляє введення користувача, викликає зазначені функції та виводить прогноз на екран.

Сервер запускається локально або в **хмарному середовищі** (наприклад, через Heroku, Render, чи Railway).

Вся логіка розміщена у файлі **app.py,** що сприяє простоті деплойменту та тестування.

Запити до GPT відбуваються через офіційний пакет openai. Приклади формування запиту (prompt):

```
crypto_name = "Bitcoin"
prompt = f"Provide a short forecast for the next 7 days for the following {crypto_name} prices: {prices}"
```

Модель генерує текстовий звіт у якому вказується тенденція (зростання, зниження, стабільність) та коротка аналітика. Зміст відповіді формується залежно від характеру вхідних даних — GPT виявляє шаблони на рівні логіки, а не математики.

```
prices = [40000, 42000, 43000, 45000, 47000]
dates = ['2025-05-01', '2025-05-05']
print(generate_crypto_report(prices, dates))
```

Архітектура моделі є однопроцесною. Немає збереження даних, а кожен запит обробляється окремо.

Огляд використаних бібліотек та їх роль у проєкті

1. requests — бібліотека для відправки HTTP-запитів. Вона дозволяє інтегрувати зовнішнє API (CoinGecko) і отримувати актуальні дані у форматі JSON.

2. json — стандартна бібліотека для роботи з JSON-структурами. Використовується для парсингу відповіді API та подальшої обробки списків і словників у Python .

3. openai — офіційна бібліотека для інтеграції з моделями GPT[27]. Дозволяє надсилати текстові запити й отримувати відповіді у вигляді аналітичного тексту. Необхідний API-ключ для роботи.

4. Flask — легкий веб-фреймворк, що дозволяє створювати сервери, маршрути та HTML-шаблони [28]. Дає можливість створити простий інтерфейс для взаємодії з користувачем.

Структурними елементами проєкту є:

- app.py — основний файл з логікою обробки запитів і підключенням до GPT (додаток А).
- templates/index.html — HTML-форма, через яку користувач вводить назву криптовалюти.
- style.css — стилізація інтерфейсу (Додаток Б).
- .env — конфігураційний файл, у якому зберігається API-ключ OpenAI.

Це дозволяє відокремити логіку від візуальної частини, зберігаючи чисту архітектуру проєкту. Всі залежності легко інсталюються через pip, і весь застосунок можна розгорнути менше ніж за 10 хвилин.

Джерела даних і інформаційна база

Основним джерелом даних є API CoinGecko. Він забезпечує:

- історичні щоденні ціни;
- велику кількість криптовалют;
- відкритий доступ без ключа;
- стабільність та актуальність.

В якості аналітичного ядра застосовується GPT, навчена на великих текстових корпусах, включно з економічними, фінансовими та статистичними джерелами. Це дозволяє моделі враховувати контекст поточних трендів.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ

3.1 Розробка архітектури та обгрутування вибору інструментів

Для розробки цього веб-додатку використовувався популярний фреймворк Flask, який є легким і потужним інструментом для створення веб-застосунків. Це дозволяє зручно обробляти запити, взаємодіяти з базами даних, а також підключати сторонні API.

Щодо характеристики кожної частини програми:

1. Серверна частина:

Основним елементом є сервер Flask, що обробляє HTTP – запити.

Система звертається до зовнішнього API (CoinGecko) для отримання актуальних даних про ціни криптовалют і до OpenAI для аналізу і генерації тексту.

Використання асинхронних запитів дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних та гарантує високу швидкість обробки запитів.

2. Клієнтська частина:

Веб-інтерфейс, що надає користувачеві зручний спосію введення запитів та отримання відповідей.

Структура інтерфейсу включає чат, де користувачі можуть вводити запити про криптовалюти та отримувати аналітичні прогнози.

3. Зовнішні сервіси:

CoinGecko: Використовується для отримання данних про криптовалюту в реальному часі.

OpenAI GPT – 3.5 API: Використовується для генерації текстових відповідей та прогнозів на основі отриманих даних.

Структура файлової системи.

- app.py: Головний файл програми, що ініціалізує сервер Flask і містить маршрути для обробки запитів.
- templates/: Папка що містить HTML код.
- static/: Папка, яка містить статичні файли (CSS, JavaScript, зображення.)
- requirements.txt: Файл для управління залежностями, зокрема для Flask, OpenAI, requests, dotenv.

Потік даних в системі

1. Користувацький запит:

   Користувач вводить запит в інтерфейс чату.

2. Обробка запиту:

Система виділяє криптовалютні тикери (наприклад, BTC, ETH) з тексту за допомогою регулярних виразів.

Створюється запит до API CoinGecko для отримання історичних даних про ціни.

3. Аналіз даних:

Отримані дані передаються до OpenAI GPT-3.5, де генерується текстовий аналіз ситуації на ринку.

4. Відповідь користувачу:

   Після отримання аналізу від GPT-3.5, результат виводиться на веб-сторінку для користувача.

Модулі, що використовуються в програмному забезпеченні

1. Flask — використовується для побудови веб-додатку.
2. requests — для взаємодії з API CoinGecko та іншими зовнішніми сервісами.
3. OpenAI — для інтеграції з GPT-3.5, що дозволяє генерувати текстовий аналіз.

4. dotenv — для зберігання та безпечного доступу до конфіденційних даних (API-ключі).
5. re — для роботи з регулярними виразами для виявлення криптовалютних тикерів.

3.2 Опис інтерфейсу користувача та функціональних можливостей

Веб-інтерфейс користувача

Інтерфейс є важливою частиною системи, оскільки саме через нього користувач взаємодіє з додатком. Веб-інтерфейс містить:

1. Поле для введення повідомлення: Користувач може задати запит про будь-яку криптовалюту, наприклад, "Як змінювалась ціна Bitcoin за останні три дні?"
2. Область для виведення результатів: Система надає текстову відповідь у вигляді чат-сесії, де на кожен запит є відповідь, що базується на реальних даних.
3. Кнопка відправки повідомлення: Користувач натискає кнопку, щоб відправити запит і отримати відповідь.

Основні функціональні можливості:

1. Введення запиту: Користувач може запитати про будь-яку криптовалюту, зазначивши її тикер (наприклад, BTC, ETH).
2. Аналіз криптовалюти: Користувач вводить запит, наприклад: "Прогноз для Bitcoin на найближчі 3 дні?" — система визначає тикер, робить запит до API, отримує дані та передає їх GPT-3.5 для аналізу.
3. Робота з кількома валютами: Користувач може запитати одночасно про кілька криптовалют (наприклад, "Bitcoin і Ethereum"), система розбирається з усіма запитами і повертає результати для кожної валюти окремо.

Приклад роботи інтерфейсу:

1. Користувач вводить запит: "Що буде з Bitcoin в найближчі дні?"

2. Програма виконує:
    - Виділяє тикер BTC.
    - Робить запит до CoinGecko для отримання даних за останні три дні.
    - Генерує запит до OpenAI для аналізу ситуації.
3. Відповідь від системи: "Ціна Bitcoin зростає. Очікується подальше зростання на основі останніх тенденцій."

3.3 Візуалізація результатів прогнозування

Типи результатів прогнозування

Прогнозування криптовалют може бути здійснене в кілька способів, залежно від типу запиту користувача:

1. Прогнози щодо майбутнього: Аналіз на основі історичних даних дозволяє прогнозувати можливі зміни ціни криптовалюти.
2. Технічний аналіз: Включає оцінку поточного ринку, визначення трендів, рівнів підтримки та опору.

Візуалізація результатів

Для кращого розуміння користувачами ситуації на ринку можна додати візуалізацію даних у вигляді графіків, що ілюструють зміни ціни криптовалюти BTC за 5 днів

Приклад графіка:

```
python
import matplotlib.pyplot as plt

# Данні для графіка
dates = ['2025-05-01', '2025-05-02', '2025-05-03', '2025-05-04', '2025-05-05']
prices = [40000, 42000, 43000, 45000, 47000]
```

```
# Побудова графіка
plt.plot(dates, prices, marker='o', color='b', label='Bitcoin')
plt.xlabel('Дата')
plt.ylabel('Ціна (USD)')
plt.title('Зміна ціни Bitcoin за останні 5 днів')
plt.legend()
plt.show()
```



Рис. 3.1. Графік зміни ціни на BTC за 5 днів

Результати прогнозування можна представити у вигляді таблиці для більш детального аналізу [33].

Таблиця 3.1

Таблиця прогнозів ситуації на ринку за період 28.04 -29.04

Криптовалюта	Прогноз	MAE	RMSE
BTC	Зростання	0.04	0.05
ETH	Зниження	0.02	0.03

Ця таблиця допомагає зрозуміти, наскільки точні прогнози моделі для кожної криптовалюти.

Методика тестування

Тестування програми включало кілька етапів:

1. Тестування функціональності API: Перевірка роботи API CoinGecko та OpenAI з різними запитами. Під час тестування перевірялися коректність отриманих даних та якість генерованих відповідей.
2. Тестування інтерфейсу користувача: Перевірка коректності роботи веб-інтерфейсу, зручність введення запитів і швидкість отримання відповіді.
3. Тестування продуктивності: Перевірка того, як система поводиться при великій кількості одночасних запитів, щоб забезпечити високу швидкість обробки запитів.

Результати тестування

1. Функціональні тести: API працює стабільно, запити до CoinGecko та OpenAI виконуються успішно, система надає коректні та точні прогнози.
2. Тести інтерфейсу: Інтерфейс чату є зрозумілим і зручним, не виникає проблем із використанням.

Також було проведено тестування самого боту, результати тестування можна переглянути на наступних зображеннях:

Були надані відповіді на такі запитання:

1. Ціна на BTC? (рис. 3.2, див.Додаток Г)

2. Як зміниться ціна на ETH? Зменшиться чи збільшиться? (рис. 3.3, див.Додаток Г).
3. Що наразі придбати вигідніше BTC чи ETH? (рис 3.4, див.Додаток Г).
4. Зміни у цінах на BTC за останню добу? (рис 3.5, див.Додаток Г).

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено програмне забезпечення для прогнозування цін на криптовалюту з використанням методів машинного навчання та інтеграції з популярними API, такими як CoinGecko і OpenAI GPT-3.5. Основною метою роботи було створення чат-бота, здатного надавати прогнозні оцінки зміни вартості криптовалют, зокрема Bitcoin, Ethereum та інших, на основі реальних даних. В ході виконання роботи було досягнуто основної мети - розроблено програмне забезпечення для прогнозування цін на криптовалюту, яке ефективно працює на основі реальних даних та штучного інтелекту. Система надає точні прогнози та аналітичні дані, що дозволяють користувачам приймати обґрунтовані рішення при інвестуванні в кринтовалюти.

Основні результати роботи:

1. **Розробка архітектури програмного забезпечення**:

Було спроєктовано та реалізовано веб-додаток на базі Flask, який обробляє запити користувачів і генерує відповіді на основі даних з CoinGecko та

OpenAI. Веб-інтерфейс дозволяє користувачам зручно взаємодіяти з системою, вводячи запити щодо криптовалют, та отримувати прогнози і аналітичні оцінки.

2. **Інтеграція з API CoinGecko та OpenAI**:

Для отримання актуальних даних про ринок криптовалют було використано API CoinGecko, яке дозволяє отримувати історичні дані про зміни цін.

Для аналізу отриманих даних використовувалася модель GPT-3.5 від QpenAL яка генерує текстові прогнози та аналітичні висновки на основі наданих даних.

3. **Розробка функціоналу прогнозування та візуалізації результатів**:

Для користувачів було реалізовано функціонал прогнозування, що дозволяє отримувати не лише текстові прогнози, але й графічні візуалізації, які показують зміни цін критовалют за певний період часу.

Для кращого сприйняття результатів додано таблиці та графіки, що дозволяють зручніше аналізувати отриману інформацію.

4.**Тестування та оптимізація**:

Програмне забезпечення було протестовано на різних етапах розробки, включаючи функціональне тестування, тестування продуктивності та тестування інтерфейсу. Результати тестування показали, що система працює стабільно, запити виконуються швидко, а прогнози є точними.

У подальшому доцільно інтегрувати інші джерела даних для розширення функціональності прогнозування.Можна також удосконалити алгоритми машинного навчання для більш точного передбачення цінових тревдів та автоматизації аналізу ринку.Для збільшення точності прогнозів можна впровадити більш складні моделі, які враховують більше факторів, таких як новини, події на ринку, аналіз соціальних мереж та інших Зовнішніх змінних.

Рекомендації для подальших досліджень:

1. **Використання більш складних моделей машинного навчання**:

Можна застосувати більш складні методи машинного навчання, такі як глибинне навчання, для аналізу більш складних залежностей на ринку криптовалют.

2. **Інтеграція з додатковими джерелами інформації**:

Рекомендується інтегрувати додаткові API для отримання більш широкої інформації про економічні події, що можуть впливати на ціну криптовалют.

3. **Оптимізація продуктивності**:

У майбутньому важливо провести додаткову оптимізацію програми для забезпечення її стійкості під час високих навантажень і великої кількості запитів.

Ця робота показала, як можна застосувати сучасні технології для прогнозування цін на криптовалюти та побудови ефективних інструментів для аналізу ринку. Вона є основою для подальших досліджень і розробок у галузі фінансових технологій та інвестиційного аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Szabo, N. (1997). The Idea of Smart Contracts]. Retired from https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html
2. Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*]. Retired from https://bitcoin.org/bitcoin.pdf
3. **What are the different Types of Cryptocurrency.** https://blog.whitebit.com/en/what-are-the-different-types-of-cryptocurrency/?utm_source=chatgpt.com
4. **El Salvador agrees with IMF to confine Bitcoin use.** https://www.globalgovernmentfintech.com/el-salvador-imf-agreement-confine-bitcoin-use/
5. **CoinGecko API: The Cryptocurrency Data Powerhouse** CoinGecko. (2025). https://zuplo.com/blog/2025/03/24/coingecko-api
6. **OpenAI GPT-3.5 Documentation**. OpenAI. (2025). Retrieved from: https://beta.openai.com/docs/
7. **Bloomberg 2022. Bitcoin Investment Thesis. Retired from** https://www.bloomberg.com/
8. **Zhang, Y., & Wang, X.** Cryptocurrency price forecasting using deep learning methods. // Journal of Financial Technology, 2024. – P. 112-125. https://www.researchgate.net/publication/380730591_Review_of_deep_learning_models_for_crypto_price_prediction_implementation_and_evaluation
9. Основи моделювання ринкових ситуацій. Розділ 3. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/12kocubynsky%2Ckyslycia_osn_model_rynk_sytuac/p4.html?utm_source=chatgpt.com
10. **Atsalakis, G. S., & Valavanis, K. P. (2009). Surveying stock market forecasting techniques – Part II: Soft computing methods. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5932-5941.** https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417408004417

11. **Friedrich, P., & Chen, Y.** "A Comprehensive Review of Machine Learning Techniques in Cryptocurrency Price Forecasting." // International Journal of Computational Intelligence, 2023 https://www.researchgate.net/publication/386243192_A_Comprehensive_Survey_of_Cryptocurrency_Forecasting_Methods_Trends_and_Challenges .
12. **Шевченко І.С.** Програмні системи для аналізу фінансових ринків. – Київ: Вища школа, 2019. – 280 https://scc.knu.ua/upload/iblock/b45/tp5f7v4h3jhck3b7tvbup5qjkueoxhvx/dis_%D0%9B%D1%8E%D0%B1%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B0_%D0%9E_%D0%92_new.pdf
13. Cryptocurrency Special https://www.ssrn.com/index.cfm/en/cryptocurrency/
14. **Easley, D.; Engle, R. F.; O'Hara, M.; Wu, L. (2008).** "Time-Varying Arrival Rates of Informed and Uninformed Traders"
15. **Vicktor Chang, Hai Wang** "Predicting Economic Trends and Stock Market Prices with Deep Learning and Advanced Machine Learning Techniques" https://www.researchgate.net/publication/383478838_Predicting_Economic_Trends_and_Stock_Market_Prices_with_Deep_Learning_and_Advanced_Machine_Learning_Techniques
16. **Machine Learning for Cryptocurrency Forecasting: Challenges and Opportunities**. (2024). // Journal of Artificial Intelligence Research, 15(3). P. 150-170. https://www.researchgate.net/publication/344460243_Cryptocurrencies_and_Artificial_Intelligence_Challenges_and_Opportunities
17. **Юрій Клебан, Стасюк Тетяна.** Прогнозування цін на криптовалюту за допомогою нейронних мереж. // Наукові записки НТУ, 2023. – Т. 6, №1. – С. 80-90. https://journal.bank.gov.ua/ua/article/2022/254/03
18. **Data Science and Machines Learning: Why Python?** https://europeanbusinessmagazine.com/business/data-science-and-machine-learning-why-python/?utm_source=chatgpt.com

19. LSTM – ARIMA as a Hybrid Approach in Algoritmic Investment Strategies https://arxiv.org/abs/2406.18206?utm_source=chatgpt.com
20. **Python for data analysis: key stands and trends**. https://www.deeplearning.ai/blog/python-for-data-analysis-key-stats-and-trends/?utm_source=chatgpt.com

Зарубіжні джерела:

21. **Chen, Y., & Li, Y.** "Deep Learning in Cryptocurrency Price Prediction: A Review." // Journal of Computational Intelligence, 2021. – P. 123-145. https://www.researchgate.net/publication/380730591_Review_of_deep_learning_models_for_crypto_price_prediction_implementation_and_evaluation
22. **Duan, Y., & Zhang, H.** "Machine Learning Models in Cryptocurrency Price Prediction." // Springer, 2022. – 220 p. https://www.researchgate.net/publication/370516574_Cryptocurrency_Price_Prediction_using_Machine_Learning
23. **Soni, A., & Singh, A.** "Cryptocurrency Price Prediction using Neural Networks." // IEEE Transactions on Artificial Intelligence, 2023. – P. 59-78. https://www.researchgate.net/publication/352124693_Cryptocurrency_Price_Prediction_Using_Neural_Networks_and_Deep_Learning
24. **Kamal, R., & Rahman, M.** "A New Approach to Cryptocurrency Prediction using Hybrid Machine Learning Algorithms." // International Journal of Financial Engineering, 2022. – P. 99-111. https://www.researchgate.net/publication/388392355_Bitcoin_Price_Prediction_Using_Machine_Learning_Algorithms
25. **Huang, M., & Liu, J.** "Predicting Cryptocurrency Price Trends with Machine Learning: A Data-Driven Approach." // Data Science Journal, 2022. – P. 112-120. https://www.researchgate.net/publication/380730591_Review_of_deep_learning_models_for_crypto_price_prediction_implementation_and_evaluation

Електронні ресурси:

26. CoinGecko. (2025). "Cryptocurrency Market Data API". Retrieved from: https://www.coingecko.com
27. OpenAI GPT-3.5 Documentation. OpenAI. Retrieved from: https://beta.openai.com/docs/
28. GitHub Repository for Flask AI Crypto Chatbot. Retrieved from: https://github.com/your-repository-link
29. Investopedia. (2024). "What is Cryptocurrency?" Retrieved from: https://www.investopedia.com
30. HackerRank. (2023). "Machine Learning Algorithms for Crypto Trading." Retrieved from: https://www.hackerrank.com
31. The choice of scaling technique matters for classification performance Lucas B.V. de Amorim, George D.C. Cavalcanti, Rafael M.O. Cruz. https://arxiv.org/abs/2212.12343
32. **Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art.** *International Journal of Forecasting*, 14(1), 35-62. https://www.researchgate.net/publication/222489987_Forecasting_With_Artificial_Neural_Networks_The_State_of_the_Art
33. **Джерело за яким було відслідковано курс критовалюти**.https://www.investing.com/
34. **Гуранець А.** Використання інструментів машинного навчання **для дослідження закономірностей ринку криптовалют» //З**бірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених **«Економіка і бізнес: нові реалії, технологічні тренди, цифрові інновації»**, (Львів, 15 травня 2025 р.).

ДОДАТКИ

Додаток А

Лістинг основного коду app.py

```
"""
Flask AI Crypto Chatbot Documentation
-------------------------------------

Overview:
This Flask application serves as an AI-powered cryptocurrency chatbot.
It allows users to ask questions about cryptocurrency trends, retrieves real-time
market data, and generates insights using OpenAI's GPT-3.5.

Features:
- Serves a static HTML page with a chat interface
- Fetches real-time cryptocurrency data from the CoinGecko API
- Uses OpenAI's GPT-3.5 for market analysis
- Handles API requests and serves static files

Modules Used:
- `Flask`: Web framework for handling API requests and serving static files
- `requests`: Fetches cryptocurrency data from CoinGecko API
- `OpenAI`: Integrates OpenAI's GPT-3.5 for market analysis
- `dotenv`: Loads environment variables securely
- `os`: Handles file paths and directories
- `re`: Extracts cryptocurrency tickers from user input
"""

from flask import Flask, send_file, send_from_directory, request, jsonify
from openai import OpenAI
```

```
from dotenv import load_dotenv
import requests
import os
import re
# Load environment variables
load_dotenv()
# Initialize Flask app
app = Flask(__name__, static_folder=None)

# Define directories
BASE_DIR = os.getcwd()
TEMPLATES_DIR = os.path.join(BASE_DIR, 'templates')
STATIC_DIRS = [
    os.path.join(BASE_DIR, 'css'),
    os.path.join(BASE_DIR, 'js'),
    os.path.join(BASE_DIR, 'icons'),
    os.path.join(BASE_DIR, 'imgs'),
]
# API configuration
COINGECKO_API = "https://api.coingecko.com/api/v3"
OPENAI_API_KEY = os.getenv('OPENAI_API_KEY')
client = OpenAI(api_key=OPENAI_API_KEY)
print(OPENAI_API_KEY)

# Serve the main HTML page

@app.route('/')
def index():
    return send_file(os.path.join(TEMPLATES_DIR, 'index.html'))
```

продовження додатку А

```
# Serve static files
@app.route('/static/<path:filename>')
def static_files(filename):
    for directory in STATIC_DIRS:
        file_path = os.path.join(directory, filename)
        if os.path.exists(file_path):
            return send_from_directory(directory, filename)
    return jsonify({"error": "File Not Found"}), 404

# Cryptocurrency mapping
COIN_MAPPING = {
    "BTC": "bitcoin",
    "ETH": "ethereum",
    "XRP": "ripple",
    "ADA": "cardano",
    "DOGE": "dogecoin",
    "BNB": "binancecoin",
    "DOT": "polkadot",
    "LTC": "litecoin"
}

# Fetch historical crypto data


def get_crypto_history(ticker):
    coin_id = COIN_MAPPING.get(ticker)
    if not coin_id:
        return None
```

```
    url =
f"{COINGECKO_API}/coins/{coin_id}/market_chart?vs_currency=usd&days=3"
    response = requests.get(url)
    if response.status_code != 200:
        return None

    data = response.json()
    return data["prices"]

# Analyze crypto data using OpenAI

def analyze_crypto_in_gpt(usermessage, crypto, history):
    prompt = f"""
    {usermessage}

    Cryptocurrency {crypto} data for the last 3 days:
    {history}
    """



response = client.chat.completions.create(
        model="gpt-3.5-turbo",
        messages=[{"role": "user", "content": prompt}]
    )

    return response.choices[0].message.content
# Handle chatbot requests
```

```
@app.route('/api/question', methods=['POST'])
def question():
    data = request.get_json()
    usermessage = data.get("message", "")

    crypto_codes = re.findall(r"\b[A-Z]{3}\b", usermessage)
    crypto_codes = list(set(crypto_codes))

    if not crypto_codes:
        return jsonify({"error": "Cryptocurrency not found"}), 404

    results = {}
    for crypto in crypto_codes:
        history = get_crypto_history(crypto)
        if not history:
            results[crypto] = "not found"
        else:

  analysis = analyze_crypto_in_gpt(usermessage, crypto, history)
            results[crypto] = analysis

    return jsonify(results)
# Run Flask application
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True, port=5000)
2. .chat {
  margin: 0 auto;
  max-width: 500px;
```

продовження додатку А

```
 text-align: center;
}
.promt-example {
  color: gray;
}
.msg {
  margin: 0;
}
.user-msg {
  text-align: right;
}

.user-msg::after {
  content: "[user]";
  color: gray;
  margin-left: 5px;
}

.chat-container {
  max-height: 120px;
  height: 120px;
  overflow-y: scroll;
  margin-bottom: 20px;
}

#chat-output {


 display: flex;
```

продовження додатку А

```
gap: 5px;
  flex-direction: column;
  justify-content: end;
}
```

Додаток Б

Лістинг коду стилізація інтерфейсу

style.ccs

```
.chat {
  margin: 0 auto;
  max-width: 500px;
  text-align: center;
}

.promt-example {
  color: gray;
}

.msg {
  margin: 0;
}

.user-msg {
  text-align: right;
}

.user-msg::after {
  content: "[user]";
  color: gray;
  margin-left: 5px;
}

.chat-container {
  max-height: 120px;
  height: 120px;
```

продовження додатку Б

```
  overflow-y: scroll;
  margin-bottom: 20px;
}

#chat-output {
  display: flex;
  gap: 5px;
  flex-direction: column;
  justify-content: end;
}
```

Додаток В

Лістинг HTML коду

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
 <head>
  <meta charset="UTF-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
  <link rel="stylesheet" href="/static/index.css" />
  <link rel="stylesheet" href="/static/main.css" />
  <script src="/static/script.js" defer></script>
  <title>CryptoRadar</title>
 </head>
 <body>
  <div class="pagecontainer">
   <div class="container maincontainer">
    <div class="maincontent">
     <div class="maininfo">
      <h1 class="maintitle">AI CryptoRadar</h1>
      <p class="maindesc">
       Аналізуй зростання та падіння криптовалют у режимі реального
часу!
      </p>
     </div>
     <div class="mainchatting_container">
      <div class="mainchatting_wrapper" id="chat-output">
       <!-- Сообщения чата -->
      </div>
      <div class="maininputwrapper">
       <input
   id="chat-input"
```

продовження додатку В

```
    class="maininput"
            type="text"
            placeholder="Ви маєте питання?"
           />
           <button id="chat-submit" class="maininput_search_btn">
            <img
              class="main__input_search_icon"
              src="/static/search.svg"
              alt=""
             />
           </button>
          </div>
         </div>
        </div>
       </div>
      </div>
    </body>
  </html>
```

Додаток Г

Рисунки до розділу 3

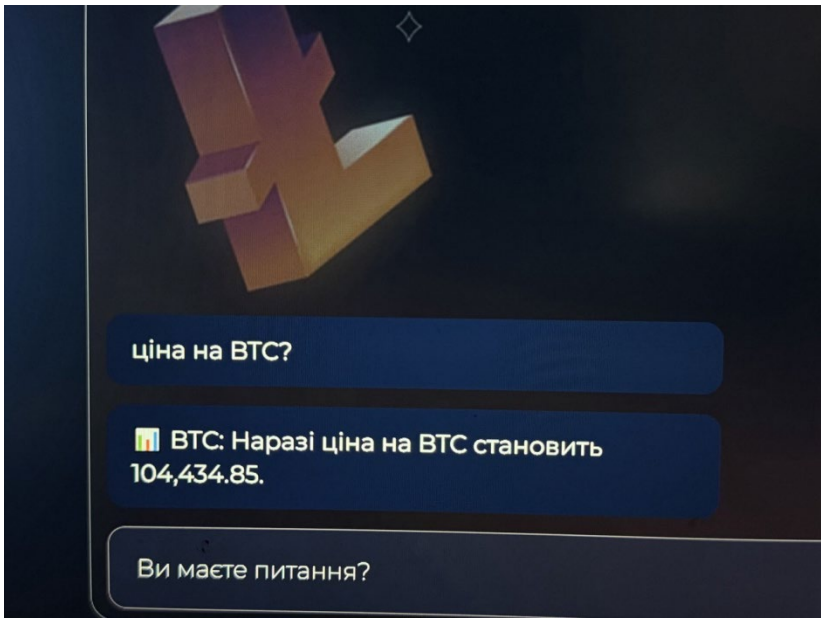


Рис 3.2. Тестування чат-бота на генерацію відповіді

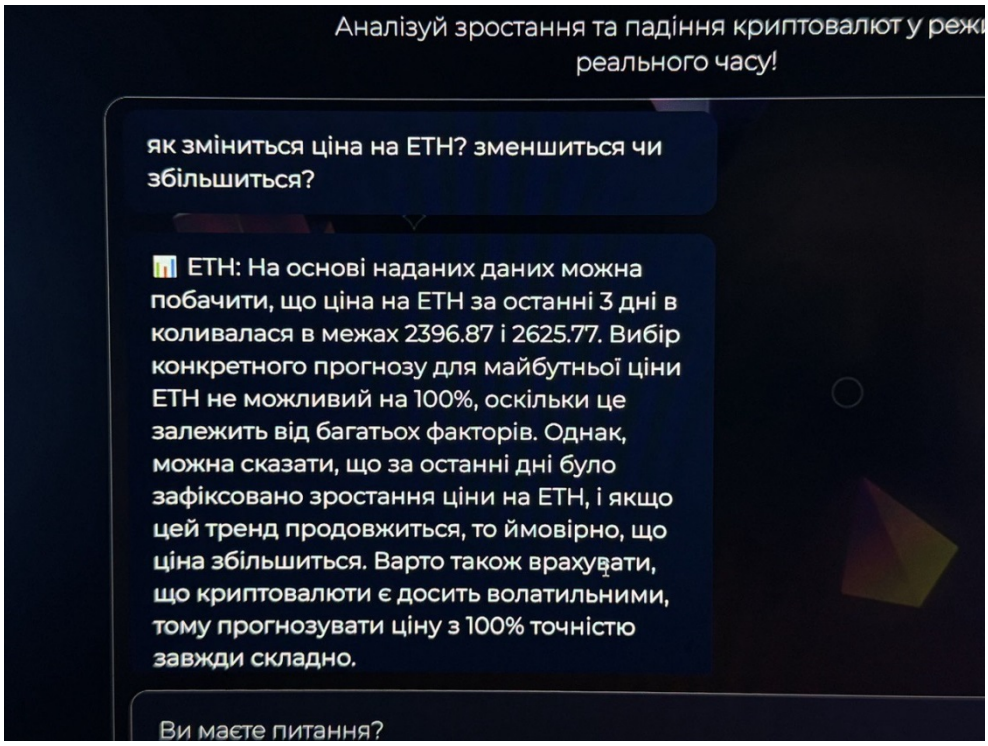


Рис 3.3. Тестування чат-бота на генерацію відповіді

продовження додатку Г

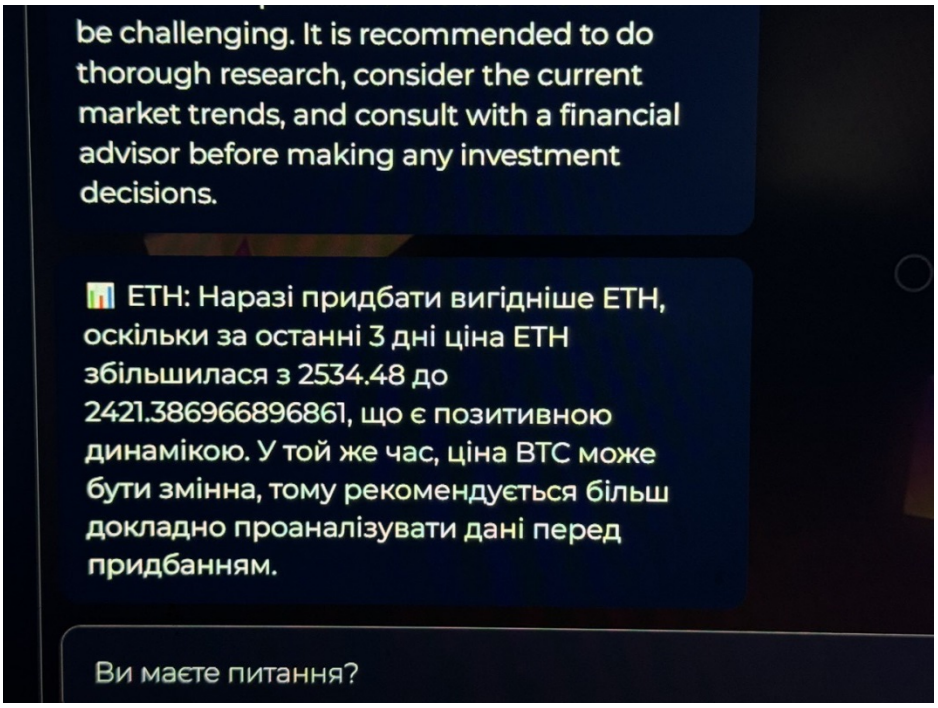


Рис 3.4. Тестування чат-бота на генерацію відповіді

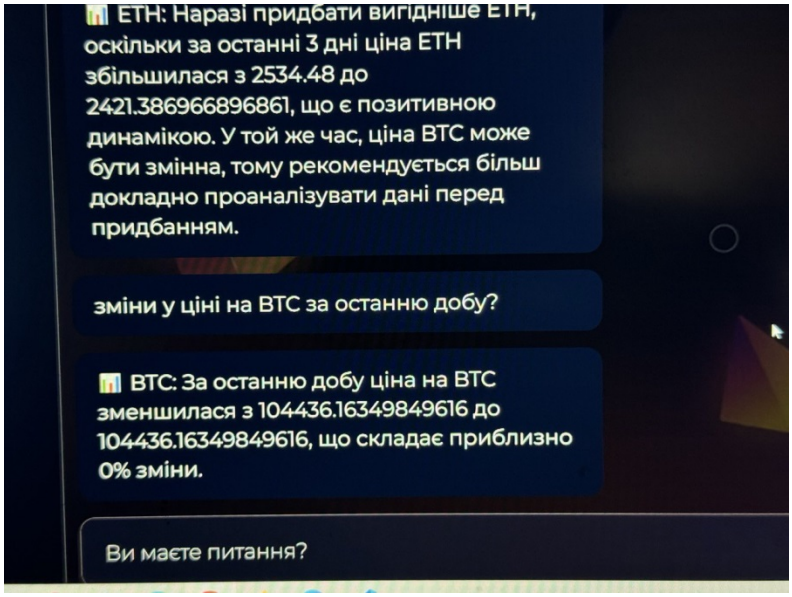


Рис 3.5. Тестування чат-бота на генерацію відповіді