Міністерство освіти і науки України

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

Факультет економічних наук

Кафедра фінансів

Магістерська робота

ОСВІТНІЙ СТУПІНЬ - МАГІСТР

на тему: «**ХЕДЖУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТ ЗА ДОПОМОГОЮ BITCOIN ДЕРИВАТИВІВ**»

Виконав: студент 2-го року навчання,Спеціальності 072 «Фінанси, банківська справа та страхування»

Макаренко Андрій Олександрович

Керівник: Долінський Л.Б.
доктор економічних наук, професор кафедри фінансів

Рецензент: Вітлінський В.В.

Магістерська робота захищена з оцінкою «_____»

Секретар ЕК _____
«_____»_____2024 р.

Київ 2024

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ХЕДЖУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТ ЗА ДОПОМОГОЮ BITCOIN ДЕРИВАТИВІВ 6

1.1 Доцільність та необхідність у хеджуванні на криптовалютному ринку. 6

1.2 Bitcoin деривативи: сутність, роль та застереження у використанні. 14

1.3 Аналіз обсягів торгів Bitcoin ф'ючерсами на фондовому ринку 26

Висновки до розділу 1 33

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК КЛЮЧОВОГО ЕЛЕМЕНТУ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ 35

2.1 Роль прогнозування в контексті хеджування ризиків на ринку криптовалют 35

2.2 Побудова моделей часових рядів у прогнозуванні цін на ф’ючерси Bitcoin’а 37

2.3 Порівняння точності моделей часових рядів як інструменту прогнозування цін на ринку криптовалют 55

Висновки до розділу 2 57

РОЗДІЛ 3. ГЛОБАЛЬНИЙ РОЗВИТОК РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ ТА СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ДО НЬОГО 58

3.1 Ефективність моделей прогнозування цін на ф'ючерси Bitcoin’у 58

3.2 Зростання ринку криптовалют в Україні: історія, сучасний стан на перспективи 63

3.3 Майбутнє криптовалют, зокрема Біткоін’а: підходи, виклики та перспективи 67

Висновки до розділу 3 72

ВИСНОВКИ 74

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 76

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Криптовалюти стали невід’ємною складовою сучасної фінансової системи, привертаючи увагу інвесторів, бізнесменів та індивідуальних споживачів. За останні кілька років капіталізація криптовалютного ринку виявила значний ріст, оснований на розростанні технології блокчейн. Цей новий активний клас став об'єктом інтенсивного інвестування та спекуляцій. Проте, криптовалюти також призначені для великих коливань вартості, що створює ризики для інвесторів. Відсутність регулювання та висока ступінь нестабільності ринку роблять криптовалюти привабливими для хеджування за допомогою похідних інструментів, зокрема Bitcoin деривативів.

Bitcoin, як лідер криптовалютного ринку, займає центральне місце в цьому контексті. Bitcoin деривативи надають можливість інвесторам та учасникам ринку мінімізувати ризики, пов'язані з коливаннями ціни Bitcoin, а також забезпечують ліквідність для торгівлі на ринку криптовалют. Ця тема стає все більше актуальною в умовах розвитку криптовалютного ринку та зростання інтересу до нього. Дослідження з хеджування криптовалют за допомогою Bitcoin деривативів є важливим для розуміння та управління ризиками в цьому швидкозмінюючому середовищі.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження є аналіз та розгляд можливостей та стратегій хеджування криптовалют, зокрема Bitcoin, за допомогою похідних інструментів. Головними *завданнями є:*

1. Вивчення та аналіз різних видів Bitcoin деривативів та їх характеристик.

2. Розгляд методів та стратегій хеджування криптовалют, які використовуються на ринку.

3. Вивчення інструментів та підходів до вимірювання ризиків в хеджуванні криптовалют.

4. Оцінка ефективності різних методів хеджування та їх вплив на інвестиційний портфель.

5. Розгляд практичних аспектів хеджування Bitcoin та визначення оптимальних стратегій для інвесторів та учасників ринку.

Об'єктом дослідження є процес хеджування криптовалют, зокрема Bitcoin.

Предметом дослідження є Bitcoin деривативи, їх характеристики, стратегії та ефективність в ризиковому управлінні.

Методами дослідження є:

1. Аналіз наукової літератури: Для ретельного розуміння сучасних тенденцій та теоретичного фундаменту хеджування криптовалют, буде проведений аналіз наукових публікацій та досліджень у галузі фінансів, криптовалют і похідних інструментів.

2. Статистичний аналіз ринкових даних: Для оцінки ефективності стратегій хеджування та вимірювання ризиків буде використаний статистичний аналіз цінових та ринкових даних криптовалют та Bitcoin деривативів.

3. Моделювання стратегій хеджування: З метою визначення оптимальних стратегій хеджування та їх впливу на інвестиційний портфель, будуть створені математичні моделі для аналізу та порівняння різних підходів.

Інформаційна база дослідження. Інформаційну базу дослідження становлять актуальна наукова література з області криптовалют, фінансів та похідних інструментів. Також важливим джерелом інформації будуть дані ринку та статистика з популярних криптовалютних бірж.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні положення, що визначають наукову новизну магістерської роботи, полягають у наступному:

удосконалено:

- аналіз та оцінцка різних методів та стратегій хеджування криптовалют за допомогою похідних інструментів.

набули подальшого розвитку:

- вивчення впливу хеджування на інвестиційний портфель та ризики вкладень в криптовалюти.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність одержаних результатів дослідження полягає у підвищенні рівня розуміння та зменшенні ризиків для інвесторів та учасників криптовалютного ринку при хеджуванні Bitcoin за допомогою похідних інструментів. Результати цього дослідження можуть бути використані в наступних сферах:

1. Фінансові інституції: Банки, інвестиційні компанії та хедж-фонди можуть використовувати рекомендації та стратегії, розроблені в цьому дослідженні, для оптимізації управління ризиками та збільшення ліквідності в криптовалютних портфелях.

2. Інвестори: Індивідуальні та інституційні інвестори можуть скористатися рекомендаціями щодо хеджування криптовалют, щоб захистити свої інвестиції в умовах високої волатильності ринку.

3. Регулятори: Органи фінансового регулювання можуть використовувати результати дослідження для розробки політики та стандартів, спрямованих на забезпечення стабільності ринку криптовалют та захисту інвесторів.

4. Трейдери та біржі: Професійні трейдери та криптовалютні біржі можуть використовувати рекомендації та стратегії для оптимізації торгових операцій та збільшення ліквідності ринку.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ХЕДЖУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТ ЗА ДОПОМОГОЮ BITCOIN ДЕРИВАТИВІВ

1.1 Доцільність та необхідність у хеджуванні на криптовалютному ринку.

Хеджування на криптовалютному ринку починається з розуміння базових концепцій, які стоять за цією стратегією управління ризиками. Хеджування, в широкому розумінні, є методом зменшення або нейтралізації потенційних втрат в інвестиціях через використання різноманітних фінансових інструментів або ринкових стратегій. В контексті криптовалют, де волатильність цін є значною, хеджування набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє інвесторам захистити свої портфелі від непередбачуваних коливань ринку.

Значення хеджування для криптовалютного ринку не може бути переоцінене, зокрема, в умовах економічної невизначеності та змін у політичних режимах, які можуть призвести до раптових змін вартості цифрових активів. Дослідження, опубліковані в останні роки, підтверджують, що криптовалюти можуть виступати як інструмент хеджування проти економічної політичної невизначеності, зокрема проти коливань вартості традиційних активів, таких як акції та облігації [1].

Важливо розуміти, що хеджування на криптовалютному ринку несе в собі певні ризики і складності. Це зумовлено, з одного боку, високою волатильністю криптовалют як активів, а з іншого - обмеженими можливостями їх хеджування через відносно молодий вік та нерозвиненість відповідних фінансових інструментів і ринків. Так, наприклад, хоча Bitcoin і Ethereum можуть виступати як інструменти хеджування в короткостроковій перспективі, їх ефективність як захисту від ризиків може знижуватись у довгостроковій перспективі [2].

В контексті підходів до хеджування криптовалют, дослідження вказують на важливість розробки комплексних стратегій, що включають в себе використання різноманітних фінансових інструментів та аналізу ринкових умов.

Це дозволяє не тільки захистити інвестиційні портфелі від негативних ринкових змін, але й оптимізувати потенційний дохід від інвестицій у криптовалюти.

Аналізуючи волатильність криптовалютних ринків, важливо розуміти, що вона представляє значні ризики та можливості для інвесторів. Криптовалюти, як Біткоїн, характеризуються значними коливаннями цін, що може привести до високих втрат або прибутків за короткий період часу. Ця волатильність створює необхідність для інвесторів шукати ефективні методи управління ризиками, серед яких хеджування займає ключове місце.

Хеджування може допомогти зменшити потенційні втрати, страхуючи інвесторів від негативних рухів цін. Наприклад, застосування ф'ючерсів на Біткоїн або інших деривативів дозволяє інвесторам блокувати ціни на купівлю або продаж криптовалют у майбутньому, тим самим захищаючи їх від несподіваних змін на ринку.

Враховуючи взаємозв'язок криптовалют з іншими активами, деякі дослідження вказують на здатність криптовалют слугувати хеджем проти традиційних фінансових інструментів, таких як акції або облігації. Проте, ефективність криптовалют як інструменту хеджування може залежати від різних чинників, включаючи загальну економічну ситуацію, рівень прийняття криптовалют у суспільстві та динаміку геополітичних подій.

Дослідження "Bitcoin and Portfolio Diversification: A Portfolio Optimization Approach" показує, як Біткоїн може бути включений до інвестиційного портфеля для покращення диверсифікації та зменшення загального ризику портфеля. Воно демонструє, що портфелі з Біткоїном мають кращі показники за деякими критеріями, ніж портфелі без Біткоїна, що свідчить про потенційні переваги включення криптовалют до загальної стратегії інвестування та хеджування [3].

Інше дослідження, "Portfolio Diversification, Hedge and Safe-Haven Properties in Cryptocurrency Investments and Financial Economics: A Systematic Literature Review", проводить глибокий огляд існуючих наукових робіт з метою визначення ролі криптовалют у диверсифікації портфеля, їх властивостей хеджування та безпечного притулку. Виявлено, що криптовалюти можуть слугувати не лише як інструменти для диверсифікації портфеля, але й як хедж проти традиційних фінансових інструментів і геополітичних ризиків. Дослідження також зазначає, що певні криптовалюти, зокрема стейблкоїни, можуть володіти властивостями безпечності в певних умовах, незважаючи на їх змінну прив'язку до долара США [4].

Це дослідження допомагає краще зрозуміти комплексні взаємозв'язки між криптовалютами та традиційними фінансовими активами, а також надає важливі напрямки для майбутніх досліджень щодо оптимізації портфельних стратегій з використанням криптовалют. Враховуючи швидкий розвиток криптовалютного ринку, ці знаходження можуть бути особливо корисними для інвесторів, аналітиків та регуляторів, які прагнуть зрозуміти потенційні ризики та можливості, пов'язані з інвестиціями в криптовалюти.

Загалом, хеджування в контексті криптовалютних інвестицій вимагає глибокого розуміння ринкових умов, властивостей конкретних криптовалют та доступних фінансових інструментів. Розробка ефективних стратегій хеджування може допомогти мінімізувати ризики та оптимізувати доходи від інвестицій у цю нову та динамічну сферу фінансів.

На криптовалютному ринку існує кілька основних ризиків, які інвестори повинні враховувати для ефективного управління своїми портфелями [5]. Серед них:

1. Волатильність: висока волатильність є характерною особливістю криптовалютних ринків, що може призвести до різких коливань цін.
2. Нормативні ризики: зміни у законодавстві можуть суттєво вплинути на ціну та доступність криптовалют.

3. Технічні ризики: ризики, пов'язані з безпекою блокчейну та можливістю хакерських атак.

4. Ринкові ризики: зміни на ринку можуть впливати на загальну інвестиційну атмосферу та спричинити зміни в ціні криптовалют.

Хеджування може бути ефективним способом мінімізації цих ризиків. Один зі способів хеджування — це розподіл інвестицій між різними типами активів, включаючи криптовалюти різної капіталізації, що може допомогти зменшити загальний ризик портфеля. Інвестиції в стабільні монети можуть також слугувати як захист від волатильності криптовалютних ринків, забезпечуючи стабільніший дохід.

Інші методи включають використання стратегії середньозваженої вартості долара для покупки або продажу активів у розстрочку, що може допомогти згладити вплив волатильності цін на інвестиції. Використання стоп-лос ордерів та балансування портфеля є ще одними інструментами для управління ризиками, дозволяючи інвесторам захистити свої інвестиції від різких падінь на ринку [6].

Важливо також розуміти свій власний рівень толерантності до ризику та мати чітку інвестиційну стратегію, щоб навігувати криптовалютним ринком з урахуванням цих ризиків. Практичні методи хеджування на криптовалютному ринку включають застосування різноманітних стратегій та інструментів, кожен з яких має свої переваги та недоліки, в залежності від конкретних ринкових умов і цілей інвестора.

Дельта-хеджування - це одна з найпоширеніших стратегій хеджування, яка полягає у покупці або продажу активів в такій кількості, щоб частково або повністю нівелювати ризик цінових змін базового активу. Ця стратегія заснована на використанні "дельти", яка є мірою чутливості ціни опціону до змін ціни базового активу.

Гамма-хеджування використовується для коригування дельта-хеджування, щоб зробити портфель більш стійким до змін в ціні базового активу. Гамма вимірює чутливість дельти до цінових змін, тож ця стратегія допомагає управляти ризиком зміни дельти.

Вега-хеджування зосереджується на зменшенні ризику, пов'язаного з волатильністю базового активу. Вега показує, як змінюється ціна опціону відповідно до зміни волатильності базового активу. Ця стратегія важлива, особливо на високоволатильних ринках, як-от криптовалютні.

Тета-хеджування спрямоване на мінімізацію ризиків, пов'язаних з часовою вартістю опціонів. Тета вимірює зміну ціни опціону через час, що залишився до його виконання. Ця стратегія дозволяє інвесторам керувати знеціненням опціонів через час.

Ріно-хеджування використовується для захисту портфеля від змін у відсоткових ставках. Ріно вимірює чутливість ціни опціону до змін у відсотковій ставці. Ця стратегія менш поширена на криптовалютному ринку, але може бути корисною при торгівлі деривативами, чутливими до відсоткових ставок.

Кожна з цих стратегій має свої особливості та може застосовуватися залежно від конкретної ситуації на ринку та цілей інвестора.

Дельта-хеджування є основою для багатьох інших форм хеджування, оскільки воно дозволяє інвесторам зменшити ризик негативного впливу зміни ціни базового активу. Гамма- і вега-хеджування додають додаткові рівні захисту, зосереджуючись на зміні чутливості ціни опціону та волатильності відповідно. Тета-хеджування важливе для тих, хто хоче захиститися від втрат, пов'язаних зі зменшенням часової вартості опціонів, тоді як ріно-хеджування може бути корисним при роботі з фінансовими інструментами, чутливими до відсоткових ставок.

Ще одним важливим інструментом для хеджування ризиків на фінансових ринках є прогнозування. Шляхом аналізу минулих даних та використанням різноманітних моделей можна спрогнозувати майбутні зміни цін, волатильності та обсягів торгів, що дозволяє інвесторам адекватно оцінювати та зменшувати ризики в своєму портфелі. Точні прогнози дозволяють ефективно реагувати на зміни на ринку, забезпечуючи більш стабільні інвестиційні стратегії та зменшуючи можливі втрати.

Оскільки криптовалютні ринки відомі своєю високою волатильністю та непередбачуваністю, застосування цих стратегій може допомогти інвесторам краще управляти ризиками та підвищити стійкість своїх портфелів до різких ринкових коливань. Важливо зауважити, що успішне хеджування вимагає глибокого розуміння як базових активів, так і хеджувальних інструментів, а також постійного моніторингу ринкової ситуації та корекції хеджувальних позицій відповідно до змін на ринку.

Два дослідження з порівняльного аналізу ефективності хеджування на ринку криптовалют та традиційних фінансових ринках допомагають отримати глибше розуміння взаємодії між цими ринками.

Перше дослідження зосереджується на динамічному зв'язку між Bitcoin та традиційними фінансовими активами, використовуючи підхід ADCC-GARCH для аналізу динамічної кореляції між Bitcoin та 14 основними фінансовими активами в різних часових вимірах за період 2013-2021 років. Результати показують, що Bitcoin має позитивний зв'язок з активами з високим ризиком, включаючи акції, облігації та товари, та негативний зв'язок з доларом США, який є безпечним активом. Це свідчить про те, що Bitcoin ближчий за своєю природою до ризикового активу, ніж до безпечного. У довгостроковій перспективі, Bitcoin може виконувати роль захисту (хеджу) проти ризиків, пов'язаних з доларом США та китайським фондовим ринком, і також служити надійним пристановищем для інвесторів на фондовому ринку США та ринку нафти [7].

Друге дослідження висвітлює, що криптовалюти стають частиною світового фінансового ринку, аналізуючи кореляції між криптовалютним ринком, представленим Bitcoin та Ethereum, та інструментами, що представляють традиційні фінансові ринки: фондові індекси, Forex, товари за період з січня 2020 по жовтень 2022 року. Встановлено, що динаміка зміни цін на Bitcoin і Ethereum з березня 2020 року, під час паніки, спричиненої COVID-19, більше не є незалежною. Натомість вона пов'язана з динамікою традиційних фінансових ринків. Особливо це стало помітно у 2022 році, коли було виявлено зв'язок Bitcoin і Ethereum з американськими технологічними акціями під час фази

спаду на ринку. Також варто відзначити, що криптовалюти почали реагувати на економічні дані, такі як індекси споживчих цін, подібно до традиційних інструментів. Це свідчить про те, що криптовалюти не можуть бути розглянуті як безпечний притулок для фінансових інвестицій [8, С.16].

Ці два дослідження підкреслюють значне вливання криптовалют на традиційні фінансові ринки та наголошують на зміні характеристик криптовалютного ринку, який стає все більш схожим на зрілі фінансові ринки, такі як Forex. Однак, вони також вказують на втрату незалежності криптовалютного ринку, який починає значно пов'язуватись з традиційними фінансовими інструментами, особливо під час кризових періодів, таких як пандемія COVID-19. Це має важливі наслідки для інвесторів, які розглядають криптовалюти як засіб хеджування чи безпечний притулок від традиційних фінансових ринків. Вказується, що під час надзвичайних ринкових умов, криптовалюти можуть виявитися високо корельованими з падінням фондових ринків, що зменшує їх ефективність як хеджувального інструмента чи стабільного захисту.

Таким чином, ці дослідження сприяють глибшому розумінню ролі криптовалют у портфельному управлінні та допомагають інвесторам та політикам покращувати динамічний моніторинг та управління ризиками на криптовалютному ринку. Особливо це стосується підходу до криптовалют як до інвестиційного інструмента, що вимагає уважного аналізу зв'язків між криптовалютними та традиційними фінансовими ринками, а також доцільності їх використання для хеджування та диверсифікації портфеля.

Перспективи розвитку хеджування в контексті криптовалют визначаються низкою ключових факторів і тенденцій, що виникають на перетині традиційних фінансових ринків і сфери криптовалют. Незважаючи на те, що криптовалюти спочатку розглядалися як автономні і відокремлені від традиційних фінансових систем, сучасні дослідження показують їх зростаючу інтеграцію з глобальним фінансовим ринком.

Одним із ключових висновків є те, що динаміка цін на криптовалюти, зокрема Bitcoin та Ethereum, більше не є незалежною від динаміки традиційних фінансових ринків. Це особливо помітно під час кризових періодів, таких як пандемія COVID-19, коли криптовалюти демонстрували високий рівень кореляції з падінням фондових ринків. [9, С. 8].

З огляду на збільшення кількості інструментів та платформ для хеджування, які пропонують опціони, ф'ючерси та інші деривативи на криптовалюти, інвестори мають більше можливостей для захисту своїх портфелів від волатильності. Однак, з огляду на тісний зв'язок криптовалют з традиційними ринками, ефективність такого хеджування може бути обмеженою, особливо під час глобальних фінансових криз [10, С. 2].

Розвиток блокчейн технологій та зростання інтересу до DeFi (децентралізованого фінансування) відкривають нові перспективи для хеджування в контексті криптовалют. DeFi платформи пропонують інноваційні фінансові інструменти, які можуть надати інвесторам додаткові способи управління ризиками. Водночас, швидкий розвиток сектору DeFi та збільшення кількості токенізованих активів можуть впливати на ліквідність та стабільність криптовалютних ринків.

У зв'язку зі змінами у правових нормах криптовалют, які впливають на їхню волатильність, важливо зосередитися на посиленні моніторингу та аналізі ризиків. На цьому тлі, регуляторні органи та учасники ринку повинні активно співпрацювати, щоб розвивати нормативно-правову базу, яка враховуватиме особливості криптовалют та захищатиме інтереси інвесторів.

Нарешті, активізація досліджень у сфері криптовалют, що охоплює аналіз взаємозв'язків між криптовалютами та традиційними фінансовими ринками, відіграє ключову роль у розумінні механізмів хеджування та у визначенні їх ефективності. Для інвесторів це означає необхідність зберігати гнучкість у своїх інвестиційних стратегіях, враховуючи можливі зміни у взаємодії між ринками, а також постійно займатися самоосвітою та аналізом ринкових тенденцій.

З огляду на ці фактори, хеджування в контексті криптовалют продовжить розвиватися, але його ефективність та сприйняття інвесторами будуть залежати від ряду змінних, включаючи технологічний прогрес, регулятивне середовище, та загальну економічну ситуацію.

1.2 Bitcoin деривативи: сутність, роль та застереження у використанні.

З першим запуском Bitcoin у 2009 році було також розроблено кілька сотень різних «криптовалют», які стали прийнятними для широкого спектру трансакцій на провідних онлайн-торгових майданчиках та «економіці спільного використання», а також для використання більш традиційними роздрібними торговцями, виробниками, і навіть благодійними організаціями та політичними партіями.

Біткойн та його конкуренти також привернули увагу своїми шаленими коливаннями вартості, а також причетністю до міжнародного відмивання грошей, фінансових пірамід, онлайн-торгівлі незаконними товарами та послугами через кордон. Ці й інші суперечки навколо криптовалют спричинили різну реакцію центральних банків, урядових міністерств, міжнародних організацій і галузевих регуляторів у всьому світі. Окрім офіційних спроб заборонити біткойн, були багатогранні спроби включити елементи блокчейнів (однорангова технологія, що лежить в основі криптовалют) у більш широкий обмін, запис і трансляцію цифрових транзакцій. Блокчейни використовуються для підтримки та розширення низки управлінських заходів. Новизна і широта зростаючої діяльності, заснованої на блокчейні, породила як утопічні надії, так і справжні страхи щодо застосування нової технології до Bitcoin і не тільки..

Це відкриття об'єднує об’єднує вчених у галузі антропології, економіки, науково-технічних досліджень і соціології разом із вченими глобальної політичної економії (GPE) для оцінки фактичних наслідків біткойна та блокчейнів для сучасного глобального управління. Його міждисциплінарний внесок надає науковцям, політикам, практикам галузі та широкій громадськості

більш детальне розуміння технологічних змін у мінливому характері управління всередині та поза кордонами національних держав.

За деякими оцінками, якщо у 2017 році ринкова капіталізація блокчейн-рішень та додатків становила близько 708 мільйонів доларів, то у 2024 році вона, як очікується, перевищить 60 мільярдів доларів. Технологію блокчейн можна застосовувати практично в будь-якій сфері. Наразі основними сферами застосування є онлайн-платіжні системи, фінанси, міжнародна торгівля та глобальні ланцюги поставок.

Розглянемо детальніше сферу застосування технології блокчейн [24]:

- Криптовалюти, токени та онлайн-платіжні системи
- Міжнародна торгівля.
- Ланцюги поставок.
- Відстеження активів.
- Внутрішній облік.

Першим і найвідомішим застосуванням технології блокчейн стало створення криптовалют та онлайн-платіжних систем із швидкими, дешевими та безпечними транзакціями без посередників. Окрім власне криптовалют, таких як біткойн, Лібра та Монеро, до криптовалют також належать протокольні токени, утилітарні токени, токен-акції, токени активів та стейблкоїни.

Технологія блокчейн виступає як революційна сила у світі цифрових інновацій, пропонуючи децентралізований та прозорий підхід до запису та підтвердження транзакцій. Її потенційні переваги охоплюють різні сфери, обіцяючи покращену безпеку, збільшену ефективність та більшу довіру серед учасників. Однак наряд з вражаючими перевагами, блокчейн також має виклики та обмеження, які потребують уважного розгляду. В контексті біткоїн деривативів, використання технології блокчейн може принести важливі переваги, забезпечуючи прозорість та надійність у торгівлі цими похідними інструментами (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Переваги та недоліки технології блокчейн

Переваги	Недоліки
Децентралізація: Учасники мережі рівні між собою і можуть напряму обмінюватися даними.	Низька масштабованість: Із збільшенням інтенсивності транзакцій, зростанням кількості блоків та вузлів, знижується ефективність всієї системи.
Надійність (безпека, захищеність): Практично виключена підміна даних та хакерські атаки, оскільки використовуються спеціальні зашифровані ключі.	Незворотність: Неможливо скасувати передачу даних блокчейну, навіть помилкових.
Прозорість: Всі блоки доступні для публічного перегляду, можна перевірити історію будь-якої транзакції.	Атака 51%: Якщо в блокчейні деяких криптовалют (наприклад, біткойн) більша частина обчислювальної потужності буде належати одному пристрою, цілісність системи може бути порушена.
Універсальність: Технологію блокчейн можна застосовувати в різних сферах.	
Виключення посередника: Можливість верифікації транзакцій без людського втручання, тобто без посередника, що мінімізує ризик помилок. За цим принципом укладаються так звані "розумні контракти" - автоматично, відповідно до попередньо визначених правил.	
Зниження витрат: Учасники мережі, замінюючи існуючі системи обліку даних, значно скорочують свої витрати у довгостроковій перспективі.	

Джерело: Складено автором на основі [25]

Як зазначалося вище, технологія блокчейн має широкий спектр застосувань, включаючи криптовалюти, токени та онлайн-платіжні системи. Одним з найважливіших напрямків розвитку блокчейн-технології є біткоін деривативи.

Введення в Bitcoin деривативи відкриває нові можливості для розуміння та використання цих фінансових інструментів на криптовалютному ринку. Деривативи, або похідні фінансові інструменти, це контракти, вартість яких походить від основного активу, такого як акції, облігації, валюти чи, у цьому випадку, криптовалюти.

Основні типи Bitcoin деривативів включають [9, С. 9-13]:

- Ф'ючерсні контракти на Bitcoin дозволяють інвесторам угодити купівлю або продаж Bitcoin у майбутньому за фіксованою ціною. Це дає можливість хеджувати ризики волатильності або спекулювати на майбутніх рухах цін. Такі контракти є зобов'язальними, що означає, що обидві сторони угоди мають виконати її незалежно від поточної ринкової ціни на момент закінчення терміну контракту. Трейдерам слід бути обачними з маржинальними вимогами та потенційною можливістю ліквідації позицій при несприятливих ринкових умовах.
- Опціони на Bitcoin надають право, але не обов'язок купити (Call) або продати (Put) Bitcoin за визначеною ціною. Вони дають трейдерам гнучкість у виборі того, чи виконувати угоду, в залежності від ринкових умов. Опціони можуть бути використані як для захисту від несприятливих змін цін, так і для отримання прибутку зі змін волатильності без необхідності безпосередньо володіти Bitcoin. Ця гнучкість ідеально підходить для різних стратегій торгівлі, але також вимагає глибокого розуміння умов контракту та ринкових тенденцій.
- Перпетуальні свопи на Bitcoin є подібними до ф'ючерсних контрактів, але без фіксованої дати закінчення. Це дозволяє трейдерам тримати позиції стільки, скільки необхідно, для використання довгострокових стратегій або спекуляцій. Перпетуальні свопи також часто включають механізм фінансування, що балансує вартість утримання позицій між покупцями та

продавцями. Трейдерам важливо звертати увагу на ці виплати фінансування, оскільки вони можуть суттєво вплинути на загальну рентабельність торгівлі.

У використанні цих інструментів трейдери мають бути готові до високої волатильності, яка є характерною для ринку криптовалют. Ця волатильність може призводити до значних коливань у вартості контрактів, що, у свою чергу, може принести як високий прибуток, так і значні збитки. Крім того, необхідно враховувати ліквідність ринку деривативів, яка може варіюватися і впливати на можливість швидкого закриття позицій за бажаною ціною.

Одним із ключових аспектів ефективного використання Bitcoin деривативів є глибоке розуміння механізмів ціноутворення і впливу ринкових новин на цінові рухи. Трейдерам слід слідкувати за останніми новинами у сфері криптовалют та глобальними економічними подіями, які можуть впливати на курси валют.

Також важливим є усвідомлення політичного середовища, у якому діють криптовалютні деривативи. Зміни у законодавстві можуть мати значний вплив на доступність та умови використання деривативів. Врахування цих факторів допоможе трейдерам уникнути потенційних юридичних проблем та оптимізувати свої інвестиційні стратегії.

У даній роботі варто зосередитися саме на ф’ючерсах, бо вони є найпопулярнішим контрактом на ринку криптовалют, а також дослідження у науковій частині буде на тему ф’ючерсів. Спершу важливо розповісти про способи використання деривативів [26]:

- Денна торгівля (Day trading): Трейдери відкривають і закривають позиції протягом одного торгового дня, щоб отримати прибуток від короткострокових рухів ціни. Зазвичай передбачає здійснення численних дрібних угод для того, щоб зафіксувати невеликі коливання ціни.
- Свинг-трейдинг (Swing trading): Трейдери прагнуть отримати прибуток від середньострокових коливань ціни протягом декількох днів або тижнів. Позиції утримуються довше, ніж при денній торгівлі.

- Слідування тренду (Trend following): Трейдери визначають і слідують встановленим трендам, відкриваючи довгі позиції на бичачих ринках і короткі - на ведмежих. Для визначення трендів часто використовуються інструменти технічного аналізу, такі як ковзаючі середні.
- Контраріанська торгівля (Contrarian trading): Трейдери відкривають позиції протилежно переважній настроєності ринку, припускаючи, що переповнені угодами напрямки можуть змінитися. Контраріани купують, коли настрої вкрай негативні, і продають, коли настрої надмірно позитивні.
- Арбітраж (Arbitrage): Трейдери використовують різницю в цінах між ф'ючерсами на біткоїн і спотовим ринком для отримання безризикового прибутку.
- Хеджування (Hedging): Інвестори використовують ф'ючерси на біткоїн для захисту своїх холдингів криптовалюти від несприятливих коливань ціни.
- Парна торгівля (Pairs trading): Трейдери одночасно відкривають довгі та короткі позиції за пов'язаними активами, такими як біткоїн та альткоїни. Метою є отримання прибутку від відносних коливань ціни між двома активами.
- Торгівля на пробиттях (Breakout trading): Трейдери визначають ключові рівні підтримки та опору і відкривають позиції, коли ціна біткоїна пробиває ці рівні.
- Торгівля в діапазоні (Range trading): Трейдери визначають торговий діапазон, в якому ціна біткоїна рухається в межах визначеного коридору. Вони купують біля рівнів підтримки і продають біля рівнів опору.
- Алгоритмічна торгівля (Algorithmic trading): Автоматизовані торгові програми здійснюють угоди на основі попередньо визначених алгоритмів і критеріїв. Ці алгоритми можуть аналізувати ринкові дані та виконувати угоди значно швидше, ніж люди.

Існує безліч переваг для інвесторів, які торгують ф’ючерсами на Bitcoin, (табл 1.2) [26]:

Таблиця 1.2

Основні переваги ф'ючерсів на біткоїни:

Перевага	Опис
Управління ризиками	Захист від коливань цін, зменшення ризику утримання біткоїнів.
Спекуляції	Можливість заробляти на зростанні або падінні цін на біткоїни шляхом укладання ф'ючерсних контрактів.
Ліквідність	Висока ліквідність ф'ючерсних ринків біткоїнів для швидкого входу та виходу з позицій.
Кредитне плече	Можливість контролювати більшу позицію з меншим капіталом, збільшуючи потенційний прибуток або збитки.
Диверсифікація	Можливість включення ф'ючерсів на біткоїни у портфель для диверсифікації та доступу до криптовалют без фізичних активів.
Регульоване середовище	Торгівля на регульованих біржах забезпечує захист інвесторів та прозорість.
Можливості арбітражу	Вигода з розбіжностей цін між ф'ючерсними та спотовими ринками через арбітражні стратегії.

Джерело: Складено автором на основі [26]

Однак, разом з перевагами, деривативи несуть у собі й певні ризики. Життєвий цикл торгівлі криптовалютними деривативами в першу чергу охоплює важливі типи ризиків, включаючи, ринковий ризик, кредитний ризик контрагента, ризик ліквідності, операційний ризик, юридичний ризик і ризик відповідності, які, у свою чергу, вимагають детальних розрахунків і моделей ризику, таких як Value at risk (VaR) і коригування оцінки фінансування (FVA). Усі ці ризики підкреслюють вкрай важливу потребу в надійних засобах

контролю та комплексному підході до управління ризиками під час торгівлі та управління криптовалютними деривативами. Моделювання ризиків криптодериватів також стикається з унікальними проблемами, пов'язаними з характеристиками базових криптоактивів щодо високої волатильності, торгівлі, юридичної реалізації, управління криптозаставою, нормативних міркувань і концентрації ринку, що вимагає ретельного моделювання [28, с 47].

Місце Bitcoin деривативів має ключову роль у сучасному фінансовому екосистемі, надаючи унікальні можливості для хеджування, спекуляцій та управління ризиками. Особливо це стає актуальним у контексті динамічного розвитку технологій та зростання цифрової економіки, де блокчейн та криптовалюти набувають все більшого розповсюдження. Тому перед цією темою постають виклики та можливості [11].

1. Швидкий прогрес у галузі FinTech та блокчейн-технологій відкриває нові горизонти для розширення функціоналу та можливостей деривативів. Це стосується як покращення існуючих інструментів, так і створення нових продуктів, які можуть ефективно вирішувати специфічні потреби ринку.

2. Нормативно-правова база у сфері криптовалют та деривативів продовжує розвиватися, формуючи як нові перспективи, так і виклики для учасників ринку. Юридична невизначеність може ускладнювати використання деривативів для деяких інвесторів, однак, прогрес у створенні чітких регуляторних рамок може значно покращити умови торгівлі та використання цих фінансових інструментів.

3. Зростання сектора децентралізованих фінансів (DeFi) та поява нових форм фінансування через криптовалютні платформи відкривають перед деривативами нові можливості. Це стосується як розширення спектру доступних інструментів, так і залучення ширшого кола учасників на ринок.

Усвідомлення та адаптація до цих викликів та можливостей є необхідним для ефективного використання Bitcoin деривативів як у контексті індивідуальних інвестицій, так і у рамках більш широких стратегій портфельного інвестування. Ефективне використання Bitcoin деривативів вимагає не лише глибоких знань

про фінансові ринки та інструменти, але й постійного аналізу ринкових тенденцій та адаптації стратегій до змінюваного економічного середовища.

Освіта та навчання зіграють важливу роль у підвищенні обізнаності інвесторів та трейдерів про можливості та ризики, пов'язані з деривативами на криптовалюти. Крім того, розвиток інноваційних фінансових технологій та платформ надасть нові інструменти для управління ризиками та оптимізації інвестиційних стратегій.

Детальний огляд ролі Bitcoin деривативів у стратегіях хеджування виявляє їх значення як ефективного інструмента для мінімізації ризиків, пов'язаних із волатильністю криптовалют. З появою ф'ючерсів на Bitcoin на CBOE у грудні 2017 року, було виявлено, що ці контракти не лише сприяють прозорості ціноутворення та відкривають шляхи до кращого управління ризиками, але й ефективно захищають від коливань цін, не тільки для Bitcoin, але й для інших криптовалют, таких як Ethereum, Litecoin та Ripple [13, С. 4].

Дослідження підкреслює, що ф'ючерси на Bitcoin виявилися ефективними для хеджування не лише щодо самого Bitcoin, але і щодо інших криптовалют, незважаючи на те, що вони можуть посилювати існування екстремальних збитків для інших валют. Така хеджувальна ефективність вказує на потенційну користь ф'ючерсів Bitcoin у стратегіях управління ризиками, особливо у контексті високої волатильності криптовалют [13, С. 8].

Основні висновки аналізу включають у себе розуміння того, що успішне хеджування з використанням деривативів Bitcoin вимагає глибокого аналізу ринкових умов та корекції стратегій залежно від змін у ціновій динаміці основних активів. Також важливо враховувати кореляцію між Bitcoin та іншими криптовалютами при використанні ф'ючерсів Bitcoin для хеджування інших криптовалютних активів.

Технічні аспекти та аналіз ризиків при використанні Bitcoin деривативів мають ключове значення для розуміння та ефективного застосування цих фінансових інструментів у стратегіях хеджування та інвестування. Одним із основних аспектів є використання технічного аналізу для виявлення торгових

можливостей, використовуючи трендові та контртрендові стратегії, які базуються на вивченні цінових рядів та об'ємів торгів.

Технічний аналіз (ТА) - це метод прогнозування майбутніх цін на активи на основі вивчення історичних даних про ціни та обсяги торгів. На відміну від фундаментального аналізу, що оцінює внутрішню цінність активу, ТА не шукає причини зміни цін, а зосереджується на тому, як ціни змінювалися в минулому, щоб передбачити, як вони можуть змінитися в майбутньому.

Основні принципи технічного аналізу стверджують, що ціни враховують всю доступну інформацію, що ціни рухаються за трендами, а також що історія повторюється, тобто схожі умови ведуть до схожих реакцій ринку. Інструменти технічного аналізу включають в себе графіки цін, індикатори, рівні підтримки та опору тощо.

Серед переваг технічного аналізу можна відзначити його об'єктивність, простоту використання та універсальність. Найкраще даний спосіб використовувати у синергії з фундаментальним аналізом, проаналізувавши макроекономічні показники, політичні та конкурентність та інші зовнішні чинники.

Отже, введення ф'ючерсів на Bitcoin на біржах CBOE та CME призвело до підвищення прозорості ціноутворення і надало інструменти для кращого управління ризиками. Це дало інвесторам можливість захистити свої позиції від цінових коливань. Однак використання деривативів Bitcoin також може збільшити потенціал для збитків, особливо для інших криптовалют, які не мають прямих деривативних контрактів [14].

Аналіз ризиків, пов'язаних із використанням деривативів Bitcoin, вимагає ретельного розгляду потенційних збитків та переваг, які вони можуть надати у контексті хеджування та спекуляцій. Це включає вивчення кореляцій між Bitcoin та іншими активами, а також впливу макроекономічних новин та пошукових запитів на цінові рухи Bitcoin. З огляду на ці аспекти, інвесторам та трейдерам необхідно розуміти технічні характеристики та потенційні ризики деривативів Bitcoin, щоб ефективно використовувати їх у своїх інвестиційних стратегіях. Це

особливо важливо в контексті швидко змінюваного ринку криптовалют, де нові технології та регуляторні зміни можуть суттєво вплинути на ринкові умови.

Існують декілька шляхів, які регулярно допомагають досвідченим інвесторам уникати збитків при проведенні транзакцій [12]:

1. Оцінка толерантністі до ризику

Толерантність до ризику – це здатність інвестора витримувати ризик втрати інвестованого капіталу. Вона залежить переважно від віку інвестора та його поточного фінансового становища. Наприклад, якщо вам за 20, ви неодружені й маєте менше фінансових зобов'язань, тоді ви більш толерантні до ризику порівняно з іншими інвесторами, яким вже за 50, вони одружені та мають дітей, які навчаються в коледжі. Таким чином, за загальним правилом, молоді інвестори більш толерантні до ризику, ніж старші.

2. Підтримка ліквідності у портфелі:

Якщо у портфелі є ліквідні активи, існуючі інвестиції можуть забезпечити оптимальний довгостроковий прибуток, і буде змога отримати вигоду від будь-яких періодичних корекцій ринку.

3. Стратегія розподілу активів

Розподіл активів – це інвестування у декілька класів активів для зниження інвестиційних ризиків та отримання оптимальної доходності. Ця стратегія дозволяє інвестувати в ідеальне поєднання основних класів активів, таких як акції, облігації, пайові фонди, нерухомість, золото тощо. Одна з стратегій розподілу активів полягає в інвестуванні в комбінацію класів активів, які мають обернену кореляцію. Тобто, коли один клас активів перевершує ринок (outperforms), інший клас активів, навпаки, відстає (underperforms). Класичним прикладом є акції та золото. Вони мають обернену кореляцію, тож коли акції демонструють зростання, ціна золота, як правило, знижується.

4. Замість того, щоб «спіймати удачу», потрібно зосередитися на «стабільності.»

Замість того, щоб робити швидку покупку, намагаючись зловити правильний момент на ринку, слід зосередитися на довгостроковому

перебуванні на ринку. Тільки тоді можна скористатися перевагами складного відсотка. Якщо трейдери інвестують в фондовий ринок протягом тривалого часу, тоді невеликі корекції не впливають на портфель і знижають загальний інвестиційний ризик.

Зрештою, успіх у використанні Bitcoin деривативів залежить від здатності інвесторів пристосовуватись до швидкої еволюції ринку, розвивати глибоке розуміння механізмів хеджування та управління ризиками, а також вміння реагувати на нові зміни.

Управління ризиками є ключовим для забезпечення тривалої торгової діяльності. Встановлення стоп-лосів, використання хеджування та диверсифікація інвестицій допоможуть захистити портфель від несподіваних ринкових рухів. Також важливо не використовувати надмірний лівередж, оскільки це може значно збільшити ризики.

Майбутнє використання деривативів у контексті криптовалют передбачає бути динамічним, з акцентом на інновації та адаптацію до змінювального ринкового середовища. З огляду на значний ріст обсягу торгівлі деривативами, який відзначається збільшенням до 2.04 трильйона доларів США у січні, порівняно з попереднім місяцем, важливо враховувати декілька ключових аспектів, які можуть визначити напрямки розвитку цього сегменту ринку [15].

Варто детально розповісти про майбутнє світу крипто-деривативів. Окрім опціонів, ф'ючерсів та безстрокових свопів, за останні роки з'явилося декілька нових похідних продуктів, які не мають аналогів серед традиційних активів. Хоча методологія оцінки цих продуктів ще перебуває на ранніх стадіях розвитку, очікується, що тенденція задоволення потреб учасників ринку в хеджуванні та інвестуванні за допомогою таких інновацій продовжуватиме процвітати. Нижче наведено три цікаві приклади:

- Опціон UpDown

Це продукт, що регулюється Комісією з торгівлі товарними ф'ючерсами (CFTC) і лістингується на Crypto.com Derivatives North America, біржі, що регулюється США. Як унікальний тип опціону, опціон UpDown автоматично

видаляється, коли ціна базового активу досягає заздалегідь визначеної цільової або стоп-ціни. Ці опціони пропонують кілька переваг, таких як: потенційне обмеження збитків, забезпечення повної експозиції до коливань цін на активи за зниженою вартістю, сприяння розробці індивідуальних стратегій хеджування.

- Hashprice

Hashprice (ціна хешування) визначає, скільки біткоїнів майнер може очікувати з певної потужності хешування (тобто обчислювальної потужності). Зважаючи на мінливість ціни біткоїна, NDF (non-deliverable forward) контракти надають майнерам біткоїнів вкрай необхідний інструмент для хеджування їхніх майнінгових операцій шляхом продажу контракту для фіксації доходу від майнінгу біткоїнів. Тим часом, покупці контрактів можуть брати участь у потенційному зростанні доходу від майнінгу біткоїнів без фізичної поставки самих біткоїнів.

- Свопи ставок на депозити (Staking yield swap)

Процентні свопи вже давно є основою традиційних ринків деривативів з фіксованим доходом. Цей інструмент було переосмислено для світу криптовалют, де свопи ставок на депозити призначені для обміну фіксованих платежів на плаваючі (або навпаки) залежно від змінних комісій, зароблених від стейкінгу ETH.

Оскільки свопи ставок на депозити забезпечують синтетичний доступ до доходності від стейкінгу, вони також відкривають можливості для більш складних торгових стратегій хеджування та інвестування, а також сприяють впровадженню інноваційних структурованих продуктів.

1.3 Аналіз обсягів торгів Bitcoin ф'ючерсами на фондовому ринку.

Ф'ючерсні контракти на Bitcoin стали важливою частиною криптовалютного ринку, пропонуючи трейдерам інструменти для хеджування, спекуляцій та управління ризиками. Огляд обсягів торгів Bitcoin ф'ючерсами демонструє, що інтерес до цих інструментів залишається високим, що

підтверджується значними обсягами торгів на великих криптовалютних біржах та платформах.

Bitcoin ф'ючерси пропонуються як на централізованих, так і на децентралізованих фінансових платформах, де вони дозволяють інвесторам здійснювати угоди на купівлю або продаж Bitcoin у майбутньому за ціною, яка визначається на момент укладення контракту. Це надає можливість захисту від волатильності цін на криптовалюту та спекуляцій на зміні її вартості без необхідності безпосередньо володіти самим активом.

Однією з ключових характеристик ф'ючерсних контрактів на Bitcoin є їх ліквідність та прозорість, оскільки вони торгуються на регульованих біржах. Це забезпечує інвесторам доступ до надійних даних про ціни та обсяги торгів, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень.

Найбільші обсяги торгів ф'ючерсами на Bitcoin зосереджені на таких платформах, як Chicago Mercantile Exchange (CME) та інших ключових криптовалютних біржах. Ці платформи пропонують різні типи контрактів, включаючи стандартні ф'ючерси та мікро ф'ючерси, які мають меншу вартість контракту та дозволяють трейдерам з меншими обсягами капіталу взаємодіяти з ринком [17].

Обсяги торгів на Bitcoin і їх вплив на волатильність та цінову динаміку можуть бути аналізовані через лінзу наукових досліджень. Два дослідження, проведені в цій сфері, пропонують цінну інформацію щодо зв'язку між торговими обсягами та волатильністю Bitcoin.

Перше дослідження, виконане Небіє Ямак, Рахмі Ямак і Серкан Самут, розглядає причинно-наслідковий зв'язок між волатильністю цін на Bitcoin і обсягами торгів з використанням підходу середнього ковзного. Вони виявили сильний причинно-наслідковий зв'язок, який виходить від обсягів торгів до волатильності цін. Також існує зворотній зв'язок від волатильності цін до обсягів торгів, але цей зв'язок не є статистично міцним. Водночас виявлено позитивну і значущу кореляцію між цими двома змінними [18].

Друге дослідження, виконане Халвором Аархусом, аналізує, які змінні можуть пояснити та передбачити волатильність повернень і обсяги торгівлі Bitcoin. Він використовує реалізовану волатильність, обчислену з даних високої частоти, і знаходять, що гетерогенна авторегресивна модель підходить для моделювання волатильності Bitcoin. Обсяги торгів покращують цю модель волатильності. Крім того, вони виявили, що обсяги торгівлі Bitcoin можуть бути передбачені з пошукових запитів Google за терміном "Bitcoin". Однак, жодна з розглянутих змінних не може передбачити зміну ціни Bitcoin [19].

Ці два дослідження разом надають важливе розуміння зв'язку між торговельними обсягами і волатильністю на ринку Bitcoin, вказуючи на сильний зв'язок між обсягами торгів та волатильністю цін, а також на вплив зовнішніх інформаційних сигналів, як-от пошукові запити в Google, на ринкову активність.

Аналіз статистичних властивостей найбільших криптовалют, серед яких Bitcoin є найвидатнішим прикладом, показав, що їх обмінні курси щодо долара США явно не є нормально розподіленими і жоден єдиний розподіл не підходить добре одночасно до всіх аналізованих криптовалют. Наприклад, для таких популярних валют як Bitcoin та Litecoin найкращий підхід пропонує узагальнений гіперболічний розподіл, тоді як для менших криптовалют підходять нормальний інверсний гаусівський розподіл, узагальнений t-розподіл та розподіл Лапласа [19].

Загалом, у світі сучасної фінансової сфери, де технологічний прогрес відіграє все більш вагому роль, криптовалюти виявляють себе як важливий елемент глобальних фінансових ринків. Розуміння та аналіз їхньої динаміки та показників стає надзвичайно важливим для фінансових аналітиків, інвесторів та регуляторів. У цьому контексті необхідно розуміти, які криптовалюти є лідерами на ринку, дослідити їх цінову динаміку, ринкову капіталізацію та торговий обсяг, а також порівнювати їх з іншими провідними криптовалютами. Ця аналітична робота спрямована на надання об'єктивної інформації для допомоги в оцінці поточного стану ринку криптовалют та розумінні його перспектив для майбутніх інвестиційних рішень (табл 1.3).

Таблиця 1.3

Провідні криптовалюти: ціни, ринкова капіталізація та торговий оборот

#	Name	Symbol	Price (USD)	Market Cap	Vol (24H)	Total Vol	Chg (24H)	Chg (7D)
1	Bitcoin	BTC	64,698.3	$1.28T	$22.83B	37.02%	+1.90%	+1.68%
2	Ethereum	ETH	3,133.27	$377.89B	$9.84B	15.96%	+2.52%	+5.01%
3	Tether USDt	USDT	1.0004	$109.76B	$45.36B	73.55%	0.00%	-0.07%
4	BNB	BNB	567.29	$85.27B	$690.21M	1.12%	+2.38%	+3.73%
5	Solana	SOL	148.527	$67.11B	$2.77B	4.48%	+4.33%	+8.00%
6	USDC	USDC	0.9995	$33.96B	$5.14B	8.33%	-0.01%	0%
7	Lido Staked ETH	stETH	3,121.87	$29.37B	$73.23M	0.12%	+4.34%	+5.12%
8	XRP	XRP	0.5229	$29.04B	$1.23B	1.99%	+4.34%	+9.96%
9	Dogecoin	DOGE	0.159912	$23.29B	$1.64B	2.66%	+3.45%	+6.06%
10	Toncoin	TON	6.1682	$21.62B	$306.84M	0.50%	+1.64%	+4.38%

Джерело: Складено автором на основі [20]

Звідси видно, що Біткоїн (BTC) має найвищу ринкову капіталізацію серед всіх криптовалют, що складає $1.28 трлн. Ціна Біткоїна становить $64,698.3 за одиницю. Обсяг торгів за останні 24 години складає $22.83 млрд, що є великим показником ліквідності. Зміни за останні 24 години показують збільшення вартості на 1.90%, а за останні 7 днів - на 1.68%. Це може вказувати на певну стабільність ціни Біткоїна протягом останнього тижня.

Також можна порівняти інші криптовалюти з Біткоїном за допомогою ринкової капіталізації. Наприклад, Ethereum (ETH) має ринкову капіталізацію в $377.89 млрд, що значно менше, ніж у Біткоїна, але все ще вражаюче велика. Ціна Ethereum становить $3,133.27, і вона також показує збільшення як за останні 24 години (на 2.52%), так і за останній тиждень (на 5.01%).

Ці дані можуть допомогти інвесторам та трейдерам приймати рішення щодо торгівлі криптовалютами, а також служити джерелом інформації для аналізу тенденцій на ринку криптовалют.

Також, з аналізу таблиці можна зробити висновок, що існує певний взаємозв'язок між обсягом торгів та рівнем волатильності на ринку криптовалют. Криптовалюти з великим обсягом торгів, такі як Bitcoin та Ethereum, мають зазвичай меншу волатильність порівняно з менш популярними альткоїнами.

Наприклад, Bitcoin та Ethereum, з ринковими капіталізаціями у $1.28T та $377.89B відповідно, мають вищі обсяги торгів ($22.83B та $9.84B відповідно) і відносно низьку волатильність (зміна за останні 24 години: +1.90% та +2.52%). У той же час, менш відомі криптовалюти демонструють вищий рівень волатильності.

Цей взаємозв'язок свідчить про те, що великий обсяг торгів може допомогти зменшити волатильність криптовалютного ринку, оскільки більш велика ліквідність може зробити ціни більш стабільними шляхом забезпечення більшої кількості учасників ринку та зниженням впливу великих транзакцій на ціни.

Обсяг торгів на ринку криптовалютних деривативів значно зріс за останні кілька років, збільшившись з менш ніж 100 мільярдів доларів США в січні 2019 року до піку в понад 4 трильйони доларів США в травні 2021 року. Незважаючи на нещодавнє падіння, станом на вересень 2023 року, місячний обсяг криптовалютних деривативів становить 1,33 трильйона доларів США, що майже вчетверо перевищує розмір криптоспотового ринку. [27] BTC і ETH є найбільш часто згадуваними криптоактивами в криптовалютних деривативах.

Ринок криптовалютних деривативів можна розділити на два сегменти: централізований і децентралізований:

1. Централізований ринок деривативів в основному складається з біржових опціонів, ф’ючерсів і безстрокових свопів, тоді як позабіржові (OTC) криптодеривативи також швидко зростають. У випадку деривативів, пов’язаних із BTC та ETH, станом на вересень 2023 року 96,2% місячного обсягу торгів припадає на ф’ючерси та безстрокові свопи.

• Ринок за межами США є основним учасником ринку криптовалютних деривативів, і на нього припадає понад 95% місячного обсягу торгівлі деривативами в усьому світі, причому станом на вересень 2023 року три провідні біржі займають 84,7% ринку.

• З іншого боку, на американський ринок припадає менше ніж 5% місячного обсягу торгів деривативами, причому CME є домінуючою біржею.

Станом на вересень 2023 року частка ринку CME становить понад 60% місячного обсягу торгів деривативами в США.

2. Децентралізований ринок деривативів пропонує безпечну та більш прозору альтернативу централізованому аналогу, усуваючи потребу в посередниках. Хоча децентралізований ринок деривативів все ще набагато менший порівняно з централізованим ринком деривативів, він швидко зростає. На поточному ринку деривативів DeFi значною мірою домінує протокол dYdX для вічних свопів. Станом на вересень 2023 року місячний обсяг торгів dYdX становив 8,30 мільярда доларів США.

Незважаючи на резонансні банкрутства криптофірм під час крипторецесії 2022 року, які призвели до посилення закликів до посилення регулювання індустрії криптоактивів, включаючи сектор торгівлі деривативами, очікується, що ринок криптодеривативів продовжуватиме рости та розвиватися. із запуском нових продуктів, які відповідають потребам учасників ринку в інвестиціях та хеджуванні. Примітними прикладами таких продуктів є опціони UpDown, запущені для користувачів із США компанією Crypto.com, Hashprice NDF3 від Luxor і обмін дохідністю від FalconX. Крім того, очікується, що сектор DeFi сприятиме інноваціям у криптовалютних деривативах (наприклад, сховища опціонів DeFi та свопи процентних ставок DeFi (IRS)), оскільки інвестори DeFi досліджують нові засоби управління ризиками та отримання прибутку.

Рисунок 1.1 надає статистичні підсумки обсягу торгів ф’ючерсами на біткойн у доларовому еквіваленті на криптовалютних біржах. Включає найбільші біржі з достовірними звітами про показники обсягу обміну. Як видно з рисунку, найбільшим за обсягом місяцем торгів є березень. Оборот ф’ючерсів досяг майже 2.5 трильйонів доларів. Найпопулярнішою біржою є Binance, на якій здійснюється у середньому 40% усіх операцій з торгівлі ф’ючерсами на Bitcoin.

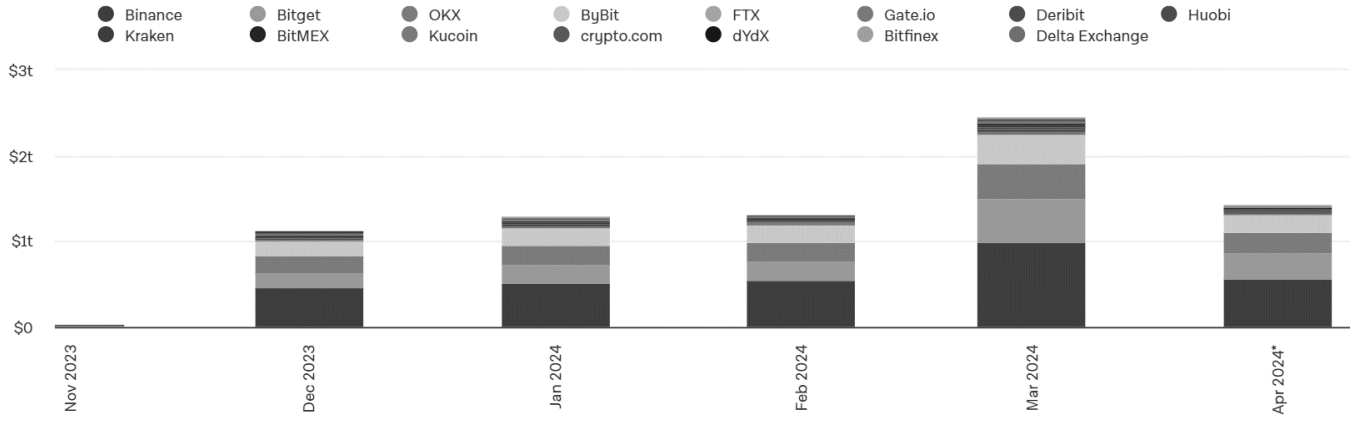

Рисунок 1.1. Обсяг торгів ф’ючерсами на біткойн у доларовому еквіваленті на криптовалютних біржах

Складено автором на основі [20]

Крипто-ф’ючерси пропонують подібні виплати, як і традиційні ф’ючерси, але базовим активом є крипто-актив (зазвичай криптовалюта або криптоіндекс). Крипто-ф'ючерсні контракти можуть бути розраховані як готівкою, так і фізично. Багато криптоактивів мають ліквідні ф’ючерсні ринки, що дає цінну інформацію про очікування ринку щодо майбутньої спотової ціни базового криптоактиву.

Вплив регуляторних заходів на ринок Bitcoin ф'ючерсів є значним, адже регуляція може суттєво впливати на інвестиційну привабливість та стабільність криптовалют. Згідно з дослідженням, опублікованим у виданні Elsevier, події, що збільшують ймовірність прийняття регулювання, зазвичай асоційовані з негативними аномальними доходами для відповідних криптовалют. Також було виявлено, що реакція є однаковою серед усіх криптовалют у вибірці. Інвестори реагують менш негативно на найменш ліквідні криптовалюти та на ті, які несуть більший ризик асиметрії інформації. Окрім того, довготривалі наслідки регуляторних подій були проаналізовані шляхом вивчення продуктивності криптовалют. Було виявлено, що ризик-коригований дохід у період перед регуляцією був позитивним і значущим, але він не сильно відрізнявся у період після події [21, С. 22].

Регуляторні заходи в криптовалютному ринку часто призводять до скорочення інтересу інвесторів, особливо тих, хто цінує децентралізовану

природу і відсутність регуляції, спричиняючи зниження попиту та, як наслідок, цін на активи. Наприклад, коли Китай офіційно заблокував усі електронні вебсайти, пов'язані з криптовалютами у лютому 2018 року, це призвело до падіння ціни Bitcoin на 16% протягом 24 годин. Такі заходи можуть бути сприйняті ринком як "погані новини", що штовхає ціни відповідних криптовалют вниз. Також реакція на регуляцію може не бути однаковою для всіх криптовалют, і деякі характеристики конкретних криптовалют можуть пом'якшити або посилити реакції інвесторів на події, пов'язані з регулюванням. [22, С. 7-8].

Враховуючи вищезазначене, ринок Bitcoin ф'ючерсів може мати значний вплив на загальний криптовалютний сектор, включаючи вплив на стабільність цін, ліквідність ринку та інвестиційні стратегії. Для економістів і політиків важливо відстежувати ці зміни та завжди бути наготові до розробки та впровадження необхідних заходів, які б сприяли збалансованому розвитку ринку з урахуванням інтересів усіх учасників.

Висновки до розділу 1

У першому розділі роботи було детально розглянуто механізми хеджування та прогнозування на ринку криптовалют, особливо зосередившись на Bitcoin ф'ючерсах. Ретельний аналіз різних аспектів цього ринку виявив його складність та динаміку, від інструментів хеджування, які використовуються для захисту портфеля від волатильності, до спекулятивної активності, яка впливає на динаміку цін.

Обсяги торгів відіграють критичну роль у формуванні цін на Bitcoin, де великі торгові операції можуть приводити до різких цінових змін, в той час як низька активність зазвичай корелює зі стабільністю цін. Регуляторні втручання у ринок ф'ючерсів мають двояке значення: з одного боку, вони можуть надавати ринку більшої структурованості та передбачуваності, з іншого — обмеження та заборони можуть стримувати інвестиційну активність та інновації.

Загалом, Біткоїн (BTC) відзначається найвищою ринковою капіталізацією серед криптовалют, досягаючи $1.28 трлн. Ціна одиниці Біткоїна наразі становить $64,698.3, при цьому обсяг торгів за останні 24 години склав вражаючі $22.83 млрд, що свідчить про великий рівень ліквідності.

Завершуючи розділ, хочеться підкреслити, що динаміка ринку ф'ючерсів на Bitcoin є індикатором ширшого криптовалютного сектору та його потенціалу. Розуміння впливу цих інструментів на криптовалюти є життєво важливим для інвесторів, аналітиків та політиків для адаптації до постійно змінювальних умов ринку.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК КЛЮЧОВОГО ЕЛЕМЕНТУ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ

2.1 Роль прогнозування в контексті хеджування ризиків на ринку криптовалют

На динамічному та непередбачуваному ринку криптовалют, де ціни можуть різко змінюватися протягом дня, прогнозування відіграє ключову роль у хеджуванні ризиків. Прогнозування, надаючи уявлення про майбутні цінові тенденції, дає інвесторам можливість приймати обґрунтовані рішення щодо хеджування та захисту своїх капіталів. Серед переваг прогнозування як методу хеджування можна виділити наступні:

- Ідентифікація ризиків: Прогнозування допомагає інвесторам виявляти потенційні ризики, пов'язані з ціновими коливаннями криптовалют. Це може включати аналіз технічних індикаторів, фундаментальних факторів та новин ринку, щоб отримати комплексне уявлення про потенційні напрямки цінових рухів.
- Розробка стратегій хеджування: Зрозумівши ризики, інвестори можуть розробити відповідні стратегії хеджування. Це може включати використання деривативів, таких як ф'ючерси та опціони, для хеджування від довгих або коротких позицій.
- Оптимізація хеджування: Прогнозування дозволяє інвесторам оптимізувати свої хеджувальні стратегії, визначаючи оптимальні обсяги хеджування, ціни страйку та терміни дії хеджувальних інструментів.
- Підвищення ефективності хеджування: Завдяки кращому розумінню ринкових тенденцій інвестори можуть більш ефективно використовувати

хеджувальні інструменти, мінімізуючи витрати та максимізуючи захист своїх інвестицій.

- Психологічна перевага: Прогнозування може дати інвесторам психологічну перевагу, оскільки вони мають чітке уявлення про потенційний розвиток ринку та можуть приймати впевнені рішення щодо хеджування.

Існують декілька найпопулярніших методів прогнозування та аналізу на ринку криптовалют (табл. 2.1) [23].

Таблиця 2.1

Методи прогнозування на біржовому ринку

Метод прогнозування	**Опис**	**Приклади технік/моделей**
Технічний аналіз	Використання історичних цінових даних та торгових обсягів для прогнозування майбутніх цін	Рухомі середні, стохастичні осцилятори
Фундаментальний аналіз	Аналіз фундаментальних факторів, таких як економічні показники, фінансова звітність тощо	Показники ВВП, прибутковість, політичні фактори
Модельне прогнозування	Використання математичних та статистичних моделей для прогнозування цінових рухів	Авторегресійні моделі, гармонічний аналіз, нейронні мережі

Джерело: Складено автором на основі [23]

Проте, як і всі методи хеджування, прогнозування є не бездоганним інструментом позбавлення ризиків. Жоден метод прогнозування не може гарантувати точні результати, і завжди існує ризик помилок. Інвесторам слід використовувати прогнозування лише як один із факторів при прийнятті рішень щодо хеджування ризиків. Важливо диверсифікувати портфель та використовувати комбінацію різних стратегій хеджування для кращого захисту від ризиків.

2.2 Побудова моделей часових рядів у прогнозуванні цін на ф'ючерси Bitcoin'а

Прогнозування цін на Bitcoin futures має важливе значення для хеджування ризиків, особливо в умовах великої волатильності на ринку криптовалют. Хеджування дозволяє управляти ризиком зміни цін на активи шляхом відкриття позицій, які компенсують можливі втрати від зміни цін. Наприклад, якщо інвестор очікує падіння цін на Bitcoin futures, він може відкрити коротку позицію на ф'ючерсах або використати інші фінансові інструменти, щоб забезпечити себе від потенційних втрат.

Точні прогнози цін дозволяють інвесторам приймати обґрунтовані рішення щодо хеджування ризиків. Наприклад, на основі прогнозів можна визначити оптимальний час для відкриття або закриття хеджованих позицій, щоб максимізувати ефективність захисту від ризиків. Крім того, точні прогнози можуть допомогти інвесторам уникнути перекуплення або перепродажу активів, що дозволяє зберегти капітал та знизити втрати.

Таким чином, розробка та порівняння різних моделей прогнозування цін на Bitcoin futures має велике значення для фінансових установ, інвесторів та трейдерів. Ці прогнози допомагають управляти ризиками, приймати обґрунтовані рішення щодо інвестування та забезпечувати захист від негативних змін на ринку криптовалют. Такий аналіз допомагає створити основу для успішного управління портфелем та забезпечення стійкості у фінансових операціях.

В цьому випадку було проводено розробку та порівняно три різні моделі прогнозування цін на Bitcoin futures: ARIMA, SARIMA та LSTM.

ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) - це статистична модель, яка використовується для прогнозування часових рядів. Вона є одним з найпоширеніших методів прогнозування завдяки своїй простоті та ефективності.

Модель ARIMA ґрунтується на припущенні, що майбутні значення часового ряду залежать від його попередніх значень та помилок прогнозування.

Модель позначається трьома параметрами:

- p: порядок авторегресійної частини. Це кількість попередніх значень часового ряду, які використовуються для прогнозування нового значення.
- d: порядок інтегрування. Це кількість разів, коли часовий ряд потрібно диференціювати, щоб стати стаціонарним.
- q: порядок ковзного середнього. Це кількість помилок прогнозування, які використовуються для прогнозування нового значення.

Необхідно зазначити ключові характеристики моделі, за допомогою якої буде здійснюватися прогноз:

1. Простота: ARIMA - це порівняно проста модель, яка легко інтерпретується та реалізується.
2. Ефективність: ARIMA може бути дуже ефективною для прогнозування багатьох типів часових рядів.
3. Гнучкість: ARIMA може бути адаптована до широкого спектру часових рядів, включаючи ті, що мають сезонність та нестаціонарність.
4. Прогнозування: ARIMA може генерувати прогнози майбутніх значень часового ряду.
5. Інтервал довіри: ARIMA може також генерувати інтервали довіри для своїх прогнозів, які вказують на ймовірну похибку прогнозу.

SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) - це статистична модель, яка використовується для прогнозування сезонних часових рядів.

Вона є розширенням моделі ARIMA, яка враховує сезонні компоненти даних, що робить її більш точною для прогнозування сезонних часових рядів, ніж ARIMA.

Рекурентна нейронна мережа з довгою короткочасною пам'яттю (LSTM) – це тип штучної нейронної мережі, яка використовується для обробки послідовних даних, таких як текст, мова, аудіо та відео.

На відміну від звичайних нейронних мереж, LSTM має внутрішню пам'ять, яка дозволяє їй запам'ятовувати інформацію з попередніх кроків послідовності.

Це робить LSTM здатною навчатися довгостроковим залежностям у даних, що робить її ідеальною для таких завдань, як:

- Розпізнавання мови: LSTM може допомогти комп'ютерам розуміти розмовну мову, переводячи мови та генеруючи текст.
- Аналіз часових рядів: LSTM може використовуватися для прогнозування майбутніх значень часових рядів, таких як ціни на акції, погода та трафік.
- Машинне навчання: LSTM може використовуватися для створення потужних моделей машинного навчання, які можуть вирішувати складні завдання.

Варто коротко вказати кроки розробки моделі для кращого уявлення того, що буде далі у роботі:

1. Перш за все, необхідно завантажити та підготувати дані [1] про ціни на Bitcoin futures для подальшого аналізу та моделювання. Далі дані було розділено на тренувальний та тестовий набори, щоб мати можливість перевірити ефективність моделей на незалежних даних.
2. Потім було розроблено та вивчено три різні моделі прогнозування: ARIMA, SARIMA та LSTM.
3. Вже після навчання моделей вони використовуються для прогнозування цін на Bitcoin futures на тестовому наборі даних.
4. Потім вкрай важливо оцінити точність кожної моделі за допомогою середньоквадратичної помилки (MSE) та середньої абсолютної відсоткової помилки (MAPE).
5. В результаті було отримано прогнозовані значення цін на Bitcoin futures для кожної моделі та порівняно їх з фактичними цінами.

Далі, після окреслення завдання роботи та її важливості переходимо до викладу основного дослідження.

Робота була виконана за допомогою написаного коду на мові програмування Python в інтерактивному середовищі Jupyter Lab, яке дозволяє писати, виконувати та візуалізувати код Python в одному місці.

Спочатку, важливо встановити всі необхідні пакети у середовище Python, які допоможуть візуалізувати, обробляти інформацію, будувати графіки тощо (рис. 2.1).

Кожен пакет вказаний після команди install:

- pandas: Це бібліотека для роботи з даними, що надає структури даних та інструменти для їхнього аналізу.

- numpy: Це бібліотека для обчислення математичних операцій над масивами та матрицями у Python.

- scikit-learn: Це бібліотека машинного навчання, яка містить реалізації багатьох алгоритмів класифікації, регресії та кластеризації, а також інструменти для попередньої обробки даних та оцінки моделей.

- statsmodels: Це бібліотека для виконання статистичного аналізу даних та побудови статистичних моделей. Вона надає інструменти для виконання регресійного аналізу, аналізу часових рядів та багато іншого.

- matplotlib: Це бібліотека для візуалізації даних у Python. Вона дозволяє будувати графіки, діаграми та інші види візуалізації, що допомагають в аналізі та виведенні результатів.

- keras: Це високорівневий інтерфейс для побудови та навчання нейронних мереж. Він працює поверх бібліотеки TensorFlow і дозволяє легко створювати та навчати складні моделі глибокого навчання.

- pmdarima: Це бібліотека для автоматичного побудови моделей аналізу часових рядів, зокрема моделей ARIMA (авторегресії з інтегрованим ковзним середнім).

```
#!pip install pandas numpy scikit-learn statsmodels matplotlib keras tensorflow␣
↪pmdarima
```

Рисунок 2.1. Установка пакетів для подальшої розробки моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

У наступному фрагменті коду використано бібліотеки для реалізації різних моделей прогнозування цін на Bitcoin futures (рис. 2.2):

- from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA: Цей рядок імпортує модель ARIMA (авторегресії з інтегрованим ковзним середнім) з бібліотеки statsmodels. ARIMA використовується для аналізу та прогнозування часових рядів.

- from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX: Цей рядок імпортує модель SARIMAX (сезонна авторегресія зі згладжуванням ковзного середнього та екзогенними змінними) з бібліотеки statsmodels. SARIMAX є розширенням ARIMA, яке дозволяє моделювати сезонні зміни у часових рядах.

- from keras.models import Sequential: Цей рядок імпортує клас Sequential з бібліотеки Keras. Sequential використовується для створення послідовних моделей глибокого навчання.

- from keras.layers import LSTM, Dense: Цей рядок імпортує класи LSTM та Dense з бібліотеки Keras. LSTM (довго-короткочасна пам'ять) використовується для моделювання довгострокових залежностей у послідовних даних, а Dense використовується для створення повнозв'язних шарів у нейронних мережах.

- from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler: Цей рядок імпортує клас MinMaxScaler з бібліотеки scikit-learn. MinMaxScaler використовується для нормалізації даних, що є важливим кроком у підготовці даних для багатьох алгоритмів машинного навчання.

- from sklearn.metrics import mean_squared_error: Цей рядок імпортує функцію mean_squared_error з бібліотеки scikit-learn. Ця функція використовується для обчислення середньоквадратичної помилки, яка є одним з показників точності моделі.

```
[2]: import pandas as pd
import numpy as np
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX
from keras.models import Sequential
from keras.layers import LSTM, Dense
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from sklearn.metrics import mean_squared_error

# Завантаження та підготовка даних
data = pd.read_csv('BTC-USD.csv')
data = data[:-2]
data.loc[:, 'Volatility'] = data['High'] - data['Low']
data.loc[:, 'WRes'] = data['Close'] / data['Open']
data.loc[:, 'WDirection'] = np.where(data['WRes'] > 1, 1, 0)
data = data[['Date', 'Open',  'WDirection']]

# Розділення на тренувальний та тестовий набори
train_data = data[data['Date'].between('2017-01-01', '2022-12-31')]
test_data = data[data['Date'].between('2023-01-01', '2024-12-31')]
```

Рисунок 2.2. Завантаження бібліотек для автоматичної побудови моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

Далі приступаю до роботи з даними, які були завантажені з сайту Investing.com, а саме з набором даним ф'ючерсу Bitcoin'а. Ці дані були імпортовані в текстовий файл та у коді підписані як "BTC-USD.csv"[23].

- data = pd.read_csv('BTC-USD.csv'): Цей рядок завантажує дані з файлу 'BTC-USD.csv' у форматі DataFrame за допомогою функції read_csv з бібліотеки pandas. Дані будуть збережені у змінну data (рис. 2.3).

- data = data[:-2]: Цей рядок відсікає останні два рядки з набору даних. Це робиться для видалення останніх двох дат, які можуть бути неповними або недоступними.

- data = data[['Date', 'Open']]: Цей рядок відбирає лише дві колонки з набору даних: 'Date' (дата) та 'Open' (відкрита ціна). Це зроблено для використання лише цих двох аспектів у подальшому аналізі та моделюванні.

```
# Завантаження та підготовка даних
data = pd.read_csv('BTC-USD.csv')
data = data[:-2]
data = data[['Date', 'Open']]
```

Рисунок 2.3. Імпорт даних у Python

Складено автором на основі власних розрахунків

Як зазначалося вище у роботі, важливо розбити дані на тестовий на тренувальний періоди (рис. 2.4):

- train_data = data[data['Date'].between('2017-01-01', '2022-12-31')]: Цей рядок відбирає дані з набору data, де дата знаходиться між '2017-01-01' та '2022-12-31', включно. Ці дані використовуватимуться для тренування моделей прогнозування.

- test_data = data[data['Date'].between('2023-01-01', '2024-12-31')]: Цей рядок відбирає дані з набору data, де дата знаходиться між '2023-01-01' та '2024-12-31', включно. Ці дані будуть використані для оцінки точності моделей прогнозування на тестовому наборі.

Розподіл даних допоможе ефективно оцінити та порівняти різні моделі прогнозування цін на Bitcoin futures.

```
# Розділення на тренувальний та тестовий набори
train_data = data[data['Date'].between('2017-01-01', '2022-12-31')]
test_data = data[data['Date'].between('2023-01-01', '2024-12-31')]
```

Рисунок 2.4. Розподіл даних на тестовий та тренувальний періоди

Складено автором на основі власних розрахунків

Наступним кроком є встановлення оптимальних значень моделі ARIMA за допомогою критерію AIC (Akaike Information Criterion) (рис 2.5).

AIC - це статистичний критерій, який використовується для оцінки якості статистичних моделей. Він вимірює відносну складність моделі та її здатність пояснювати дані. Модель з найменшим значенням AIC вважається найкращою.

- from pmdarima import auto_arima: Цей рядок імпортує функцію auto_arima з бібліотеки pmdarima, яка дозволяє автоматично підібрати оптимальні параметри для моделі ARIMA.

- model = auto_arima(data['Open'], seasonal=False, trace=True, error_action='ignore', suppress_warnings=True, stepwise=True): Цей рядок створює

модель ARIMA за допомогою функції auto_arima. Параметр data['Open'] передає стовпець 'Open' з набору даних як часовий ряд, для якого потрібно побудувати модель. Параметр seasonal=False вказує, що модель не має сезонної складової. Параметр trace=True вказує виводити інформацію про кроки в процесі підбору моделі. Параметр error_action='ignore' вказує ігнорувати помилки під час підбору моделі. Параметр suppress_warnings=True вказує приховувати попередження під час підбору моделі. Параметр stepwise=True вказує використовувати поетапний підхід при підборі моделі.

- print(model.summary()): Цей рядок виводить зведену інформацію про підібрану модель, включаючи значення критерію AIC, параметри моделі та їх статистичну значимість.

```
from pmdarima import auto_arima

# Підбір оптимальних параметрів ARIMA з використанням критерію AIC
model = auto_arima(data['Open'], seasonal=False, trace=True, error_action='ignore', suppress_warnings=True, stepwise=True)
print(model.summary())
```

Рисунок 2.5. Підбір оптимальних параметрів за допомогою AIC

Складено автором на основі власних розрахунків

Тепер необхідно виконати автоматичний підбір найкращої моделі ARIMA для прогнозування цін на Bitcoin futures за допомогою алгоритму stepwise search. (рис. 2.6)

- Проводиться пошук моделі ARIMA з найменшим значенням критерію AIC (Akaike Information Criterion), яке вказує на кращу модель, що найкраще підходить для узгодження з даними при мінімальній складності моделі.

- Для кожної оціненної моделі виводиться її параметри (p, d, q), значення AIC та час, який був витрачений на оцінку моделі.

- Після завершення пошуку виводиться найкраща модель з найменшим значенням AIC (рис. 2.7).

```
Performing stepwise search to minimize aic
 ARIMA(2,1,2)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6963.673, Time=0.10 sec
 ARIMA(0,1,0)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6961.895, Time=0.01 sec
 ARIMA(1,1,0)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6960.951, Time=0.01 sec
 ARIMA(0,1,1)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6960.403, Time=0.01 sec
 ARIMA(0,1,0)(0,0,0)[0]             : AIC=6961.621, Time=0.01 sec
 ARIMA(1,1,1)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6959.963, Time=0.05 sec

 ARIMA(2,1,1)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6961.638, Time=0.05 sec
 ARIMA(1,1,2)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6961.701, Time=0.06 sec
 ARIMA(0,1,2)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6960.195, Time=0.02 sec
 ARIMA(2,1,0)(0,0,0)[0] intercept   : AIC=6960.608, Time=0.02 sec
 ARIMA(1,1,1)(0,0,0)[0]             : AIC=6959.253, Time=0.05 sec
 ARIMA(0,1,1)(0,0,0)[0]             : AIC=6959.787, Time=0.01 sec
 ARIMA(1,1,0)(0,0,0)[0]             : AIC=6960.370, Time=0.01 sec
 ARIMA(2,1,1)(0,0,0)[0]             : AIC=6961.058, Time=0.04 sec
 ARIMA(1,1,2)(0,0,0)[0]             : AIC=6961.174, Time=0.06 sec
 ARIMA(0,1,2)(0,0,0)[0]             : AIC=6959.798, Time=0.02 sec
 ARIMA(2,1,0)(0,0,0)[0]             : AIC=6960.256, Time=0.01 sec
 ARIMA(2,1,2)(0,0,0)[0]             : AIC=6961.936, Time=0.09 sec

Best model:  ARIMA(1,1,1)(0,0,0)[0]
Total fit time: 0.633 seconds
```

Рисунок 2.6. Підбір найкращої моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

```
                               SARIMAX Results
==============================================================================
Dep. Variable:                      y   No. Observations:                  377
Model:               SARIMAX(1, 1, 1)   Log Likelihood               -3476.627
Date:                Tue, 26 Mar 2024   AIC                           6959.253
Time:                        18:40:55   BIC                           6971.042
Sample:                             0   HQIC                          6963.933
                                - 377
Covariance Type:                  opg
==============================================================================
                 coef    std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
------------------------------------------------------------------------------
ar.L1         -0.5301      0.148     -3.580      0.000      -0.820      -0.240
ma.L1          0.6411      0.137      4.679      0.000       0.373       0.910
sigma2      6.329e+06   2.51e+05     25.193      0.000    5.84e+06    6.82e+06
===================================================================================
===
Ljung-Box (L1) (Q):                   0.04   Jarque-Bera (JB):
500.38
Prob(Q):                              0.84   Prob(JB):
0.00
Heteroskedasticity (H):               5.44   Skew:
-0.16
Prob(H) (two-sided):                  0.00   Kurtosis:
8.64
===================================================================================
===
```

Рисунок 2.7. Модель з найкращими параметрами

Складено автором на основі власних розрахунків

Необхідно підготувати формули, які будуть використовуватися для розрахунку необхідних критеріїв для визначення точності моделі (рис. 2.8). Спершу імпортувалась модель ARIMA з бібліотеки statsmodels, а також функція для обчислення середньоквадратичної помилки (mean_squared_error) та середньої відносної помилки (mean_absolute_percentage_error) з бібліотеки scikit-learn.

```
# Побудова ARIMA моделі


from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_percentage_error
```

Рисунок 2.8. Імпорт формул у бібліотеку Python

Складено автором на основі власних розрахунків

Після імпорту моделі ARIMA та підготовки тренувальних даних, було використано функцію ARIMA з параметрами (p, d, q), де p, d і q відповідають порядку авторегресії, ступеню диференціювання і порядку ковзного середнього відповідно. У наведеному коді значення (1, 1, 1) вказують, що порядки цих компонентів дорівнюють 1.

За допомогою методу fit(), ARIMA модель була пристосована до тренувальних даних. Цей крок включає оцінювання параметрів моделі, які найкращим чином відповідають вхідним даним. Отримана ARIMA модель з параметрами (1, 1, 1) готова до подальшого використання для прогнозування цін на ф'ючерс Біткоїну (рис. 2.9).

```
# Побудова ARIMA моделі
order = (1, 1, 1)  # Параметри ARIMA моделі (p, d, q)
model_arima = ARIMA(train_data['Open'], order=order)
model_arima_fit = model_arima.fit()
```

Рисунок 2.9. Пристосування моделі тренувальних даних

Складено автором на основі власних розрахунків

Як ARIMA модель пристосувалася до тренувальних даних, було отримано коефіцієнти авторегресії (AR) та коефіцієнти ковзного середнього (MA), що дозволяє оцінити їх вплив на модель.

Потім проводиться перевірка на стаціонарність моделі. Для цього перевіряється, чи всі коефіцієнти AR та MA менші за 1. Якщо ця умова виконується для всіх коефіцієнтів, то модель вважається стаціонарною. У випадку виконання умови, виводиться повідомлення "Модель є стаціонарною" разом з отриманими значеннями коефіцієнтів. В іншому випадку виводиться повідомлення "Модель не є стаціонарною" разом з отриманими значеннями коефіцієнтів (рис. 2.10).

```
# Отримання коефіцієнтів AR та MA
ar_coefs = model_arima_fit.arparams
ma_coefs = model_arima_fit.maparams

# Перевірка, чи є всі коефіцієнти AR та MA меншими за 1
if all(abs(ar_coefs) < 1) and all(abs(ma_coefs) < 1):
    print("Модель є стаціонарною")
    print(str(ar_coefs) + " " + str(ma_coefs) + '\n')
else:
    print("Модель не є стаціонарною")
    print(str(ar_coefs) + " " + str(ma_coefs) + '\n')
```

Рисунок 2.10. Перевірка коефіцієнтів на стаціонарність

Складено автором на основі власних розрахунків

Тепер важливо провести прогнозування на тестових даних. Для цього використовується метод forecast() з параметром steps, що вказує на кількість кроків, на які потрібно зробити прогноз (рис. 2.11).

У зазначеному коді змінна predictions_arima містить прогнозовані значення для цін на ф'ючерс Біткоіну на основі ARIMA моделі. Кількість прогнозованих значень відповідає кількості даних у тестовому наборі.

```
# Прогнозування на тестових даних
predictions_arima = model_arima_fit.forecast(steps=len(test_data))
```

Рисунок 2.11. Прогнозування на тестових даних

Складено автором на основі власних розрахунків

Після проведення прогнозування за допомогою ARIMA моделі на тестових даних, було оцінено точність моделі за допомогою двох метрик: середньоквадратичної помилки (MSE) та середньої відсоткової помилки (MAPE) (рис. 2.12).

MSE та MAPE обчислюються для порівняння прогнозованих значень з фактичними цінами на ф'ючерс Біткоїну у тестовому наборі. Ці метрики є важливими для оцінки ефективності моделі та визначення її придатності для прогнозування цін на Bitcoin futures.

```
# Оцінка точності ARIMA моделі
mse_arima = mean_squared_error(test_data['Open'], predictions_arima)
print("ARIMA Mean Squared Error (MSE):", mse_arima)
mape_arima = mean_absolute_percentage_error(test_data['Open'], predictions_arima)
print("ARIMA Mean Absolute Percentage Error (MAPE):", mape_arima)
```

Рисунок 2.12. Оцінка точності моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

У результаті аналізу ARIMA моделі було встановлено, що вона відповідає вимогам стаціонарності. Це підтверджує, що модель враховує та компенсує потенційні зміни в статистичних властивостях часового ряду, що дозволяє надійно прогнозувати майбутні значення.

Коефіцієнти авторегресії (AR) та коефіцієнти ковзного середнього (MA) отримані як -0.788 та 0.883 відповідно. Ці значення вказують на важливість минулих значень та помилок у прогнозуванні майбутніх значень.

Після прогнозування на тестових даних, ARIMA модель показала значення середньоквадратичної помилки (MSE) у розмірі 366,454,930.59 та середньої відсоткової помилки (MAPE) у розмірі 0.44. Ці значення допоможуть в

майбутньому оцінити точність моделі та порівняти її з іншими моделями прогнозування цін на Bitcoin futures (рис. 2.13).

```
Модель є стаціонарною

[-0.78809938] [0.88302465]


ARIMA Mean Squared Error (MSE): 366454930.59452134

ARIMA Mean Absolute Percentage Error (MAPE): 0.43855561642448027
```

Рисунок 2.13. Точність моделі ARIMA

Складено автором на основі власних розрахунків

Перейдемо до прогнозування цін на Bitcoin за допомогою SARIMA моделі. Спочатку задаються параметри для ARIMA моделі (p, d, q) та сезонні параметри для SARIMA моделі (P, D, Q, S), де S - параметр сезонності. В даному випадку значення (1, 1, 1) вказують на порядки ARIMA моделі, а (1, 1, 1, 12) вказують на сезонні параметри з періодом сезонності 12 (рис. 2.14).

```
# Побудова SARIMA моделі
order_sarima = (1, 1, 1)  # Параметри ARIMA моделі (p, d, q)
seasonal_order_sarima = (1, 1, 1, 12)  # Сезонні параметри SARIMA моделі (P, D, Q, S)
model_sarima = SARIMAX(train_data['Open'], order=order_sarima, seasonal_order=seasonal_order_sarima)
model_sarima_fit = model_sarima.fit()
```

Рисунок 2.14. Побудова SARIMA моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

Далі, за допомогою тих ж операцій, формул та розрахунків у коді було знайдено значення коефіцієнтів авторегресії (AR) та коефіцієнти ковзного середнього (MA): -0.999 та 0.998 відповідно.

Після прогнозування на тестових даних, SARIMA модель показала значення середньоквадратичної помилки (MSE) у розмірі 301,806,605.55 та середньої відсоткової помилки (MAPE) у розмірі 0.39. Ці метрики

підтверджують кращу точність моделі у прогнозуванні цін на Bitcoin futures, ніж ARIMA модель (рис. 2.15).

```
SARIMA модель є стаціонарною

[-0.99862113] [0.99983636]


SARIMA Mean Squared Error (MSE): 301806605.5453322

SARIMA Mean Absolute Percentage Error (MAPE): 0.3931150484360362
```

Рисунок 2.15. Точність моделі SARIMA

Складено автором на основі власних розрахунків

Тепер переходимо до останньої моделі для порівняння – LSTM.

На цьому етапі проводиться підготовка даних для подальшого використання у моделі Long Short-Term Memory (LSTM), яка є одним із видів рекурентних нейронних мереж.

Для використання LSTM моделі дані масштабуються до діапазону від 0 до 1 за допомогою MinMaxScaler. Це важливий крок для забезпечення швидкості та стабільності навчання моделі, оскільки масштабовані дані полегшують процес градієнтного спуску.

Після масштабування дані зберігаються у змінній scaled_data та готові до використання у LSTM моделі для навчання та прогнозування (рис 2.16).

```
# Підготовка даних для LSTM моделі
scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
scaled_data = scaler.fit_transform(np.array(train_data['Open']).reshape(-1, 1))
```

Рисунок 2.16. Підготовка даних для LSTM моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

Для створення моделі необхідно визначити функцію create_dataset, яка призначена для створення датасету, можливого для використання у LSTM моделі. Дана функція допомагає перетворити часовий ряд у вигляд, придатний для навчання нейронної мережі.

Параметр dataset - це вхідні дані, які містять часовий ряд цін на Bitcoin futures, а time_step вказує кількість попередніх часових кроків, які будуть використовуватися для прогнозування наступного значення (рис 2.17).

У циклі створюються зразки для навчання та відповідні мітки. Кожен зразок data_x містить time_step попередніх значень, а відповідна мітка data_y відповідає наступному значенню. Таким чином, модель може навчатися прогнозувати наступне значення, використовуючи time_step попередніх значень.

Функція повертає data_x та data_y у вигляді масивів NumPy, які можна безпосередньо використовувати для навчання LSTM моделі.

```
# Функція для створення датасету для LSTM моделі
def create_dataset(dataset, time_step=1):
    data_x, data_y = [], []
    for i in range(len(dataset) - time_step):
        a = dataset[i:(i + time_step), 0]
        data_x.append(a)
        data_y.append(dataset[i + time_step, 0])
    return np.array(data_x), np.array(data_y)
```

Рисунок 2.17. Створення датасету моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

Проводимо розділення на тренувальний та тестовий набори з різними значеннями time_step (рис 2.18).

time_step_train та time_step_test відповідають кількості попередніх часових кроків, які будуть використовуватися для тренування та тестування LSTM моделі відповідно. У даному випадку для тренувального набору обрано time_step_train

рівним 100, щоб забезпечити достатню кількість попередніх значень для навчання моделі. Для тестового набору використовується менше значення time_step_test (в даному випадку 10), щоб забезпечити використання більш коротких послідовностей для оцінки точності моделі.

Функція create_dataset використовується для створення датасетів X_train, y_train, X_test та y_test, які містять відповідно зразки для тренування та їх відповідні мітки для тренувального та тестового наборів даних.

```
# Розділення даних на тренувальний та тестовий набори з різними time_step
time_step_train = 100
time_step_test = 10  # Розмір time_step для тестового набору можна обрати на ваш вибір
X_train, y_train = create_dataset(scaled_data, time_step_train)
X_test, y_test = create_dataset(scaled_data, time_step_test)
```

Рисунок 2.18. Розподіл даних на тренувальний та тестовий періоди

Складено автором на основі власних розрахунків

Структура моделі складається з кількох шарів LSTM та одного шару Dense. Кожен шар LSTM має 50 одиниць та повертає послідовності, оскільки це дозволяє моделі отримувати інформацію про послідовність даних. Останній шар LSTM не повертає послідовності, але передає результати до шару Dense, який має одну одиницю. Цей шар відповідає за прогнозування одного числового значення - ціни на Bitcoin futures.

Після побудови моделі використовується оптимізатор 'adam' та функція втрат 'mean_squared_error' для компіляції моделі. Потім модель навчається за допомогою методу fit, який використовує тренувальні дані X_train та y_train. В результаті навчання моделі буде отримана LSTM модель, яка може бути використана для прогнозування цін на Bitcoin futures (рис 2.19).

```
# Побудова LSTM моделі
model_lstm = Sequential()
model_lstm.add(LSTM(units=50, return_sequences=True, input_shape=(X_train.shape[1], 1)))
model_lstm.add(LSTM(units=50, return_sequences=True))
model_lstm.add(LSTM(units=50))
model_lstm.add(Dense(units=1))
model_lstm.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error')
model_lstm.fit(X_train, y_train, epochs=100, batch_size=64, verbose=0)
```

Рисунок 2.19. Побудова моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

Тепер, як модель побудована, можна проводити прогнозування. Спочатку використовується метод predict, який застосовує побудовану LSTM модель до вхідних даних X_test для отримання прогнозованих значень. Потім застосовується обернене масштабування за допомогою методу inverse_transform з об'єкту scaler, що дозволяє перетворити нормалізовані прогнозовані значення назад до їх оригінального масштабу.

Отримані прогнозовані значення predictions_lstm тепер представляють собою ціни на Bitcoin futures, які можна порівняти з фактичними цінами для оцінки ефективності моделі (рис 2.20).

```
# Прогнозування на тестових даних
predictions_lstm = model_lstm.predict(X_test)
predictions_lstm = scaler.inverse_transform(predictions_lstm)
```

Рисунок 2.20. Прогнозування тестових даних

Складено автором на основі власних розрахунків

На цьому етапі, як для ARIMA та SARIMA моделей, за допомогою формул і коду оцінюємо точність прогнозів, отриманих за допомогою LSTM моделі на тестовому наборі даних. А саме рахуємо MSE та MAPE (рис 2.21).

```
# Оцінка точності LSTM моделі
mse_lstm = mean_squared_error(y_test, predictions_lstm)
mape_lstm = mean_absolute_percentage_error(y_test, predictions_lstm)
print("\nLSTM Mean Squared Error (MSE):", mse_lstm)
print("LSTM Mean Absolute Percentage Error (MAPE):", mape_lstm)
```

Рисунок 2.21. Оцінка точності моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

Даний рисунок відображає результати оцінки якості прогнозу за допомогою LSTM моделі. Варто зазначити, що LSTM модель не потребує попередньої стаціонарності даних. Це означає, що перед навчанням моделі не потрібно виконувати процедури стаціонарності даних, так як LSTM може самостійно розпізнавати та використовувати шаблони у часових рядах завдяки своїй внутрішній пам'яті.

Далі наведені результати оцінки точності моделі:

1. Середньоквадратична помилка (MSE): 1,077,788,898.35
2. Середня абсолютна відсоткова помилка (MAPE): 79,438.81

Високе значення MAPE може вказувати на те, що модель виявилася менш ефективною в прогнозуванні цін на Bitcoin futures, можливо, через нестабільність у великих відсоткових помилках (рис 2.22).

```
 LSTM модель не потребує попередньої стаціонарності даних, оскільки вона сама використовує пам\ять для роботи зі змі
нними шаблонами часових рядів.


10/10 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 1s 29ms/step


LSTM Mean Squared Error (MSE): 1077788898.347153

LSTM Mean Absolute Percentage Error (MAPE): 79438.8132343896
```

Рисунок 2.22. Точність LSTM моделі

Складено автором на основі власних розрахунків

2.3 Порівняння точності моделей часових рядів як інструменту прогнозування цін на ринку криптовалют

В результаті порівняльного аналізу метрик помилок для моделей ARIMA, SARIMA та LSTM, можна зробити наступні наукові висновки (табл. 2.2):

Таблиця 2.2

Оцінка точності моделей після отриманих прогнозованих значень

Модель	MSE	MAPE
ARIMA	366,454,930.59	0.4386
SARIMA	301,806,605.55	0.3931
LSTM	1,077,788,898.35	79,438.81

Джерело: Складено автором на основі власних розрахунків

ARIMA:

- Середньоквадратична помилка (MSE): 366,454,930.59
- Середня абсолютна відносна помилка (MAPE): 0.44

ARIMA показав помірні результати, але MAPE вказує на те, що в середньому модель відхиляється на 44% від фактичних значень.

SARIMA:

- Середньоквадратична помилка (MSE): 301,806,605.55
- Середня абсолютна відносна помилка (MAPE): 0.39

SARIMA показав кращі результати порівняно з ARIMA. Маючи нижчу середню абсолютну відносну помилку, ця модель може краще передбачати значення часового ряду.

LSTM:

- Середньоквадратична помилка (MSE): 1,077,788,898.35
- Середня абсолютна відносна помилка (MAPE): 79,438.81

LSTM показав найгірші результати серед усіх трьох моделей. Це може бути через недостатню настройку гіперпараметрів або нестачу даних для навчання.

Загалом, серед трьох розглянутих моделей SARIMA виявляється найефективнішою для прогнозування ціни відкриття акцій, оскільки вона має найменші значення MSE і MAPE.

ARIMA має прийнятні результати, але LSTM показує суттєві відхилення від фактичних значень, що може бути покращено подальшою настройкою моделі або збільшенням обсягу даних для навчання.

Є кілька можливих причин, чому SARIMA може показати кращу точність прогнозування в порівнянні з ARIMA та LSTM, і чому LSTM може показати гірші результати:

1. Сезонність у даних:

- SARIMA може краще моделювати сезонні варіації у даних, оскільки враховує сезонні параметри у додаток до ARIMA. Якщо у даних є виражена сезонність, SARIMA може бути більш ефективною моделлю для прогнозування.

- LSTM може мати обмежену здатність узагальнювати складні сезонні патерни у даних без спеціального кодування.

2. Кількість доступних даних:

- LSTM може вимагати більшого обсягу даних для ефективного навчання, особливо коли враховуються складні структури даних або варіації у часі.

- SARIMA може бути менш чутливою до розміру навчального набору даних і може показувати стабільніші результати при обмеженому обсязі даних.

3. Гіперпараметри моделі:

- Погані результати LSTM можуть бути пов'язані з неправильними або недостатньо налаштованими гіперпараметрами моделі, такими як кількість шарів, кількість нейронів, швидкість навчання тощо. Неналежне налаштування цих параметрів може призвести до низької точності прогнозів.

4. Структура даних:

- LSTM може не ефективно моделювати складні структури даних, якщо вони мають складні залежності в часі або нелінійні патерни.

- SARIMA може краще пристосовуватися до лінійних або менш складних залежностей у даних, що дозволяє йому забезпечувати кращу точність прогнозування.

Отже, враховуючи ці фактори, можливо, SARIMA краще підходить для набору даних через його здатність ефективно моделювати сезонність та загальну структуру даних.

Висновки до розділу 2

Прогнозування відіграє важливу роль у хеджуванні ризиків на ринку криптовалют. Надаючи уявлення про майбутні цінові тенденції, прогнозування дає інвесторам можливість ідентифікувати ризики, розробляти ефективні стратегії хеджування та оптимізувати свої хеджувальні інструменти.

У цьому дослідженні було порівняно три різні моделі для прогнозування цін на ф'ючерс Біткоїна: ARIMA, SARIMA і LSTM. Результати показали, що SARIMA демонструє кращу точність прогнозування, враховуючи середньоквадратичну помилку (MSE) і середню абсолютну відносну помилку (MAPE). ARIMA також показав прийнятні результати, але гірші за SARIMA. З іншого боку, LSTM показав гіршу ефективність, що може бути пов'язано з обмеженим обсягом даних для навчання або неправильно налаштованими гіперпараметрами моделі. Загалом, SARIMA виявилася найбільш ефективною для прогнозування цін на ф'ючерс Біткоїна серед розглянутих моделей. Дослідження підкреслює важливість вибору відповідної моделі для кожного конкретного набору даних та необхідність додаткового аналізу та експериментів для досягнення найкращих результатів прогнозування.

РОЗДІЛ 3. ГЛОБАЛЬНИЙ РОЗВИТОК РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ ТА СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ДО НЬОГО

3.1 Ефективність моделей прогнозування цін на ф'ючерси Bitcoin'у

Криптовалютний ринок завдяки своїй децентралізованій природі та можливості отримати значні прибутки став популярною інвестиційною можливістю. Проте, високий рівень непередбачуваності та волатильність цінових коливань у криптосфері становлять виклик для інвесторів, які прагнуть передбачити рухи цін та здійснити прибуткові інвестиції. Аналіз часових рядів, який визнає тенденції та патерни в попередніх цінових даних для створення прогнозів про майбутні рухи цін, є одним із провідних та ефективних методів прогнозування цінових змін. Інтеграція методів машинного навчання та технічних індикаторів разом з аналізом часових рядів може значно підвищити точність прогнозів [29, С.4].

У другому розділі роботи було досліджено три моделі прогнозування цін на Bitcoin, і, відповідно, зроблено висновки до них. У цій частині вкрай необхідно дослідити інші методи прогнозування, які використовують інвестори та вказати на їх ефективність.

Дослідивши безліч робіт, хотілося б виділити одну, де науковці використовують машинне навчання для прогнозування цін на Bitcoin. Машинне навчання (ML) - це галузь, що займається розробкою алгоритмів та статистичних моделей, які дозволяють комп'ютерним системам навчатися на основі даних та покращувати свою ефективність у виконанні певного завдання. До завдань ML належить класифікація, регресія, виявлення аномалій та обробка природної мови (NLP). Застосування ML у прогнозуванні цін може сприяти у прийнятті обґрунтованих інвестиційних рішень, надаючи корисні уявлення про динаміку ринку. За допомогою аналізу історичних даних, алгоритми ML можуть виявляти

патерни, тенденції та зв'язки, які б пропустили людські аналітики. Моделі ML можуть захоплювати інформацію про тенденції і прогнозувати майбутні рухи цін, використовуючи різноманітні техніки, включаючи аналіз часових рядів та включення технічних індикаторів, таких як SMA, EMA та RSI [30, С.2].

Точність прогнозування цін на криптовалютному ринку можна покращити, використовуючи технічні індикатори, такі як SMA (проста ковзна середня), EMA (експоненціальна ковзна середня) та RSI (індикатор сили тренду), як вхідні дані. SMA та EMA є індикаторами, що слідують за тенденцією і використовуються для підсилення даних про ціни та визначення напрямку тенденції. Моментум-осцилятор RSI, вимірює, наскільки сильно коливаються ціни. Багато дослідників використовують алгоритми машинного навчання для прогнозування цін на криптовалюту. Цей підрозділ має на меті дослідити застосування алгоритмів машинного навчання, включаючи аналіз часових рядів, для прогнозування майбутніх цін на криптовалюту, з особливою увагою на Bitcoin. Оскільки Bitcoin є найдавнішою криптовалютою, яка коли-небудь існувала, у неї є велика кількість історичних даних цін, які допоможуть навчити моделі машинного навчання для досягнення кращої продуктивності [31].

У даному дослідженні науковцями була проведена систематична літературна рецензія з метою вибору відповідних алгоритмів для проведення дослідження. Після огляду були обрані наступні алгоритми: RF (випадковий ліс), GB (градієнтний бустінг), LSTM та GRU (рекурентні нейронні мережі).

Випадковий ліс (Random Forest)- це алгоритм машинного навчання, який використовується як для класифікації, так і для регресії. Він включає в себе кілька дерев рішень, які незалежно навчаються на випадкових підмножинах даних та використовують їх для прийняття прогнозів. Кожне дерево випадкового лісу голосує за прогноз, і результат обчислюється шляхом усереднення. Випадковий ліс ефективний для обробки великих обсягів даних і має здатність автоматично обробляти відсутні значення та враховувати важливість ознак [32, С. 14].

Градієнтний бустінг (Gradient Boosting) - це метод машинного навчання, який використовується для побудови потужних прогностичних моделей. Він працює, навчаючи послідовні слабкі моделі (зазвичай дерева рішень) та коригуючи їх прогнози в процесі навчання. Градієнтний бустінг фокусується на мінімізації функції втрат, використовуючи градієнтний спуск. Шляхом поєднання багатьох слабких моделей, градієнтний бустінг може створити дуже потужну прогностичну модель, яка зазвичай має високу точність[33, С. 5].

Gated Recurrent Unit (GRU) - це тип рекурентної нейронної мережі, яка використовується для обробки послідовних даних. Вона подібна до LSTM, але має менше параметрів і, як наслідок, може бути ефективнішою з обчислювальної точки зору. GRU має внутрішні гейти, які допомагають контролювати потік інформації через мережу, дозволяючи їй навчатися більш ефективно з довгостроковими залежностями у даних. Цей тип мережі часто використовується для завдань, пов'язаних з аналізом тексту, прогнозуванням часових рядів та іншими задачами, де важлива обробка послідовних даних [34, С. 3].

LSTM була більш точно описана та досліджена у другому розділі роботи.

Оптимальні гіперпараметри для кожної моделі були знайдені за допомогою налаштування гіперпараметрів за допомогою валідаційного набору даних. Потім моделі були навчені на технічних індикаторах, розрахованих за допомогою історичних даних цін на ф’ючерс Bitcoin’у у доларах США. Навчені моделі були протестовані та оцінені за допомогою різних метрик оцінки, щоб отримати уявлення про продуктивність кожного алгоритму машинного навчання. Порівнявши показники кожної моделі, було виявлено, що GB з оцінкою RMSE (0,01083), MSE (0,00011), R2 (0,80618), TWAP (0,40507) та VWAP (0,35660) є найефективнішою моделлю у прогнозуванні цін на Bitcoin порівняно з іншими моделями. З іншого боку, модель LSTM показала себе найгіршим чином, що доводить її неефективність і підтверджує результати дослідження у другому розділі. Шляхом виконання важливості ознак за допомогою перестановки та аналізу кореляції було встановлено, що пересувні

середні EMA та SMA мають більший вплив на продуктивність моделей прогнозування порівняно з RSI [35, С. 73].

У наступній роботі автори ставлять за мету дослідити метод екраполяції для прогнозування ціноутворення Біткоїна. Екстраполяція - це процес прогнозування значень поза межами діапазону вихідних даних або поза діапазоном часу, для якого було отримано вихідні дані. Це математичний метод, який враховує лише математичні дані (точки даних) та аналізує їх, не враховуючи інших важливих причин, які можуть впливати на ціну, таких як [36, С.8]:

- Якість та надійність даних: Екстраполяція передбачає, що минулі тенденції цін продовжаться, що залежить від якості та надійності історичних даних. Ринки криптовалют відомі своєю волатильністю та схильністю до маніпулювання, тому історичні дані не завжди точно відображають майбутні умови.
- Ринкові фактори: Ціни криптовалют впливають на широкий спектр факторів, включаючи настрій ринку, новини, зміни в регулюванні та технологічні розвитки. Екстраполяція зазвичай не бере ці фактори до уваги, що робить її менш ефективною для ухвалення раптових та неочікуваних рухів цін.
- Короткострокові та довгострокові прогнози: Екстраполяція часто більш точна для короткострокових прогнозів, коли ринкові умови відносно стабільні. Для довгострокових прогнозів вона стає менш надійною, оскільки не враховує фундаментальних змін в цінах криптовалют.
- Регулярне оновлення: Ринки криптовалют можуть швидко змінюватися. При використанні екстраполяції важливо регулярно оновлювати моделі та коригувати прогнози на основі нових даних та розвитку ринку.

Отже, як фактична тенденція цін та передбачена ціна відображаються разом на одному графіку. Результати дослідження показали, що існує певна кореляція з реальними цінами (рис. 3.1).

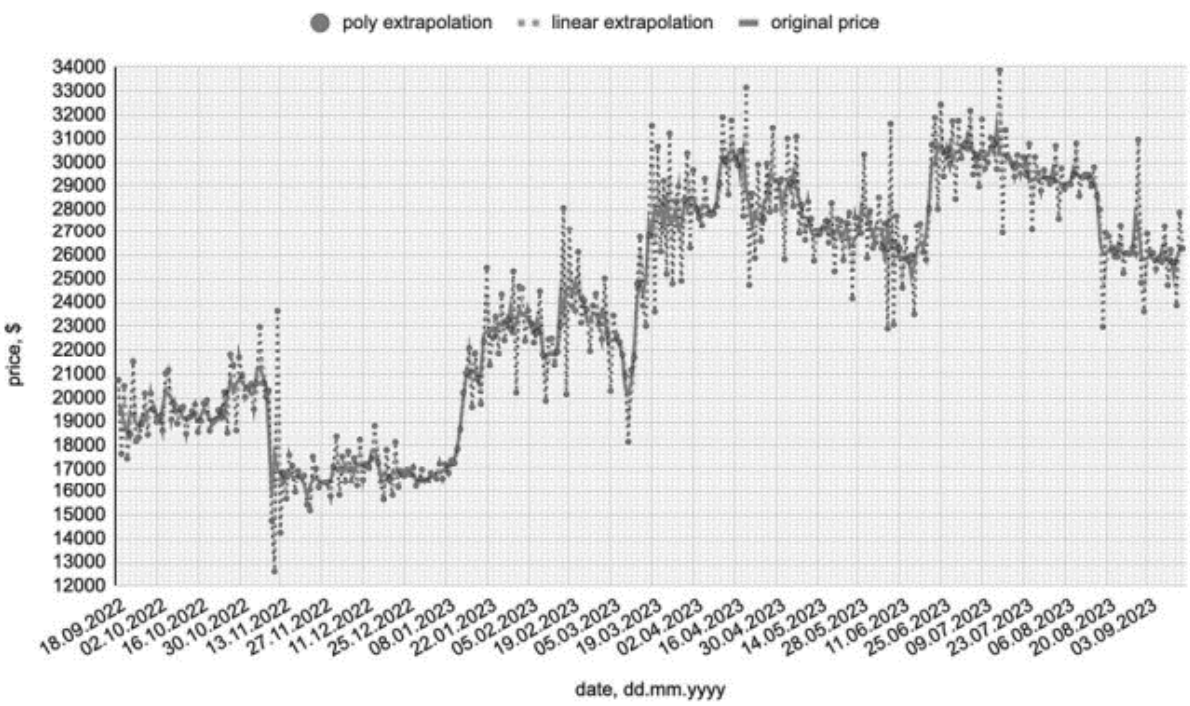

Рисунок 3.1. "Прогнозований" та реальний тренд цін на Bitcoin протягом одного року

Складено автором на основі [36]

Проте, якщо детальніше розглянути цей графік і оцінити помилки методу апроксимації, то буде спостерігатися значне відхилення від реальної ціни (рис. 3.2)

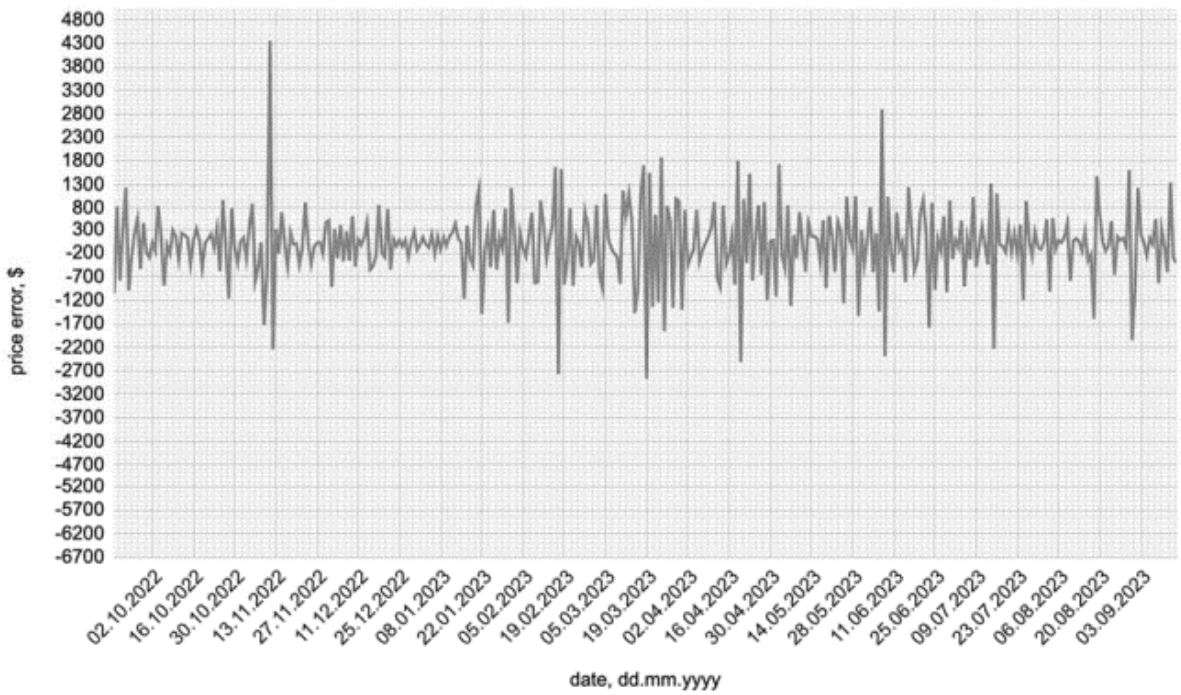

Рисунок 3.2. Тренд помилок прогнозу та реальних цін на Bitcoin протягом одного року.

Складено автором на основі [36]

Як результат, на основі наведених графіків можна зробити висновок, що дана методика не може бути використана для такого типу прогнозу, враховуючи всі вище приведені фактори неефективності даного методу.

У рамках даного підрозділу було розглянуто питання прогнозування цін на ф'ючерс Біткоїну за допомогою різних моделей таких як Random Forest, Gradient Boosting, GRU, LSTM та методу екраполяції . Найкращу ефективність і точність показала GRU, тоді як метод екраполяції показав найгірший результат.

3.2 Зростання ринку криптовалют в Україні: історія, сучасний стан на перспективи

В Україні, як і в багатьох інших країнах, криптовалюти є предметом все більшого зацікавлення та дослідження. Перспективи розвитку криптовалют надають широкі можливості для інновацій та розвитку фінансового сектору.

У 2014 році Національний банк України (НБУ) визначив статус криптовалют, зокрема біткоїна, як неправомірний платіжний засіб в Україні та відкинув їхню реальну вартість. НБУ також відмовився від відповідальності за можливі ризики та збитки, пов'язані з використанням криптовалют. Незважаючи на цю позицію та негативні відгуки, неможливо не звертати увагу на успішний міжнародний досвід та практичні застосування біткоїна у міжнаціональних валютних операціях. Подібно до електронних грошей, які також мають потенційні загрози, криптовалюти можуть стати ефективним інструментом на ринку [37].

Україна поки не досягла рівня розвитку в галузі криптовалют, який характерний для США, Західної Європи або Південно-Східної Азії. Однак, незважаючи на загальну недостатню освіченість про криптовалюти, українці демонструють певний інтерес до них, особливо до біткоїна. Фактично, Україна входить до топ-5 країн за кількістю користувачів різних біткоїн-гаманців. Це пояснюється великою популярністю біткоїна серед місцевих IT-спеціалістів, які активно вкладають реальні кошти у цю криптовалюту.

У березні 2018 року Кабінет Міністрів України вніс зміни до Класифікатора видів економічної діяльності, додаючи категорію "майнінг" як діяльність, спрямовану на забезпечення роботи розподіленої бази даних та збереження її цілісності. Ця діяльність полягає у виконанні обчислювальних операцій за допомогою комп'ютерів. Крім того, визначено майнінг як сервіс для підтримки роботи розподілених реєстрів даних, зокрема використання технології блокчейн, обробка даних та укладання початкових контрактів у розподілених блокчейн-реєстрах [38].

Діяльність на нерегульованому криптовалютному ринку непередбачена ризиками, включаючи можливість втрати коштів через кібератаки, шахрайство та відсутність гарантій з інвестицій. Висока нестабільність ринку криптовалют і відсутність державного контролю є також серйозними проблемами. Більшість учасників ринку прагнуть легалізації, вбачаючи в ній засіб виходу з тіньового сектору. Через це українці настільки почали цікавитися криптовалютою, що у

2020 році Україна посіла перше місце за індексом глобального прийняття криптовалют. Проте, згодом все одно поступилися таким країнам як В’єтнам та Філіппіни у 2022 році (табл. 3.1) [39].

Таблиця 3.1

Індекс глобального прийняття криптовалют

Країна	Загальний рейтинг	Централізована вартість сервісу	Роздрібна централізована вартість послуги	Рейтинг обсягів біржової торгівлі P2P	Значення DeFi	Роздрібна вартість DeFi
В'єтнам	1	5	5	2	7	6
Філіппіни	2	4	4	66	13	5
Україна	3	6	6	39	10	14
Індія	4	1	1	82	1	1
США	5	3	3	111	3	2
Пакистан	6	10	10	50	22	16
Бразилія	7	7	7	113	8	7
Таїланд	8	12	12	61	5	3

Джерело: Складено автором на основі [39]

Як видно з таблиці, у світовому індексі глобальної прийнятості криптовалют домінують ринки, що розвиваються. Структура країн за рівнем доходу та економічним розвитком, використана Світовим банком, розділяє їх на чотири категорії: високий дохід, дохід вище середнього, дохід нижче середнього та низький дохід. За цією структурою виявлено, що найбільше представлені у верхній частині індексу дві середні категорії.

Саме цей інтерес людей змусив український уряд прийняти відповідні закони щодо легалізації криптовалют.

Підтримка держави у розвитку криптоіндустрії проявляється через ухвалення закону "Про віртуальні активи" Верховною Радою. Цей закон, який був прийнятий у другому читанні 8 вересня 2021 року, запустив процес легалізації криптовалют в Україні. Нові правові норми включають заходи проти шахрайства для осіб, які володіють криптовалютами, що відображає прогрес законодавства у визначенні термінології в цій галузі. На відміну від ініціативи

Сальвадору прийняти біткоін як офіційний засіб платежу, новий криптозакон України не просуває роль біткоїна як альтернативного платіжного засобу і не робить його еквівалентним гривні, національній валюті країни [40].

Проте, навіть на зараз, на 2024 рік, в Україні криптовалюта ще не має чіткого правового статусу, а тому нормативно-правова база для її класифікації та регулювання операцій з нею відсутня. Зараз дохід, отриманий від продажу криптовалюти, підлягає оподаткуванню як частина загального річного доходу. Зокрема, фізичні особи повинні вказувати цей дохід у своїй річній декларації та сплачувати ПДФО у розмірі 18% та 1,5% військового збору, а юридичні особи - податок на прибуток та ПДВ. Також важливо враховувати, що ФОПи на спрощеній системі оподаткування не можуть торгувати криптовалютою і мають перейти на загальну систему оподаткування для здійснення таких операцій [41].

У той час як Верховна Рада України поки не планує розглядати питання про застосування пільгових податкових ставок до операцій з криптовалютами, вона розглядає можливість введення оподаткування цих віртуальних активів за стандартними ставками, щоб забезпечити більшу прозорість та стабільність в цій сфері.

Підводячи підсумок, український ринок активно адаптується до використання криптовалют, що спостерігається у зростаючому використанні їх у різних галузях економіки. Деякі компанії вже використовують криптовалюти для оплати товарів та послуг, а також як інвестиційний інструмент. Однак, процес адаптації не завершений, і зазначений вище законопроєкт про регулювання криптовалют в Україні вже застарів та не відповідає європейським стандартам, що набудуть чинності з прийняттям The Markets in Crypto-Assets Regulation (MiCA). Час, необхідний для повної адаптації, залежатиме від різних факторів, включаючи час на розвиток ефективного правового регулювання та розвиток довіри користувачів до криптовалют.

3.3 Майбутнє криптовалют, зокрема Біткоін'а: підходи, виклики та перспективи

Загальновизнано, що технології, цифрова інформація та програми все частіше інтегруються в повсякденне життя, включаючи покупки, послуги та навіть дистанційне навчання. До того ж, традиційно консервативні галузі, такі як банківська справа, впроваджують та розробляють цифрові програми для фінансових транзакцій. Однак популярність і потенціал фінансових валют, які визначаються як цифрові валюти або криптовалюти, все ще залишаються невизначеними і є предметом дискусій не лише серед науковців і спільноти користувачів, а й серед експертів [42, С.1].

Зважаючи на всі переваги криптовалют, важливо оцінювати ризики та виклики, пов'язані з ними, такі як волатильність ринку, регуляторна невизначеність та загрози кібербезпеці. Таким чином, впровадження криптовалют має складні наслідки і вимагає постійного діалогу між усіма залученими сторонами. Розбіжності в поглядах всередині галузі можуть призвести до непорозумінь і скептицизму, що є контрпродуктивним у середовищі, де цінується співпраця і довіра. Щоб сприяти позитивному впровадженню цієї цифрової технології, важливо відстоювати інклюзивні підходи, заохочувати комунікацію та сприяти взаєморозумінню між зацікавленими сторонами. Це дозволить запобігти поляризації та конфліктам, які перешкоджають прогресу та життєздатності криптовалютного сектору.

Першим кроком є визначення прийняття криптовалют різними країнами світу. Це дозволить зрозуміти, як країни сприймають криптовалюти, чи вони вважають їх легітимними, чи дозволяють їхнє використання у різних сферах економіки та як регулюють з цим пов'язані питання. Аналіз ставлення країн до криптовалют допоможе визначити рівень визнання та ступінь розвиненості цього нового фінансового інструменту в різних частинах світу.

Багато країн прийняли криптовалюту як звичайний засіб обміну, тоді як багато інших країн все ще обговорюють її можливості. Окрім цього, деякі країни,

такі як Індія, не вважають її ані законною, ані незаконною. Країни, які легалізували біткоїн як засіб обміну, включають США, Канаду, Велику Британію, Швецію, Іспанію, Німеччину, Швейцарію та багато європейських країн, Таїланд тощо. Тоді як В'єтнам, Туреччина, Індонезія, Гонконг, Китай все ще вважають її незаконною [43, С. 3].

Важливо дослідити урядові підходи найрозвиненіших країн на планеті:

- Сполучені Штати обрали обережний підхід, а такі агентства, як SEC та CFTC, регулюють криптовалюти як цінні папери та товари відповідно. Уряд вжив заходів проти ICO, які порушують законодавство про цінні папери. У травні 2021 року адміністрація Байдена запропонувала нові закони, згідно з якими про криптовалютні перекази на суму понад 10 000 доларів потрібно буде повідомляти в Податкову службу. Запроваджені правила є частиною більш широких зусиль, спрямованих на підвищення податкової дисципліни, і вони все ще перебувають на стадії розгляду [44].

- Європейський Союз застосував комплексний підхід: такі агентства, як ESMA та EBA, видають рекомендації щодо ICO та рекомендують консервативний підхід для банків. У 2020 році ЄС прийняв 5-ту Директиву про боротьбу з відмиванням грошей, яка містить положення, пов’язані з криптовалютами. Директива вимагає від держав-членів регулювати біржі криптовалют і постачальників гаманців, а також вимагає посиленої належної перевірки транзакцій із третіми країнами з високим ризиком [45].

- Китай дотримується обмежувальної позиції, забороняє ICO, пригнічує біржі та майнінг, а також розробляє власну цифрову валюту (цифровий юань) для посилення контролю над фінансовою системою. Уряд також закликав місцеву владу провести розслідування та припинити операції з майнінгу криптовалюти [46].

- Японія має підхід прийняття криптовалют, визнавши криптовалюту законною формою платежу в 2017 році та запровадивши систему ліцензування криптовалютних бірж. Однак з часом уряд також запровадив суворіші правила,

наприклад, вимагав від бірж посилити заходи безпеки після злому Coincheck у 2018 році [47], [48].

- Індія зайняла неоднозначний підхід до регулювання криптовалюти: у 2018 році уряд заборонив банкам працювати з криптовалютним бізнесом. Заборона була оскаржена у Верховному суді, який скасував її у 2020 році. Однак Уряд ще не запровадив чіткої нормативної бази для криптовалют, і досі існує невизначеність щодо того, як до них ставитимуться в майбутньому. Як повідомляється, у квітні 2021 року уряд Індії запропонував новий закон для регулювання криптовалют, який заборонив би всі приватні криптовалюти та створив основу для цифрової рупії, що випускається Резервним банком Індії [49].

Загалом нормативно-правова база для криптовалют є складною та постійно розвивається, і цілком імовірно, що в найближчі роки ми продовжуватимемо бачити різні підходи з боку різних країн.

Майже неможливо точно визначити кількість користувачів криптовалют та частоту їх використання. Багато людей зберігають свої криптовалюти в різних гаманцях та на різних біржах. Це ускладнює точний підрахунок користувачів. Хоча можна намагатися приблизно оцінити цю кількість, але точна цифра залишається під питанням.

Криптовалюти можна умовно розділити на три основні типи: Біткоїн, альткоїни та токени [50, С. 5].

- Біткоїн: Це перша і найбільш відома криптовалюта, яка була створена в 2008 році під псевдонімом Сатоші Накамото. Цей тип криптовалюти базується на технології блокчейн і використовується як засіб обміну та зберігання вартості.

- Альткоїни: Це всі інші криптовалюти, крім Біткоїна. Вони включають в себе такі проекти, як Ethereum, Litecoin, Cardano і багато інших. Хоча багато альткоїнів базуються на тій же технології блокчейн, що й Біткоїн, вони можуть мати свої унікальні функції і властивості.

- Токени: Це цифрові активи, які не мають власного блокчейну і побудовані на основі існуючих блокчейнів, таких як Ethereum або NEO. Токени

можуть використовуватися для різних цілей, таких як фінансові операції, голосування, доступ до децентралізованих додатків тощо.

Біткойн, з'явившись у 2008 році, започаткував революцію в сфері цифрових платежів та фінансових систем. Його поява ознаменувала початок ери криптовалют, кинувши виклик традиційним уявленням про гроші та їх функціонування. На початковому етапі біткойн використовувався переважно в темній мережі для купівлі незаконних товарів та послуг. Його анонімний характер та децентралізована структура робили його привабливим для користувачів, які прагнули зберегти конфіденційність. У 2013-2014 роках біткойн пережив значне зростання ціни, що привернуло увагу ширшої аудиторії. Однак після цього настав період спаду, який тривав до 2017 року. Цей період характеризувався високою волатильністю курсу біткойна, що свідчило про нестабільність та ризикованість цієї криптовалюти.

2017 рік став знаковим для біткойна, адже його ціна стрімко зросла, досягнувши позначки 20 000 доларів за один біткойн у грудні. Цей феномен, відомий як "бульбашка 2017 року", призвів до того, що ранні інвестори, які володіли значною кількістю біткойнів, стали мільйонерами. В основі біткойна лежить технологія блокчейн, яка забезпечує прозорість, безпечність та незмінність транзакцій. Кожна транзакція записується в розподілений реєстр, доступний всім учасникам мережі, що робить неможливим її фальсифікацію або зміну [43, С. 4].

Попри всі виклики та небезпеки для інвесторів, трейдерів та звичайних користувачів, пов’язані з криптовалютами, існує проблема безпеки та фінансів. Часті випадки порушень безпеки та атак на біржі регулярно надходять до глобальної загальної уваги. Внаслідок цього, багато розвинених економік вже прийняли регулятивні заходи щодо криптовалютних операцій, особливо враховуючи їх значний інформаційний та комунікаційний потенціал. У той же час, країни, які розвиваються, залишаються вразливими перед цими проблемами через недостатність компетенції та освіти в сфері інформаційних технологій та систем. Це створює відчутний ступінь недовіри серед користувачів стосовно

онлайн-банкінгу та фінансових трансакцій через обмежений досвід у використанні сучасних технологій та електронних пристроїв. Злочини в кіберпросторі, такі як крадіжки коштів з рахунків та хакерські атаки, складають істотну загрозу, особливо на ринках криптовалют. Хакери, які здійснюють такі атаки, можуть зламати систему та здійснити відмивання грошей через відомі уразливості. Додатковим чинником є можливість використання криптовалют для відмивання грошей, зокрема на біржах, які дозволяють обмін криптовалюти на традиційні фіатні валюти.

Ще одною не менш важливою загрозою може бути шкода навколишньому середовищу. Майнінг біткоїну потребує величезних енергетичних ресурсів, і мережа використовує більше електроенергії, ніж значна кількість країн. Це створює страхи щодо впливу криптовалюти на зміну клімату. Прихильники криптовалют стверджують, що цю проблему можна вирішити за допомогою використання відновлювальних джерел енергії, таких як енергія від вулканів, як це запропонував президент Сальвадору. Зазначається, що екологічні побоювання також підштовхнули Ethereum до переходу на модель підтвердження частки (Proof-of-stake), яка споживає менше енергії через відсутність потужних обчислювальних ресурсів, їх ефективного використання та менших витрат на обслуговування [51].

Криптовалюти, як і будь-яка нова технологія, потребує часу для розкриття свого потенціалу та визначення довгострокових наслідків. Успіх будь-якої технологічної інновації ґрунтується на її здатності створювати цінність. Майбутнє блокчейну залежить від того, наскільки ефективно та довго він зможе надавати користь для користувачів.

Залучення криптовалют створює значні можливості для покращення суспільного добробуту, але вирішення ряду проблем потребує співпраці всіх відповідних зацікавлених сторін і може зайняти час. На даному етапі жоден блокчейн не є бездоганним. Є багато викликів, які потрібно вирішити, перш ніж ця технологія зможе повністю розкрити свій потенціал.

Дана частина роботи вказує на те, що криптовалюти ще не повністю прийняті громадськістю, але вони мають потенціал стати широко популярною цифровою валютою в різних галузях, поступово замінюючи традиційні форми грошей через свою гнучкість у здійсненні швидких однорангових транзакцій [50, С. 8].

І вже зараз, у 2024 році, можна побачити все більшу й більшу зацікавленість людей у світ криптоактивів. З поширенням і прийняттям криптовалют як інвестиційного засобу збільшується ймовірність фінансових ризиків, пов'язаних зі змінами курсів інших активів. Тому, все більше осіб виявляють інтерес до захисту свого капіталу через використання різноманітних інструментів хеджування. Таким чином, обидва ці фактори взаємодоповнюють один одного, створюючи більш стійке та надійне фінансове середовище для учасників ринку.

Висновки до розділу 3

У даному розділі роботи було досліджено ефективність різноманітних моделей для прогнозування цін на ф'ючерси Біткоїну, включаючи Random Forest, Gradient Boosting, GRU, LSTM та метод екстраполяції. Найкращі результати показала модель GRU, тоді як екстраполяційний метод виявився найменш ефективним. Здійснений аналіз спрямований на порівняння результатів даних моделей та їх ефективності з моделями, розробленими у другому розділі.

В останні роки спостерігається активна адаптація українського ринку до криптовалют, з використанням їх у різних галузях економіки, включаючи оплату товарів та послуг. Проте, законопроєкт про регулювання криптовалют в країні відстає від європейських стандартів і потребує ретельних допрацювань.

Різні країни по-різному реагують та адаптуються до криптовалют, що відображається в різних підходах до їх регулювання. У 2024 році спостерігається зростаючий інтерес до криптоактивів, що збільшує ймовірність фінансових ризиків. Таким чином, збільшується інтерес до захисту капіталу через

використання різних інструментів хеджування, що сприяє створенню стійкого фінансового середовища для учасників ринку.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі було проведено комплексне дослідження динаміки та управління ризиками на криптовалютному ринку, зокрема зосереджено увагу на Bitcoin та його ф'ючерсах. Головною метою роботи було розглянути механізми хеджування та прогнозування на цьому ринку, а також визначити ефективні моделі та стратегії для оптимізації інвестиційних рішень. Для вирішення цих задач були поставлені та виконані наступні завдання:

1. У першому розділі магістерської роботи було розглянуто питання процесів управління ризиками на фінансовому ринку криптовалют. Підкреслено важливість використання заходів хеджування в умовах значної непередбачуваності та високої невизначеності ринкових цін. Огляд включав аналіз різних видів ризиків та можливих стратегій їхнього зменшення або управління з метою забезпечення стійкості та надійності інвестиційних портфелів.

2. Даний етап дослідження зосереджено саме на Bitcoin деривативах, де розглядалися їх призначення та роль у глобальній фінансовій системі. Було проаналізовано обсяги угод за Bitcoin ф'ючерсами на фондовому ринку з метою розкриття їх впливу на динаміку цін та рівень ліквідності. Цей аналіз сприяв установленню значення ф'ючерсних контрактів у формуванні цінових показників Bitcoin та їхню роль у забезпеченні стабільності криптовалютного ринку.

3. В аналітично-дослідницькій частині роботи увага акцентувалася на ролі прогнозування в управлінні фінансовими ризиками на ринку криптовалют. Прогнозування цінових тенденцій виступало ключовим елементом для ідентифікації потенційних ризиків та розробки ефективних стратегій хеджування.

4. Було виконано побудову різноманітних моделей часових рядів для прогнозування цін на ф'ючерси Bitcoin. Дослідження містило у собі аналіз трьох

основних моделей: ARIMA, SARIMA і LSTM, з метою визначення їх ефективності. Проведено порівняльний аналіз точності різних моделей часових рядів як інструменту для визначення цін на ринку криптовалют. Дослідження підкреслило переваги моделі SARIMA у порівнянні з ARIMA та LSTM, показавши її вищу ефективність у прогнозуванні цінових змін.

5. На початку третього розділу магістерської роботи було розглянуто інші роботи з аналізу різноманітних моделей для прогнозування цін на ф'ючерси Біткоїну. Проведений аналіз включав оцінку результатів моделей Random Forest, Gradient Boosting, GRU, LSTM та методу екстраполяції, з фокусом на їхній точності та ефективності в прогнозуванні ринкових цін.

6. Далі необхідно було визначити стан розвитку ринку криптовалют в Україні. Дослідження включало аналіз історичного зростання та сучасного положення ринку, а також перспективи його подальшого розвитку. Зазначено, що регулювання криптовалют у країні присутнє, але законодавство, стосовно цієї галузі, недосконале та потребує покращення.

7. Країни реагують на розвиток криптовалют по-різному, відображаючи різні підходи до регулювання цього ринку. У зв'язку зі зростаючим інтересом до криптоактивів у 2024 році, виникає потреба у захисті капіталу, що стимулює збільшення застосування різноманітних інструментів хеджування для створення стабільного фінансового середовища на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ali Shah. S. Is cryptocurrency a hedging tool during economic policy uncertainty? An empirical investigation [Електронний ресурс] / Salman Ali Shah. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/377208834_Is_cryptocurrency_a_hedging_tool_during_economic_policy_uncertainty_An_empirical_investigation.

2. Almeida J. Portfolio Diversification, Hedge and Safe-Haven Properties in Cryptocurrency Investments and Financial Economics: A Systematic Literature Review [Електронний ресурс] / José Almeida, Tiago Cruz Gonçalves. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/366466524_Portfolio_Diversification_Hedge_and_Safe-Haven_Properties_in_Cryptocurrency_Investments_and_Financial_Economics_A_Systematic_Literature_Review.

3. Bakry W. Bitcoin and Portfolio Diversification: A Portfolio Optimization Approach [Електронний ресурс] / Walid Bakry. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mdpi.com/1911-8074/14/7/282.

4. Finance Theory and Practice. Economic Nature and Classification of Stablecoins [Електронний ресурс] / Finance Theory and Practice. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/347710632_Economic_Nature_and_Classification_of_Stablecoins.

5. Susovon J. Is the cryptocurrency market a hedge against stock market risk? A Wavelet and GARCH approach [Електронний ресурс] / Susovon Jana, Tarak Nath Sahu. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/373982209_Is_the_cryptocurrency_market_a_hedge_against_stock_market_risk_A_Wavelet_and_GARCH_approach.

6. Arsi S. Cryptocurrencies: Key Risks and Challenges [Електронний ресурс] / Sonia Arsi. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: Cryptocurrencies: Key Risks and Challenges.

7. Wang P. Dynamic Linkage between Bitcoin and Traditional Financial Assets: A Comparative Analysis of Different Time Frequencies [Електронний ресурс] / Panpan Wang. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mdpi.com/1099-4300/24/11/1565.

8. Lili Matic J. Hedging cryptocurrency options / Jovanka Lili Matic., 2023. – 133 с.

9. Wątorek M. Cryptocurrencies Are Becoming Part of the World Global Financial Market [Електронний ресурс] / Marcin Wątorek. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mdpi.com/1099-4300/25/2/377.

10. Станіславський В. Г. ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ КРИПТОАКТИВИ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ХЕДЖУВАННЯ : дис. канд. ек. наук / Станіславський В. Г. – Одеса. – 4 с.

11. Cryptopedia Staff. Blockchain and Financial Derivatives [Електронний ресурс] / Cryptopedia Staff. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.gemini.com/cryptopedia/cryptocurrency-derivatives-trading-synthetic-assets.

12. GBBS. Introduction to Crypto Derivatives / GBBS., 2021. – 38 с. – (https://gbbcouncil.org/wp-content/uploads/2021/11/GSMI-2.0-Introduction-to-Crypto-Derivatives.pdf).

13. Sebastião H. Bitcoin futures: An effective tool for hedging cryptocurrencies / Helder Sebastião, Pedro Godinho., 2019. – 38 с.

14. Resta M. Technical Analysis on the Bitcoin Market: Trading Opportunities or Investors' Pitfall? / Marina Resta., 2020. – 38 с.

15. Cryptocurrency Futures and Derivatives: A Growing Market [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://crypto.com/university/crypto-futures-derivatives.

16. Exploring crypto derivatives [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: file:///D:/Files/ey-exploring-crypto-derivatives.pdf.

17. Futures Volume [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.coinglass.com/pro/futures/FuturesVolume.

18. CAUSAL RELATIONSHIP BETWEEN BITCOIN PRICE VOLATILITY AND TRADING VOLUME: ROLLING WINDOW APPROACH. // Causal relationship between bitcoin price volatility and trading volume: Rolling window approach / . – (https://www.econstor.eu/bitstream/10419/231681/1/1687451664.pdf). – С. 16.

19. Aarhus Aalborg H. What can explain the price, volatility and trading volume of Bitcoin? [Електронний ресурс] / Halvor Aarhus Aalborg. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1544612318302058.

20. Volume of Bitcoin Futures [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.theblock.co/data/crypto-markets/futures/volume-of-bitcoin-futures-monthly.

21. Akanksha J. What effect did the introduction of Bitcoin futures have on the Bitcoin spot market? [Електронний ресурс] / Jalan Akanksha. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://centaur.reading.ac.uk/95214/3/Submission_Bitcoin_Futures_correctedNEW-8-12-20.pdf.

22. Технічний та фундаментальний аналіз – що це таке? [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://fondexx.com.ua/blog/tekhnichniy-ta-fundamentalniy-analiz-scho-ce-tak/.

23. Bitcoin Futures CME [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://investing.com/crypto/bitcoin/bitcoin-futures.

24. Організація Об'єднаних Націй. Використання технології блокчейн в цілях стійкого розвитку: перспективи і проблеми. [Електронний ресурс] / Організація Об\'єднаних Націй – Режим доступу до ресурсу: https://unctad.org/system/files/official-document/ecn 162021d3.pdf.

25. Namiot D. E., Kupriyanovskiy V. P., Sinyagov S. A. Infokomunikacijni servisi v rozumnomu misti [Infocommunication services in a smart city]. International Journal of Open Information Technologies, vol. 4, no. 4, pp. 1–9.

26. Bitcoin Futures and How to Trade Them [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://koinly.io/blog/crypto-futures-derivatives/.

27. Exchange Review, Cryptocompare, September 2023\

28. Долінський Л. Б. Фінансовий ризик-менеджмент : навчально-методичний посібник / Леонід Долінський ; Національний університет "Києво-Могилянська академія". - Київ : НаУКМА, 2022. - 130 с. URI https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/23795

29. Pintelas E. Investigating the Problem of Cryptocurrency Price Prediction: A Deep Learning Approach / E. Pintelas, S. Stavroyiannis., 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/340256591_Investigating_the_Problem_of_Cryptocurrency_Price_Prediction_A_Deep_Learning_Approach

30. Cocco L. Predictions of bitcoin prices through machine learning based frameworks [Електронний ресурс] / L. Cocco, T. Roberto. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/350468858_Predictions_of_bitcoin_prices_through_machine_learning_based_frameworks.

31. Bariviera A. Some stylized facts of the Bitcoin market [Електронний ресурс] / Aurelio Bariviera. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437117304697.

32. Louppe G. Understanding Random Forests: From Theory to Practice [Електронний ресурс] / Gilles Louppe. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/264312332_Understanding_Random_Forests_From_Theory_to_Practice.

33. Knoll A. Gradient boosting machines, a tutorial [Електронний ресурс] / Alois Knoll. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbot.2013.00021/full.

34. Chung J. Empirical Evaluation of Gated Recurrent Neural Networks on Sequence Modeling [Електронний ресурс] / Junyoung Chung. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: https://arxiv.org/abs/1412.3555.

35. Gudavalli H. Predicting Cryptocurrency Prices with Machine Learning Algorithms: A Comparative Analysis [Електронний ресурс] / Harsha Nanda Gudavalli. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1778251/FULLTEXT03.

36. Matskevych D. EXTRAPOLATION USAGE FOR PREDICTING CRYPTOCURRENCY PRICING [Електронний ресурс] / Dmytro Matskevych. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: file:///D:/Files/2762-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-2669-1-10-20230927.pdf.

37. ДФС відштовхується від листа НБУ 2014 р. щодо визначення статусу Bitcoin [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://interfax.com.ua/news/general/445057.html.

38. Україна визнає майнінг окремим видом економічної діяльності [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://lb.ua/economics/2018/03/15/392611_ukraina_priznaet_mayning_otdelnim.html.

39. The 2022 Global Crypto Adoption Index: Emerging Markets Lead in Grassroots Adoption, China Remains Active Despite Ban, and Crypto Fundamentals Appear Healthy [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://www.chainalysis.com/blog/2022-global-crypto-adoption-index/.

40. “Adopted the Law of Ukraine “On Virtual Assets [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.rada.gov.ua/.

41. Що відбувається з біткоїном у 2024 та як регулюється оберт криптовалют в Україні [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://it-ease.com/interv-ju-z-izivcyami/shho-vidbuvaietsya-z-bitkoinom-u-2024-ta-yak-reguljuietsya-obert-kriptovaljut-v-ukraini/.

42. Zwilling M. The future of crypto currency: gaps, challenges, and concerns [Електронний ресурс] / Moti Zwilling // 2023 – Режим доступу до ресурсу: https://iacis.org/iis/2023/3_iis_2023_58-70.pdf.

43. Manjula B. Analysis of Cryptocurrency, Bitcoin and the Future [Електронний ресурс] / Manjula. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: file:///D:/Files/1293-1302+(Shaik+Analysis).pdf.

44. Biden budget proposes closing crypto loophole to raise $24 billion in new revenue [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://finance.yahoo.com/news/biden-budget-proposes-closing-crypto-loophole-to-raise-24-billion-in-new-revenue-182743431.html?guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAJay9rXEHhscSThv2dqVKqUjr69lTW4ANtNsFQHhzVEmcDElT50kzreAkybXIc7UKy90twrYKrjf38hlYZH92Y0obyN9qX5ffrfJLLxxg9iR8NGUluDYuCMgt8awNGjtx9k-wg1gaoWNRoblQTek9ObLbfheOImIAMv_Cy5TriOu&guccounter=2.

45. Anti-money laundering and countering the financing of terrorism at EU level [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://finance.ec.europa.eu/financial-crime/anti-money-laundering-and-countering-financing-terrorism-eu-level_en.

46. China bans companies from raising money through ICOs, asks local regulators to inspect 60 major platforms [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://www.cnbc.com/2017/09/04/chinese-icos-china-bans-fundraising-through-initial-coin-offerings-report-says.html.

47. Blockchain & Cryptocurrency Laws and Regulations 2024 [Електронний ресурс] // Japan. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/blockchain-laws-and-regulations/japan/.

48. An overview of the cryptocurrency regulations in Japan [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://cointelegraph.com/learn/crypto-regulations-in-japan.

49. India\'s top court strikes down RBI banking ban on cryptocurrency [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.reuters.com/article/uk-india-cryptocurrency-idUKKBN20R0KX/.

50. DeVries P. An Analysis of Cryptocurrency, Bitcoin, and the Future [Електронний ресурс] / Peter DeVries. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://ijbmcnet.com/images/Vol1No2/1.pdf.

51. What Are Risks of Trading Cryptocurrencies? [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/risks-of-cryptocurrency/.