

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки, освітня програма «Інформаційна
аналітика та впливи»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

**«Моделі та інформаційна технологія аналізу валютних пар на
фінансових біржах»**

Студента 2-го курсу групи ІАВ-21

Чернецького Дмитра Максимовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис студента)

Науковий керівник:

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Хлевна Юлія Леонідівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(дата) (підпис)

Попередній захист:

(Висновок: «До захисту в Екзаменаційній комісії»)

Завідувач кафедри

технологій управління _____ Морозов В.В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали) (дата)

Київ – 2024

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Спеціальність 122 - Комп'ютерні науки

Освітня програма Інформаційна аналітика та впливи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

професор Морозов В.В.

« ____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Студент Чернецький Дмитро Максимович

Група ІАВ-1-22

1. Тема кваліфікаційної роботи Моделі та інформаційна технологія аналізу валютних пар на фінансових біржах

Затверджена наказом по від « ____ » _____ 20__ р. № ____.

2. Строк подання студентом готової роботи – “ ____ ” _____ 20__ р.

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи - фахові статті іноземних та вітчизняних фахівців, присвячені дослідженню моделей та інформаційних технологій аналізу валютних пар на фінансових біржах, власні спостереження автора щодо діяльності досліджуваного підприємства, власний досвід автора в сфері криптовалютного обігу

4. Зміст роботи Теоретико-методичні аспекти застосування інформаційної аналітики
(перелік питань, що підлягають розробці)

на фінансових біржах. Математичні моделі та методи аналізу криптовалютних пар на криптовалютних фінансових біржах. Збір даних та реалізація аналітичної моделі. Напрямки оптимізації моделей та інформаційної технології.

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів) Існуючі можливості обігу криптовалюти в сучасному бізнес-середовищі. Алгоритм арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах. Концептуальна модель біржового арбітражу криптовалютних пар. Переваги застосування великих даних для арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах. Переваги мови програмування Python для аналізу криптовалютних пар на фінансових біржах. Можливості застосування бібліотеки ccxt (CryptoCurrency eXchange Trading) для аналізу валютних пар на фінансових біржах. Можливості PyCharm для розробки аналітичної моделі. Розроблений код моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах. Алгоритм обґрунтованого впровадження пропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства. Алгоритм розробки та впровадження арбітражного бота для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах.

6. Календарний план виконання роботи:

№ з/п	Назва частин роботи	%	Виконання роботи	
			За планом	Фактично
1	Вибір теми дипломної роботи	3	01.10.23	01.10.23
2	Протокол кафедри ТУ про затвердження тем дипломних робіт та призначення наукових керівників	2	27.12.23	27.12.23
3	Формування переліку нормативних матеріалів, літератури з проблематики дипломної роботи	10	08.01.24	08.01.24
4	Складання розгорнутого плану кваліфікаційної роботи	5	18.01.24	18.01.24
5	Ознайомлення наукового керівника з розгорнутим планом кваліфікаційної роботи. Внесення змін.	5	19.01.-20.01-24	19.01.-20.01-24
6	Підготовка розділу 1 «Теоретико-методичні аспекти застосування інформаційної аналітики на фінансових біржах»	10	12.02.24	12.02.24
7	Підготовка розділу 2 «Математичні моделі та методи аналізу криптовалютних пар на криптовалютних фінансових біржах»	14	08.03.24	08.03.24
8	Підготовка розділу 3 «Збір даних для реалізації аналітичної моделі»	14	01.04.24	01.04.24
9	Підготовка розділу 4 «Напрямки оптимізації моделей та інформаційної технології»	13	20.04.23	20.04.23
10	Оформлення кваліфікаційної роботи. Підготовка висновків і пропозицій	15	03.05.24	03.05.24
11	Передача кваліфікаційної роботи науковому керівникові	2	04.05.24	04.05.24
12	Передача кваліфікаційної роботи рецензенту для рецензування	2	11.05.24	11.05.24
13	Попередній захист кваліфікаційної роботи	5	17.05.24	17.05.24

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

Керівник роботи __професор __Хлевна Юлія Леонідівна
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийняв до виконання студент групи ІАВ-1-22

Чернецький Дмитро Максимович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ АНАЛІТИКИ НА ФІНАНСОВИХ БІРЖАХ	13
1.1 Сутність криптовалюти та особливості її капіталізації на фінансових біржах	13
1.2 Дослідження методів та моделей аналізу валютних пар на фінансових біржах	20
1.2.1 Методи та моделі алгоритмічного аналізу	20
1.2.2 Методи та моделі фундаментального аналізу	24
1.3 Огляд інформаційних технологій аналізу валютних пар на фінансових біржах	26
1.3.1 Технологія Data Science	26
1.3.2 Технології штучного інтелекту	28
1.4 Постановка завдання	30
Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ КРИПТОВАЛЮТНИХ ПАР НА КРИПТОВАЛЮТНИХ ФІНАНСОВИХ БІРЖАХ	33
2.1 Стан використання інформаційних технологій для обігу криптовалюти у ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»	33
2.2 Арбітраж криптовалютних пар на фінансових біржах	37
2.3 Математична формалізація процесу арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах	42
2.4 Концептуальна модель біржового арбітражу криптовалютних пар	47
Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3 ЗБІР ДАНИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ АНАЛІТИЧНОЇ	51

МОДЕЛІ	
3.1 Обґрунтування обраної технології для потреб дослідження	51
3.2 Обґрунтування обраної мови програмування для потреб дослідження	54
3.3 Бібліотека даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах	57
3.4 Інтегроване середовище аналітичної моделі для потреб дослідження	62
Висновки до розділу 3	64
Розділ 4 НАПРЯМКИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ	67
4.1 Опис моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах та інтерпретація результатів моделювання	67
4.2 Впровадження розробленого аналітичного алгоритму в досліджуване підприємство	74
4.3 Перспективи використання аналітичної розробленої моделі засобами штучного інтелекту	81
Висновки до розділу 4	88
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97
ДОДАТКИ	107
Додаток А. Аналіз біржових індикаторів для формування торгової стратегії щодо криптовалюти	107
Додаток Б. Розроблений код моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах	110

АНОТАЦІЯ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Спеціальність 122 - Комп'ютерні науки,
освітня програма "Інформаційна аналітика та впливи"

Дипломна робота магістра Чернецького Дмитра Максимовича.

Тема роботи – «Моделі та інформаційна технологія аналізу валютних пар на фінансових біржах».

Мета дипломної роботи магістра – аналіз теоретичних аспектів та розробка практичних рекомендацій щодо використання моделей та інформаційних технологій для аналізу валютних пар на фінансових біржах.

Об'єкт дослідження – процеси аналізу валютних пар щодо інвестування криптовалюти на фінансових біржах.

Предмет дослідження – моделі, методи та інформаційні технології пошуку та обробки інформації для аналізу валютних пар на фінансових біржах.

Наукова новизна роботи – запропоновано концептуальну модель для біржового арбітражу, яка на відміну від традиційного технічного та фундаментального аналізу дозволяє знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями на основі вирахування різниці між цінами для прийняття рішення щодо купівлі криптовалюти на біржі з оптимальним спредом, а також спрогнозувати в короткочасній перспективі динаміку зміни ціни для миттєвого продажу криптовалюти за максимально вигідною ціною; визначено алгоритм повної автоматизації використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту у вигляді арбітражного бота, який може самостійно приймати рішення щодо вигідного інвестування криптовалюти на основі результату аналізу валютних пар на прогнозування ціни на фінансових біржах.

У роботі досліджено теоретико-методичні аспекти застосування інформаційної аналітики на фінансових біржах; наведено математичні моделі та методи аналізу криптовалютних пар на криптовалютних фінансових біржах. Розроблено концептуальну модель для арбітражу криптовалют за технологією Data Science на основі мови програмування Python, обґрунтовано доцільність впровадження запропонованої методики в діяльність досліджуваного підприємства, наведено рекомендації щодо перспектив імплементації запропонованої моделі для біржової торгівлі валютними парами.

Ключові слова: аналіз валютних пар, фінансові біржі, криптовалюта, модель, інформаційна технологія, програмний код, арбітражний бот

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток цифрових технологій має вплив на всі сфери життя людей та формування нових напрямків бізнесу. Поява цифрових грошей за допомогою криптографічних алгоритмів зумовила їх капіталізацію на фінансових біржах. Окремі підприємці намагаються знайти шляхи додаткового доходу завдяки інвестуванню криптовалютних активів на біржу, що зумовлює попит на фахівців, здатних знайти оптимальну стратегію купівлі – продажу криптовалюти. Особливості обігу криптовалюти в сучасному бізнес - середовищі вимагають ґрунтовного аналізу даних для прийняття рішень щодо інвестування валютних пар на фінансовій біржі. Умови невизначеності на фінансовій біржі зумовлюють пошук спеціалізованого інструментарію для аналізу валютних пар, заснованому на математичних розрахунках та застосуванні інформаційних технологій.

Увага до інформаційних технологій в контексті криптовалютного ринку наявна як у іноземних, так і вітчизняних фахівців. Відзначимо, що наукові дослідження фахівців спрямовано на аналіз моделей та інформаційних технологій для аналізу валютних пар на фінансових біржах, з виокремленням їх переваг та недоліків, проте розробка практичних рекомендацій для формування стратегії арбітражу криптовалюти не достатньо висвітлена в фахових дослідженнях. Розробка моделі та інформаційної технології для аналізу валютних бірж дозволить оптимізувати процес інвестування криптовалюти на фінансових біржах, що зумовлює актуальність кваліфікаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційне дослідження було виконано в межах наукових тем кафедри технологій управління факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а саме: «Розробка інформаційно-аналітичних інструментів управління портфелями проектів і програм в інтегрованих функціональних середовищах» (державний

реєстраційний номер 0121U107799), «Розробка моделей, методів інтелектуального управління проєктами інноваційно орієнтованих підприємств» (державний реєстраційний номер 0121U107801)

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційного дослідження є аналіз теоретичних аспектів та розробка практичних рекомендацій щодо використання моделей та інформаційних технологій для аналізу валютних пар на фінансових біржах.

Для досягнення мети дослідження було поставлено і вирішено наступні завдання:

- розкрити сутність криптовалюти та особливості її капіталізації на фінансових біржах;
- проаналізувати методи та моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах;
- здійснити огляд інформаційних технологій аналізу валютних пар на фінансових біржах;
- визначити стан використання інформаційних технологій для обігу криптовалюти у ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»;
- дослідити процес арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах;
- навести математичну формалізацію процесу арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах;
- запропонувати концептуальну модель біржового арбітражу криптовалютних пар;
- обґрунтувати вибір технології для потреб дослідження;
- обґрунтувати вибір мови програмування для потреб дослідження;
- визначити бібліотеку даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах;
- визначити інтегроване середовище аналітичної моделі для потреб дослідження;

- навести опис моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах та інтерпретації результатів моделювання;
- визначити напрямки впровадження розробленого аналітичного алгоритму в досліджуване підприємство;
- окреслити перспективи використання штучного інтелекту для оптимізації арбітражу валютних пар на фінансових біржах.

Об'єктом дослідження є процеси аналізу валютних пар щодо інвестування криптовалюти на фінансових біржах.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційні технології пошуку та обробки інформації для аналізу валютних пар на фінансових біржах.

Методи дослідження. Інформаційною базою дослідження виступили наукові статті вітчизняних та закордонних фахівців, присвячених проблематиці застосування моделей та інформаційних технологій аналізу валютних пар на криптовалютних біржах, фундаментальні дослідження окремих фахівців, власні напрацювання автора в процесі наукової та практичної діяльності. Наукове дослідження було проведено в контексті системного підходу, який дозволив проаналізувати теоретичні аспекти та окреслити практико-орієнтовані підходи до застосування моделей та інформаційних технологій аналізу валютних пар на криптовалютних біржах.

Метод групування дозволив сформулювати основні засади застосування моделей та інформаційних технологій аналізу валютних пар на криптовалютних біржах. Думки автора було викладено як результати дослідження за допомогою описового методу. Метод логічно-наслідкового зв'язку забезпечив можливість інтерпретації розробленого алгоритму аналізу валютних пар на криптовалютних біржах. Аналіз праць іноземних вчених допоміг окреслити напрямки інтеграції закордонного досвіду аналізу валютних пар на криптовалютних біржах в сучасні українські реалії. За основу дослідження було взято наукові доробки українських вчених для

обґрунтування обраних моделей та інформаційних технологій аналізу валютних пар на криптовалютних біржах.

Дослідження стосується взаємопов'язаних наукових напрямків, зокрема, проблематики інформаційного забезпечення діяльності досліджуваного ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ», аналітики даних, комп'ютерної обробки даних, а також методології наукових досліджень. Зазначений перелік наукових напрямків дозволив аргументувати доцільність залучення технології Data Science мовою Python для аналізу валютних пар на криптовалютних біржах.

Наукова новизна одержаних результатів. В процесі кваліфікаційного дослідження було отримано результати щодо розробки і реалізації моделі та інформаційної технології аналізу валютних пар на фінансових біржах, яким властива наступна наукова новизна:

запропоновано:

концептуальну модель для біржового арбітражу, яка на відміну від традиційного технічного та фундаментального аналізу дозволяє знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями на основі вирахування різниці між цінами для прийняття рішення щодо купівлі криптовалюти на біржі з оптимальним спредом, а також спрогнозувати в короткочасній перспективі динаміку зміни ціни для миттєвого продажу криптовалюти за максимально вигідною ціною.

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні алгоритму повної автоматизації використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту у вигляді арбітражного бота, який може самостійно приймати рішення щодо вигідного інвестування криптовалюти на основі результату аналізу валютних пар на прогнозування ціни на фінансових біржах. Наукові результати обговорено з фахівцями фінансово-аналітичного відділу ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» (дочірнього підприємства американської компанії BOOKS TIME, INC) та прийнято до уваги, що підтверджено

протоколом засідання фінансово-аналітичного відділу ТОВ «ПРО ТЕХНОЛОДЖІ».

Апробація результатів роботи. Основні наукові положення, висновки та пропозиції було представлено для обговорення на IX Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки: проблеми, пріоритети, перспективи» (м. Дніпро, ДДАЕУ, 25-26 жовтня 2018р.), VII Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Облік, аудит, оподаткування та звітність у системі забезпечення економічної стійкості підприємств» (м. Дніпро, ДДАЕУ, 11-12 травня 2023 р.), I Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції «Обліково-фінансове, інформаційне та мовно-комунікаційне забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки» (м. Дніпро, ДДАЕУ, 26-27 жовтня 2023 р.), науково-практичній конференції молодих вчених і здобувачів вищої освіти «Молодь, наука, бізнес: традиційні й нові аспекти досліджень» (м. Дніпро, ДДАЕУ, 26 – 29 березня 2024 р.), IX Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми соціально-економічних систем в умовах трансформаційної економіки» (м. Дніпро, УДУНТ, 11-12 квітня 2024 р.).

Публікації. Основні положення кваліфікаційної роботи представлено в 7 наукових працях: 1 наукова стаття англійською мовою у фаховому спеціалізованому виданні (у співавторстві; авторський внесок – дослідження технології Data Science для оптимізації управлінських рішень), 1 одноосібна стаття англійською мовою в колективній монографії та 5 тез доповідей у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, основної частини, яка включає чотири розділи, висновків та списку використаних джерел. Всього налічує 106 сторінок та перелік посилань з 66 джерел на 9 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ АНАЛІТИКИ НА ФІНАНСОВИХ БІРЖАХ

1.1 Сутність криптовалюти та особливості її капіталізації на фінансових біржах

Розвиток цифрових технологій спостерігається в багатьох сферах підприємництва, в тому числі в фінансовій галузі. Наразі активним попитом користуються фінансові активи у вигляді електронних грошей – криптовалюта. Криптовалютні активи не мають матеріальної форми, використовуються у вигляді математичних формул та захищені спеціальною системою шифрування даних. Проаналізуємо погляди вчених щодо сутності криптовалюти та особливостей її використання в умовах сьогодення.

Підтримую думку вчених Єрмоленко О.А., Лисьонкова Н.М. та Шумбар А.С., що «криптовалюта в сучасному світі – це найбільша фінансова інновація, поява якої стала можливою завдяки стрімкому розвитку глобальних технологій високошвидкісної передачі інформації, в умовах глобальної децентралізації» [23]. Фахівці Момот І.О., Момот Ю.Г. та Козенков Д.Є. характеризують появу криптовалюти, як «альтернативний грошовий обіг, який включає емісію та використання як розрахункового інструмента додаткових грошових знаків, які знаходяться в обігу на одному рівні із законним платіжним засобом» [39]. Фахівчиня Гуріна Н. В. розглядає криптовалюту «як вид активу, який існує у вигляді програмного коду та може бути використаний як засіб обміну або засіб розрахунку за придбані товари чи надані послуг» [19].

Не можу не погодитись з твердженням фахівців Корнєєва В. та Чеберяко О., що «криптовалюта забезпечує швидку і надійну систему платежів та грошових переказів, що заснована на новітніх технологіях і не підконтрольна регуляторним державним установам» [25]. Аналогічної

думки дотримуються вчена Краус К.М. та студентка Росохацька М.О., зазначаючи, що криптовалюта «являє собою складну систему інформаційно-технологічних процедур, побудованих на криптографічних методах захисту, що регламентують ідентифікацію власників та фіксацію факту їх зміни» [27]. Фахівчині [27] наголошують на неоднозначності визнання криптовалюти, оскільки криптовалютний актив не є визнаною розрахунковою одиницею, а також є певні труднощі у визнання цього активу універсальним платіжним засобом, проте не заперечують факт інтересу до неї та її швидкого поширення в умовах сьогодення.

Вважаю вдалим зауваження фахівця Кравець Д.Д., що попри відсутності єдиного рішення в світі щодо подальшого стратегічного розвитку криптовалютного ринку, «розвиток і становлення даного виду валюти в різних країнах світу не стоїть на місці і з кожним днем дедалі активніше впроваджується по всьому світу» [26]. Погоджуюсь з думкою вчених [26], що попит на криптовалюту буде каталізатором процесу її впровадження в сучасне життя як суб'єктів підприємництва, так і фізичних осіб.

Отже, криптовалюту можна охарактеризувати як цифровий інструмент у вигляді ланцюжка даних, що має математичну формалізацію та є альтернативою традиційного платіжного засобу завдяки комплексу програмних систем та криптографічних алгоритмів. Відзначу, що для зберігання криптовалютних активів не потрібен банк або інша фінансова установа, оскільки криптовалютний актив є непідконтрольним урядовим структурам. Процес використання криптовалютних активів забезпечується наявністю електронного гаманця.

В українському законодавстві питання, пов'язані з використанням криптовалюти, недостатньо врегульовано. 17 лютого 2022 р. Верховна рада України прийняла Закон «Про віртуальні активи», який має врегулювати криптоіндустрію. Цей Закон не набув чинності, бо у Прикінцевих та перехідних положеннях передбачається, що він почне діяти лише після податкового врегулювання усіх процесів. НАЗК роз'яснило 30.12.2021 р. як

декларувати нематеріальні активи, а суди використовують це роз'яснення при ухваленні рішень й посиляються на принцип аналогії закону, адже відповідний закон відсутній. В рішеннях встановлюється, що обіг криптовалют в Україні є законним і не заборонений, бо це визначає загальний державний підхід до регулювання обігу криптовалют. Національний банк України ввів обмеження на міжнародні грошові перекази, обмежив транзакції у криптовалюті. Коли Закон стане чинним, криптовалюта набуде статусу «дозвільних активів» [31].

Вищезазначений аналіз думок вчених щодо сутності криптовалютних активів дозволив виділити особливості цього альтернативного розрахункового інструменту, що узагальнено на рис. 1.1.

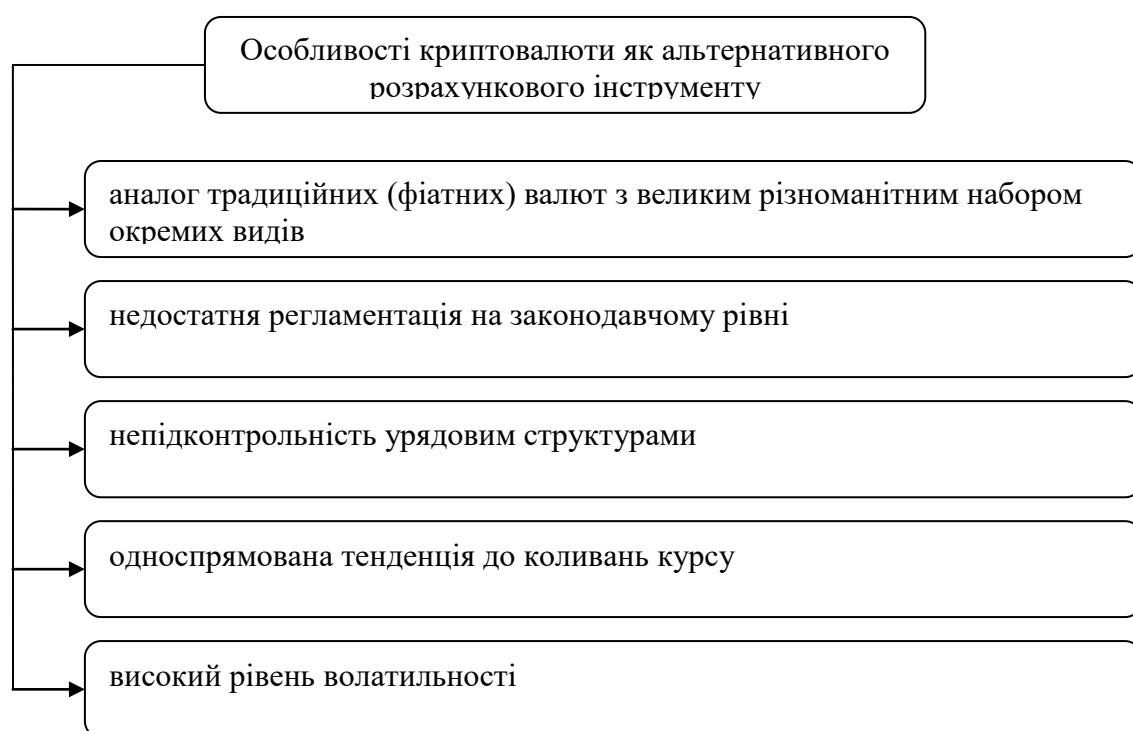


Рисунок 1.1 - Особливості криптовалюти як альтернативного розрахункового інструменту

Криптовалюта має великий набір цифрових монет, які мають різну вартість, затребуваність, мету створення, напрямки застосування, технологію, власників. Наприклад, є монети – мем-коїни, які не мають під

собою вартісного підґрунтя; є монети, які є обличчям криптовалютного ринку (біткоїн), також є фундаментальні монети, котрі є базою для створення інших монет, свій блокчейн (наприклад, ефір); є монети – представники бірж та криптогаманців; є монети, які дають можливість здешевити комісію блокчейну тощо. Односпрямована тенденція до коливань курсу означає здатність затребуваної криптовалюти - біткоїна впливати на коливання курсу більшості інших монет, тому тенденція зростання одного виду криптовалюти тягне за собою зростання всіх валютних пар. Криптовалютний ринок характеризується високим рівнем волатильності – коливання курсу за короткий час можуть бути дуже суттєвими.

Вчені Корнеєв В. та Чеберяко О. наголошують на таких принципах функціонування криптовалютної платіжної системи, як анонімність учасників та відсутність державного контролю і впливу [25]. Анонімність учасників тим не менш забезпечує так чи інакше повну прозорість розрахункових операцій, оскільки учасники знають адресу безособового гаманця. Проте відзначу, що це породжує функціонування чорного ринку криптовалют та ухиляння від сплати податків. Анонімність здійснення транзакцій також пов'язана з анонімністю електронного гаманця, втрата паролю до якого несе за собою повну втрату цифрових активів. Цифрова форма криптовалютних активів викликає інтерес у хакерів, які намагаються привласнити чужі активи, проте розвиток криптовалютних бірж здійснюється завдяки існуванню блокчейн-технології і постійне збільшення кількості блоків ускладнює можливість кібератак. Проблема нестачі певної кількості монети легко вирішується можливістю використати неціле число монети, наприклад, 0,0089 або 0,01 частини цілої монети, що спрощує процес розрахунків цифровими грошима, проте не всі підприємницькі структури приймають криптовалютні активи в якості платіжного засобу за свої товари чи послуги.

Вищезазначені переваги і недоліки капіталізації (обігу) криптовалютних активів систематизовано на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 - Переваги та недоліки капіталізації криптовалютних активів

Джерело: складено за [39]

Наразі інтерес фізичних осіб до криптовалютного обігу є достатньо високим, проте невизначеність в законодавстві не заважає появи зацікавленості в такому фінансовому інструментів у суб'єктів підприємництва. Існуючі можливості обігу криптовалюти в умовах сьогодення узагальнено на рис. 1.3. Як бачимо з наведеного рисунку, придбання валютних пар можливе різними шляхами, зокрема за посередництва фізичних осіб на біржі (P2P – від однієї фізичної особи до іншої) та суб'єктів підприємництва (обмінні криптовалютні пункти, онлайн-

банкінг з переміщенням фіатних грошових активів на фінансові біржі), а також завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню (майнінг – створення додаткового блоку шляхом розв’язання складних математичних та криптографічних задач за додаткову комісійну винагороду). Для зберігання цифрових активів використовуються особисті акаунти власників криптовалюти та їх електронні гаманці.

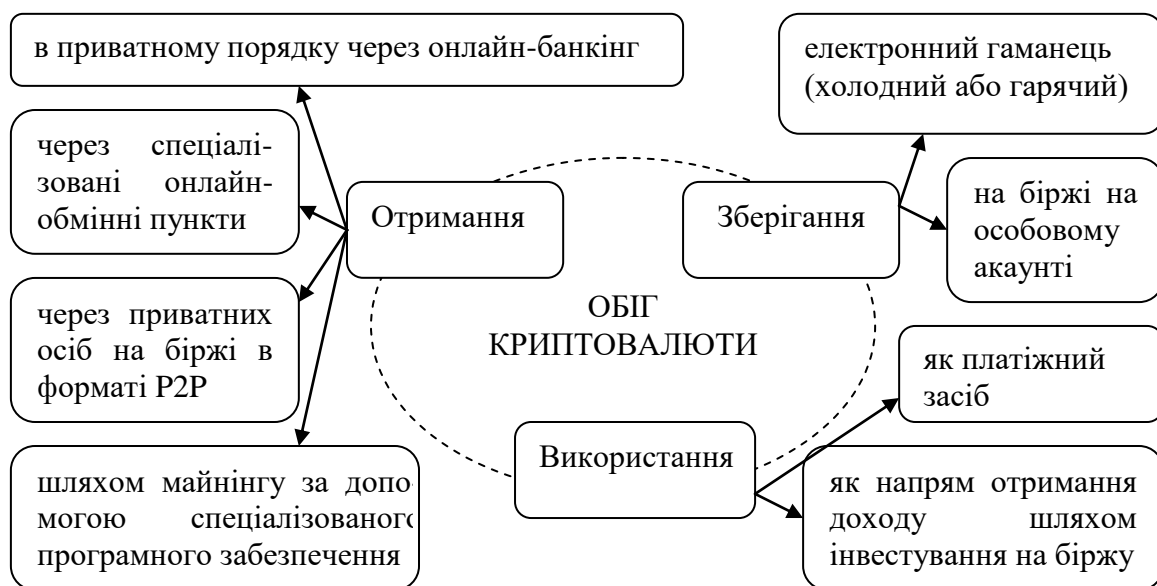


Рисунок 1.3 - Існуючі можливості обігу криптовалюти в сучасному бізнес-середовищі

Криптовалютні біржі стають платформою для отримання фінансових доходів, пов’язаних з коливаннями курсу валютних пар. Вчені Онищенко Ю. І. та Капсамун С. Ю. зауважують, що успіх інвестицій на криптовалютній біржі залежить від обґрунтованого вибору валютних пар [41]. Як критерії для прийняття рішень щодо інвестицій в цифрову валюту вчені відзначають популярність валюти, зростання її вартості, її доступність на фінансових біржах, мобільність у використанні та безпечність в контексті захисту від кібершахраїв [41]. Врахування цих критеріїв є основою для ефективних інвестицій в криптовалютні активи на фінансових біржах. Проте висока

волатильність криптовалютних активів, їх незалежність від політичного курсу країни, неконтрольованість урядовими структурами зумовлює стрімкі коливання курсу валютних пар на фінансових біржах.

Підтримую думку фахівців Момот І.О., Момот Ю.Г. та Козенкова Д.Є., що «існування великого обсягу різних видів криптовалют та стрімка зміна курсів потребують постійного моніторингу руху цих грошових одиниць, виявлення сучасних тенденцій грошововалютних систем на світовому ринку» [39]. В наукових дослідженнях достатньо уваги приділяється застосуванню математичних моделей та ІТ-технологій в сфері прийняття рішень. Аналіз криптовалютних пар на фінансових біржах має бути ґрунтовним та змістовним, що дозволить прийняти своєчасне та оптимальне рішення щодо інвестування в криптовалютні активи та отримання доходу. Фахівчині Миколіук О. та Бобровник В. зауважують, що наразі будь-який бізнес тісно пов'язаний з розвитком діджитал-процесів. Підтримую це твердження, адже «сучасний розвиток цифрових технологій має неупереджений вплив на бізнесовий світ, тому актуальною є проблема створення інформаційного забезпечення управління підприємством» [37]. З цією думкою погоджуються і фахівці Пуцентейло П. та Гуменюк О., зазначаючи, що без ІТ-рішень нереально провести швидку та якісну обробку наявних інформаційних ресурсів [46]. Наявні в сучасному ІТ-середовищі програмні продукти дозволяють підвищити якість результатів аналітичних процедур. Для аналізу валютних пар доцільно застосовувати різноманітні підходи, засновані на математичних розрахунках та застосуванні інформаційних технологій, поєднання яких забезпечить синергетичний ефект в процесі прийняття рішень щодо продажу чи придбання тієї чи іншої валютної пари на фінансових ринках.

Таким чином, розвиток цифрових технологій зумовив появу специфічного платіжного засобу – цифрових грошових активів, створених завдяки криптографічному шифруванню. Криптовалютні активи мають свої особливості та принципи використання, переваги і недоліки обігу. Попри

певну неоднозначність у законодавчому регулюванні та можливості використання як платіжного засобу, інтерес підприємців до криптовалютних пар в контексті інвестування на фінансових біржах постійно зростає. Цей підвищений інтерес вимагає обґрунтованих рішень щодо доцільності та своєчасності продажу чи придбання тієї чи іншої валютної пари на фінансових ринках. Вважаю, що основою для прийняття рішень щодо інвестування криптовалюти має стати застосування математичних розрахунків та спеціалізованих методів. Дослідження моделей та інформаційних технологій аналізу криптовалютних пар на фінансових біржах становить перспективу подальшого дипломного дослідження.

1.2 Дослідження методів та моделей аналізу валютних пар на фінансових біржах

1.2.1 Методи і моделі технічного аналізу

Методи і моделі технічного аналізу активно використовуються на ринку криптовалют. Використання технічного аналізу засновано на пошуку закономірностей і тенденцій, які склалися за подібних обставин за певний період часу і ці тенденції можна врахувати для прогнозних результатів ціни валютних пар. Вчені Пилипченко О.І., Кузьмінський В.З. та Чумаченко О.Г. наголошують, що ефективність технічного аналізу стрімко підвищилась з розвитком комп'ютерних технологій, оскільки «трейдери і аналітики одержали могутній інструментарій, що дозволяє просто, швидко і ефективно застосовувати технічний аналіз на практиці в реальному масштабі часу» [43].

Методи технічного аналізу не включають аналіз чинників, що вплинули на ціну валютних пар, оскільки вважається, що динаміка зміни вже враховує вплив чинників в даний реальний момент часу. Потрібно лише знайти закономірності зміни, використовуючи графічні та математичні прийоми та засоби. В процесі технічного аналізу криптовалютних пар на

фінансових біржах використовуються різноманітні комп'ютерні індикатори – традиційні для фізико – математичних наук та інноваційні, засновані на останніх досягненнях в сфері ІТ-технологій. Т. Фаладісайлоєд та Т. Нумнонда [8] акцентують, що параметри налаштування та загальна кількість наборів даних можуть вплинути на результати. На думку вчених, вибрані функції: Open, Close, High і Low можуть бути недостатніми для прогнозування цін на криптовалюту, оскільки різні фактори, такі як реакція соціальних мереж, політика та закони, які кожна країна оголошує щодо цифрової валюти, можуть усі вони сприяють зростанню та падінню цін на біткойн. Вчені наголошують, щоб отримати найкращі результати всіх моделей, набори даних слід завжди збирати оновлені дані та додавати їх.

Фахівець Тарасов В.А. поділяє методи технічного аналізу на графічні та аналітичні. Графічні методи аналізують різні ринкові графічні моделі, які утворено завдяки закономірностям руху цін на криптовалютні пари на графіках для визначення подальшої тенденції зміни. Аналітичні методи передбачають використання фільтрацію зміни курсу криптовалюти на фінансових біржах у часі та визначення показника математичної апроксимації цих часових рядів [51].

Технічний аналіз включає наступні складові:

1. Графічна інтерпретація за допомогою паттернів.

Паттерни – це геометричні фігури, які відображають певні закономірності тенденції зміни вартості криптовалютних пар на графіках. Серед найпопулярніших паттернів технічного аналізу виділяють трикутники, голову з плечима, подвійні дно та вершини. Якісна інтерпретація паттернів технічного аналізу дозволяє сформувати ефективний інструментарій криптотрейдингу. Наприклад, симетричний трикутник часто свідчить про продовження тренду, низхідний клин слугує як індикатор можливого переходу до бичачого тренду, паттерн «голова та плечі» допомагає визначити момент, коли тренд змінюється зі зростаючого на спадний, що дозволяє трейдерам вчасно адаптуватися до нових умов ринку [62]. Тобто патерни

технічного аналізу виступають як торгівельні сигнали для дій на біржах, тому застосування торгових навичок інтерпретації графічних моделей є складним процесом і не завжди ефективним з огляду на досвід розпізнавання змісту та можливого торгового сценарію.

2. Алгоритмічний аналіз – засновано на обчисленні ковзаючого середнього та осциляторів. Зважене ковзне середнє (WMA) використовується як орієнтир для погодинних, денних або тижневих графіків у визначенні напрямку тренду та дає можливість визначити можливі зони підтримки ціни, виявити потенційний бичачий пробіг та розпізнати можливості, коли ціни можуть мати тенденцію до зниження [64]. Осцилятори функціонують за принципами спеціалізованих математичних формул, що дає можливість точно визначати потенційні продовження або розвороти ринкових тенденцій. Застосування цих інструментів дає змогу передбачити зміну напрямку ціноутворення та спланувати торгову стратегію – входу чи виходу з ринку [63].

Технічний аналіз використовує певні алгоритми у вигляді біржових індикаторів, які відображають напрямок тренду на криптовалютному ринку, швидкість та потужність руху ціни валютних пар, визначають амплітуду зміни ціни з врахуванням торгового обсягу на біржі (рис. 1.4). Аналіз біржових індикаторів для формування торгової стратегії щодо криптовалюти наведено в додатку А.

Біржові індикатори технічного аналізу криптовалютного ринку є основою для побудови статистичних моделей, в основу яких покладено використання часових рядів як вхідних параметрів. Вчені Ладижець В. І. та Теренчук С. А. до моделей технічного аналізу криптовалютного ринку відносять авторегресивні моделі з ковзною середньою (ARMA), з інтегрованою ковзною середньою (ARIMA), з плавним переходом (STAR), з експоненційним згладжуванням (ESM) [30], наголошуючи на їх поєднанні для отримання більш точних аналітичних даних.

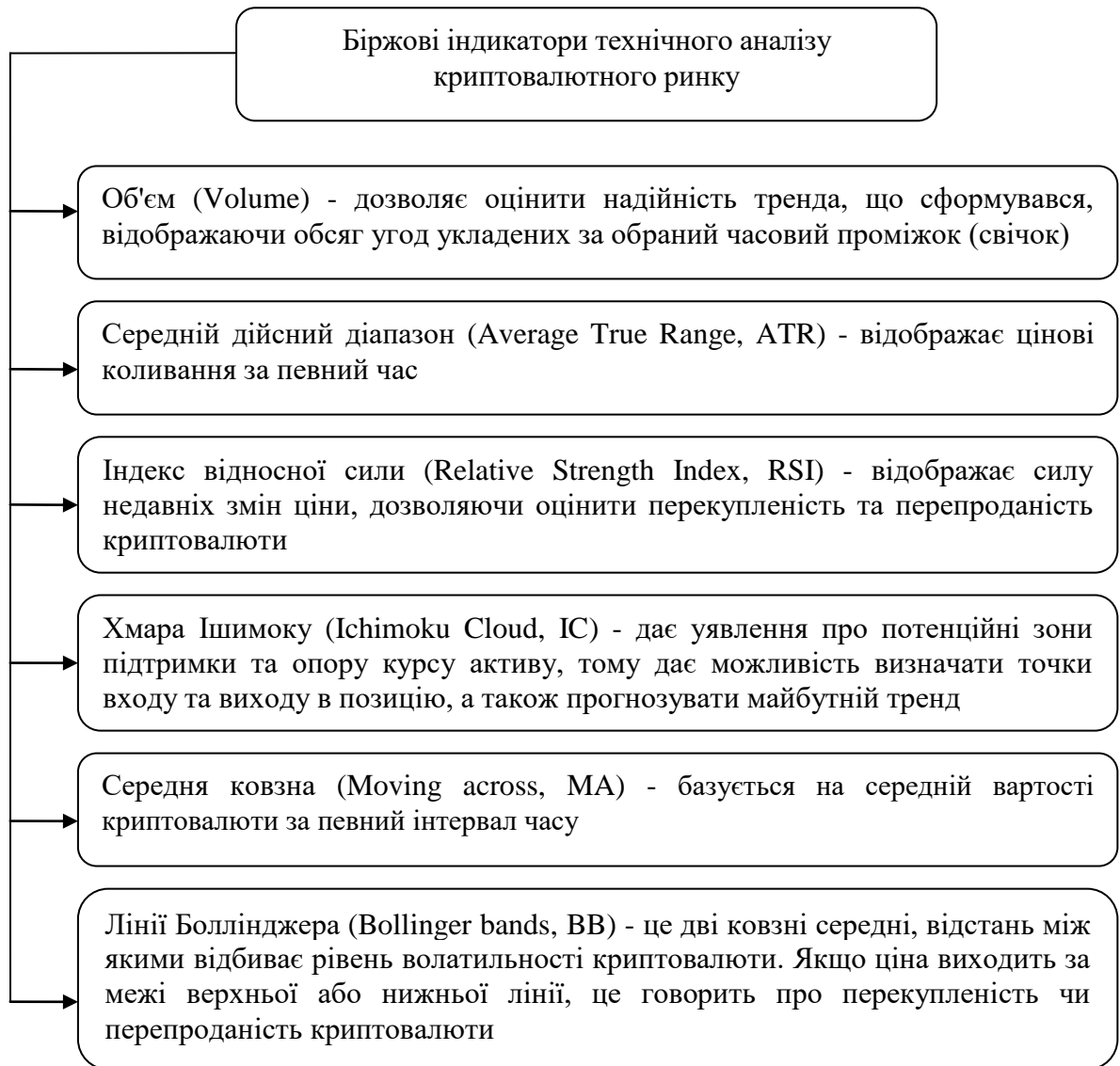


Рисунок 1.4 - Біржові індикатори технічного аналізу криптовалютного ринку

Джерело: складено за [65]

Серед переваг технічного аналізу криптовалютних пар можна виділити:

- простоту, оскільки графічне зображення динаміки зміни завжди візуалізує результати аналізу, тому можна легко побачити динаміку та можливу зміну курсу криптовалюти;

- можливість миттєвого застосування - методи технічного аналізу враховують всі чинники в даний час і можна одразу використати результати аналізу саме в конкретний період часу;

- трендовий аналіз - використання відповідної методики та врахування тенденції змін дає можливість розрахунку або передбачення можливих амплітуд та валютних коливань вартості криптовалюти.

Фахівці Бондаренко Б. та Качко О. наголошують, що «теорія технічного аналізу володіє великим ступенем передбачуваності» [14]. Серед обмежень щодо використання моделей технічного аналізу вчені Ладижець В. І. та Теренчук С. А. відзначають їх орієнтацію на збереження виявлених закономірностей в майбутньому часовому просторі, тому в умовах високої волатильності криптовалюти методи і моделі технічного аналізу є доцільними в короткостроковій перспективі [30].

Отже, основним принципом технічного аналізу на ринку криптовалют є твердження, що ціна криптовалютної пари формується не випадково, її можна прогнозувати, якщо озирнутися назад. Технічний аналіз ціни на криптовалютній біржі проводиться для пошуку закономірностей зміни курсу валютних пар внаслідок зміни попиту. Виявлені закономірності дають можливість подальшого прогнозування для формування ефективної торгової стратегії.

2.2 Моделі і методи фундаментального аналізу

Методи фундаментального аналізу дозволяють оцінити, наскільки актив переоцінений або недооцінений. Фундаментальне та ґрунтовне дослідження впливу чинників зовнішнього і внутрішнього характеру на криптовалютному ринку допомагає сформуванню торгової стратегії та доцільності відкриття позиції щодо конкретної криптовалюти.

Фахівці Бондаренко Б. та Качко О. [14] наголошують на призначенні фундаментального аналізу – вибір об'єкта для інвестування, тобто вивчення

потреб підприємця та чинників впливу на коливання курсу на біржі дозволяє обрати криптовалютні активи для інвестування на біржі. Патель Н.П. та ін. вчені [7] відзначають, що колосальні високі та найнижчі точки цифрових форм грошових витрат залучили аналітиків із наукової спільноти, які ризикнули передбачити їх витрати. Слід зазначити про відсутність публічної інформації у вигляді фінансової звітності щодо криптовалюти, проте існують сайти – агрегатори, зокрема CoinMarketCap, CoinGecko, які генерують інформацію щодо ончейн-активності криптовалютних пар, наприклад, обсяг транзакцій та їх вартість, активність спільноти, глобальні економічні події тощо.

Зазвичай фундаментальні аналітики використовують бізнес-метрики для оцінки реальної цінності криптовалюти. До категорії обраних метрик потрібно віднести лише надійні, якими важко маніпулювати. Наприклад, підписка в соціальних мережах не є надійною метрикою, оскільки створення фейкових акаунтів негативно вплине на достовірність аналітичних даних. Вцілому до переліку метрик на криптовалютних біржах можна віднести:

1. Он-чейн метрики – метрики, отримані в процесі перегляду блокчейну. До даних блокчейну можна віднести кількість та вартість транзакцій, активні адреси, сплачені комісії, хешрейт і сума стейкінгу. Таку інформацію можуть надати веб-сайти або API (Application Programming Interface), спеціально розроблені для прийняття рішень на криптовалютній біржі, наприклад, он-чейн аналіз Bitcoin, графіки даних Coinmetrics, звіти проєктів на Binance Research.

2. Проєктні метрики - включають якісний підхід, який враховує такі фактори, як продуктивність команди (якщо така існує), whitepaper і дорожню карту.

3. Фінансові метрики – включають інформацію про те, як актив торгується у даний час, як він торгувався раніше, про ліквідність тощо.

Індикатор фундаментального аналізу часто об'єднує декілька метрик з використанням статистичних формул для спрощення аналізу взаємозв'язків.

Деякі інструменти дозволяють створювати власні індикатори з вибраними метриками. Прикладами інструментів фундаментального аналізу є Baserank (платформа для дослідження криптоактивів, яка збирає інформацію та відгуки аналітиків та інвесторів), Crypto Fees (показує комісію кожної мережі за останні 24 години або сім днів), Glassnode Studio (панель інструментів, яка показує широкий спектр показників та он-чейн даних) [61]. Слід наголосити, що фундаментальний аналіз є складним та має здійснюватись разом з технічним аналізом, адже лише поєднання методів аналізу дає можливість отримати суттєвий обсяг релевантної інформації.

Таким чином, методи фундаментального аналізу дозволяють оцінити, наскільки актив переоцінений або недооцінений. Зазвичай фундаментальні аналітики використовують бізнес-метрики для оцінки реальної цінності криптовалюти. До категорії обраних метрик потрібно віднести лише надійні, якими важко маніпулювати. Фундаментальний аналіз є складним та має здійснюватись разом з технічним аналізом, адже лише поєднання методів аналізу дає можливість отримати суттєвий обсяг релевантної інформації.

1.3 Огляд інформаційних технологій аналізу валютних пар на фінансових біржах

1.3.1 Технологія Data Science

Інформаційні технології аналізу валютних пар на фінансових біржах мають бути використані в умовах великого обсягу інформації. Використання великого масиву даних для аналізу набуває особливої актуальності. Фахівці Притис В. І., Кримчак Л. А. та Гавловська Н. І. акцентують увагу, що «суб'єкти господарювання отримали доступ до інформаційних мереж з величезними масивами інформації, необхідної для прийняття та реалізації раціональних управлінських рішень у будь-якій сфері господарювання» [44]. Вчені Радіонова І. Ф. та Фаренюк Я. В. [47] пропонують в умовах

невизначеності використовувати інструментарій Data Science. На їх думку, технологія Data Science дозволяє в стані невизначеності виявляти неочевидні зв'язки [47]. Праці іноземних фахівців Провост Ф. і Фосетт Т. присвячено фундаментальним дослідженням процесів аналітичного мислення, принципів збору та аналізу цінних великого масиву даних [45].

Огляд джерел дослідження дає можливість стверджувати про актуальність і доцільність застосування технології Data Science в сфері інвестування активів на криптовалютних біржах. Реалізація технології Data Science передбачає оптимізацію рішень та включає наступні складові Data Science-аналізу (рис. 1.5).

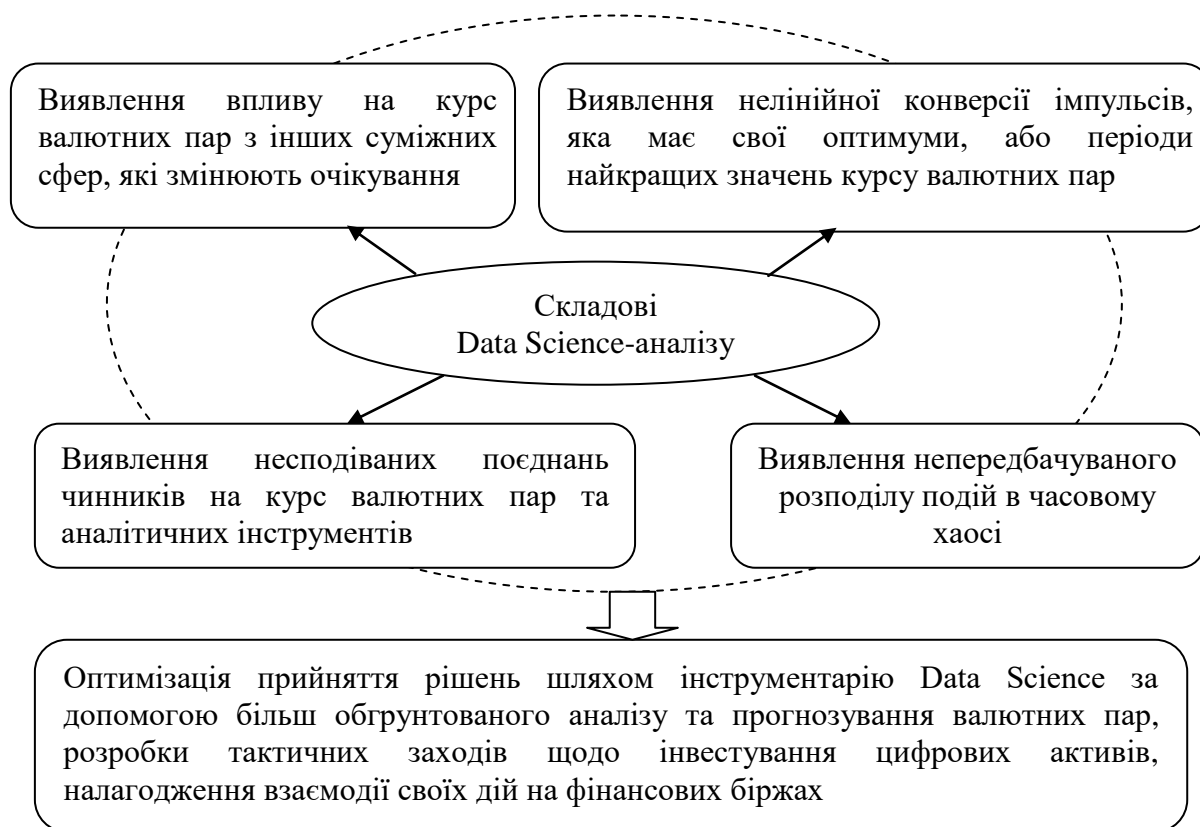


Рисунок 1.5 - Складові Data Science-аналізу для прийняття рішень в сфері інвестування криптовалютних активів

Джерело: побудовано автором на основі досліджень [17]

Таким чином, для потреб аналізу валютних пар на криптовалютних біржах технологія Data Science є актуальною для прийняття рішень щодо

подальших дій щодо інвестування активів на криптовалютних біржах, оскільки великий масив даних дає вичерпну інформацію для аналітичних процедур. Фахівець з Data Science за допомогою різних інструментів має можливість здійснювати збір, аналіз, візуалізацію та інтерпретацію великих обсягів даних для виявлення закономірностей, які можуть бути використано для аналізу валютних пар на біржах. Формування програмного коду на основі використання великого масиву даних дозволить виявити тенденції змін цін валютних пар та чинники, що впливають на ці зміни.

1.3.2 Технології штучного інтелекту

Наразі набуває актуальності використання штучного інтелекту для аналізу криптовалютних пар на фінансових біржах. Закордонні фахівці Апурва Ганапати, Редвануззаман, Махбубур Рахаман та Вахидуззаман Хан [5] наголошують, що поєднання штучного інтелекту та криптовалюти зумовлює суттєвий прогрес в світі інновацій та інформаційних технологій. Штучний інтелект, на думку вчених, дозволяє використовувати імітацію людського інтелекту для збору та обробки даних в сфері криптовалютного обігу.

Поєднання штучного інтелекту та криптовалютних активів зумовило активність нових інструментів та рішень. Вчені Ердинч Акілдирім, Ахмет Гонку та Ахмет Сенсой [1] в своїх дослідженнях проаналізували передбачуваність дванадцяти найліквідніших криптовалют на щоденному та хвилинному рівнях з використанням алгоритмів класифікації машинного навчання, включаючи машини опорних векторів, логістичну регресію, штучні нейронні мережі з інформацією про минулі ціни та технічні індикатори як ознаки моделі.

Вечерковська А. С., Поперешняк С. В. [16] зробили огляд алгоритмів машинного навчання та їх застосування для прогнозування цін купівлі криптовалюти. Вчені зауважують на корисності цього інструменту для

прогнозування цінових тенденцій завдяки врахуванню попередніх значень цін та їх змін в часі. В той же час, на думку вчених, регресійні моделі, які використовуються для прогнозування конкретних значень, такі як лінійна регресія чи нейронні мережі, можуть забезпечити більш деталізовані прогнози цін на певний часовий період. Нейронні мережі, зокрема, можуть автоматично виявляти складні патерни в даних та адаптуватися до змін в ринкових умовах [16].

Отже, для використання штучного інтелекту для потреб аналізу валютних пар на криптовалютних біржах пропонуються наступні технології штучного інтелекту:

- технології машинного навчання, які дозволяють за допомогою штучного інтелекту прогнозувати ціни, виявляти тенденції тощо;
- нейронні мережі - імітують роботу мозку, тому їх можна використовувати для прогнозування цін в умовах великої кількості даних;
- глибоке навчання - використовують нейронну мережу на основі значного масиву даних для підвищення точності прогнозування цін.

Сучасні боти можуть допомогти в написанні програмних кодів, зокрема, для аналізу валютних пар на криптовалютних біржах, проте ці коди формують загальну структуру коду, тому потребують допрацювання в процесі тестування в реальних умовах. В інтернет джерелах наводяться приклади застосування штучного інтелекту для прогнозування цін на валютних біржах. Зокрема, Bank of China має власну програму для прогнозування цін на валюту на базі штучного інтелекту, що використовує технологію глибокого навчання для визначення тенденції зміни ціни валютних пар та прогнозування торгових сигналів. Японська компанія Nikkei інтегрувала свою аналітику до системи штучного інтелекту, завдяки чому змогла отримати одні з найточніших прогнозів курсу пари «долар-єна». Представники компанії наголошують, що їх система навчається на даних щодо попередніх цін, довгострокових трендів долара та єни, та на багатьох інших показниках, які впливають на валютний курс [66].

Отже, штучний інтелект використовує значний масив даних за певний період часу для потреб аналізу тенденцій, а також виявлення чинників впливу на ціни валютних пар, зокрема політико - економічну ситуацію, інфляційні процеси, геополітичні особливості тощо. В інтернет джерелах наголошують на наявності значної кількості ботів для аналізу графіків формування стратегії або змін до неї, що допомагають формувати бізнес на валютних біржах, зокрема TrendSpider, Imperative Execution, Algoriz, Trade Ideas тощо. Такі додатки штучного інтелекту, як правило, є платними. Взагалі штучний інтелект може набагато спростити аналітику великого масиву даних, він буде формувати код в умовах значної кількості різних викликів та проблем. Актуальним є використання систем штучного інтелекту для формування загальної структури коду для подальшого опрацювання та оптимізації.

1.4 Постановка завдання

Розробка практичних рекомендацій щодо використання моделей та інформаційних технологій для аналізу валютних пар на фінансових біржах передбачає:

- дослідження складових арбітражу як результату аналізу валютних пар на фінансових біржах;
- математичну формалізацію процесу арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах;
- вибір інформаційної технології, мови програмування, бібліотеки даних та інтегрованого середовища для розробки аналітичної моделі;
- розробку коду (моделі) аналізу валютних пар на фінансових біржах;
- окреслити перспективи використання штучного інтелекту для аналізу валютних пар на фінансових біржах.

Висновки до розділу 1

Розвиток цифрових технологій зумовив появу специфічного платіжного засобу – цифрових грошових активів, створених завдяки криптографічному шифруванню. Криптовалютні активи мають свої особливості та принципи використання, переваги і недоліки обігу. Попри певну неоднозначність у законодавчому регулюванні та можливості використання як платіжного засобу, інтерес підприємців до криптовалютних пар в контексті інвестування на фінансових біржах постійно зростає. Цей підвищений інтерес вимагає обґрунтованих рішень щодо доцільності та своєчасності продажу чи придбання тієї чи іншої валютної пари на фінансових ринках. Вважаю, що основою для прийняття рішень щодо інвестування криптовалюти має стати застосування математичних розрахунків та спеціалізованих методів.

Основним принципом технічного аналізу на ринку криптовалют є твердження, що ціна криптовалютної пари формується не випадково, її можна прогнозувати, якщо озирнутися назад. Технічний аналіз ціни на криптовалютній біржі проводиться для пошуку закономірностей зміни курсу валютних пар внаслідок зміни попиту. Виявлені закономірності дають можливість подальшого прогнозування для формування ефективної торгової стратегії. Методи фундаментального аналізу дозволяють оцінити, наскільки актив переоцінений або недооцінений. Зазвичай фундаментальні аналітики використовують бізнес-метрики для оцінки реальної цінності криптовалюти. До категорії обраних метрик потрібно віднести лише надійні, якими важко маніпулювати. Фундаментальний аналіз є складним та має здійснюватись разом з технічним аналізом, адже лише поєднання методів аналізу дає можливість отримати суттєвий обсяг релевантної інформації.

Для потреб аналізу валютних пар на криптовалютних біржах технологія Data Science є актуальною для прийняття рішень щодо подальших дій щодо інвестування активів на криптовалютних біржах, оскільки великий

масив даних дає вичерпну інформацію для аналітичних процедур. Фахівець з Data Science за допомогою різних інструментів має можливість здійснювати збір, аналіз, візуалізацію та інтерпретацію великих обсягів даних для виявлення закономірностей, які можуть бути використано для аналізу валютних пар на біржах. Штучний інтелект використовує значний масив даних за певний період часу для потреб аналізу тенденцій, а також виявлення чинників впливу на ціни валютних пар, зокрема політико - економічну ситуацію, інфляційні процеси, геополітичні особливості тощо. Штучний інтелект може набагато спростити аналітику великого масиву даних, він буде формувати код в умовах значної кількості різних викликів та проблем.

Для подальшого дослідження визначено актуальність формування програмного коду на основі використання великого масиву даних, що дозволить виявити тенденції змін цін валютних пар та чинники, що впливають на ці зміни. Актуальним також є використання систем штучного інтелекту для формування загальної структури коду для подальшого опрацювання та оптимізації.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ КРИПТОВАЛЮТНИХ ПАР НА КРИПТОВАЛЮТНИХ ФІНАНСОВИХ БІРЖАХ

2.1 Стан використання інформаційних технологій для обігу криптовалюти у ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»

Товариство з обмеженою відповідальністю «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» здійснює діяльність за місцем реєстрації в м.Київ та у відділеннях по країні. Директором ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є Нікітін Олександр Володимирович. Зареєстрованим видом діяльності є сфера інформатизації бізнес-процесів, зокрема код КВЕД 62.02 «Консультування з питань інформатизації». Наразі цей вид діяльності реалізовано у вигляді аутсорсингових послуг щодо інформаційно-облікового забезпечення та фінансової аналітики діяльності міжнародних компаній. Материнською компанією ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є американська компанія BOOKS TIME, INC, проте ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є окремим суб'єктом господарювання, що діє в межах укладеного з BOOKS TIME, INC договором про надання послуг. Клієнтами ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» переважно є підприємства США.

В ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» використання криптовалюти здійснюється в межах співпраці з материнською американською компанією BOOKS TIME, INC. Криптовалюта використовується для розрахунків з контрагентами та за договорами підряду з іноземними контрагентами. Виплати проводяться з криптосейфу Gnosis safe (рис. 2.1) та безособового гаманця MetaMask (рис. 2.2) для розрахунку електронними грошима за банківські послуги з переказу.

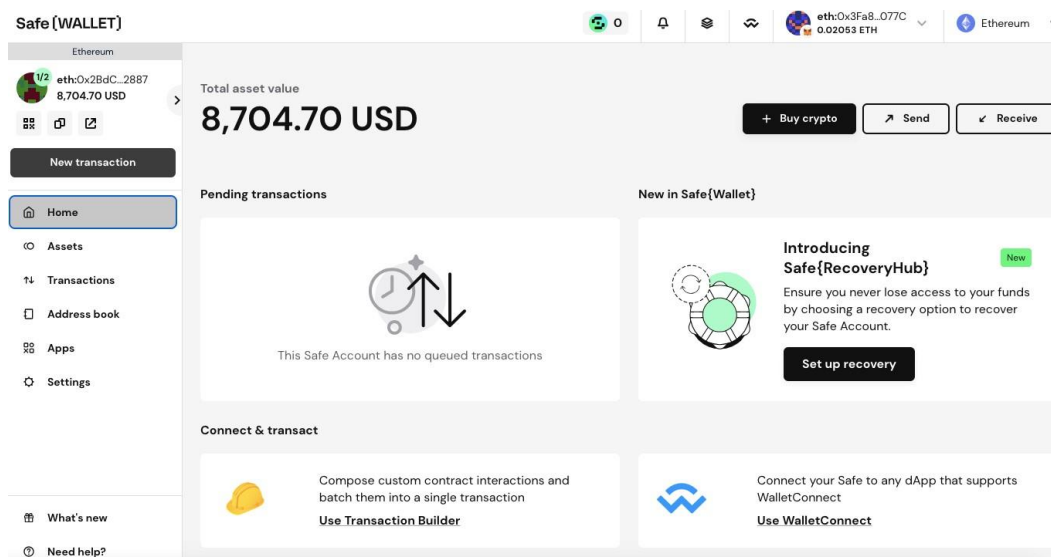


Рисунок 2.1 - Скріншот криптосейфу Gnosis safe ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»

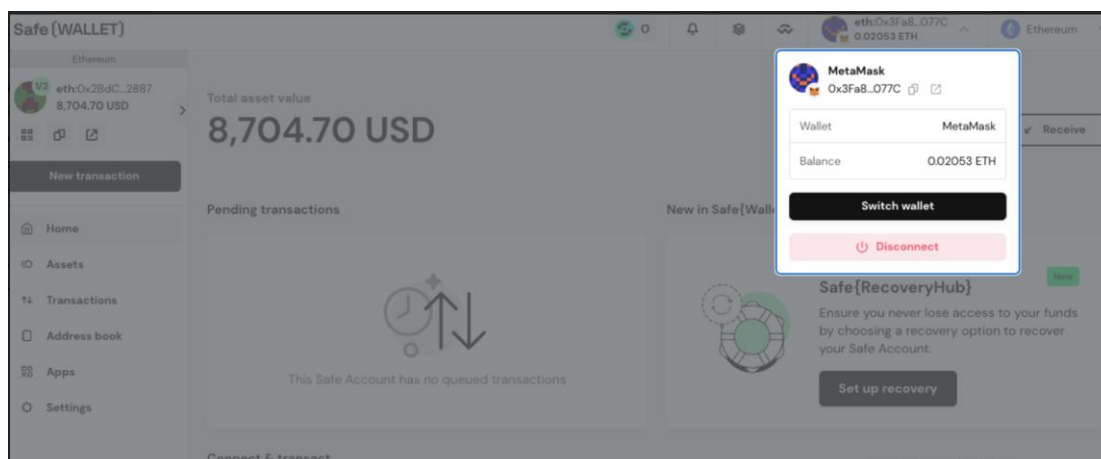


Рисунок 2.2 - Скріншот безособового гаманця MetaMask ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»

Серед клієнтів ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є американські компанії, в які займаються інвестуванням активів в криптовалютні біржі. Тому актуальним є дослідження щодо аналітики вартісного показника валютних пар на криптовалютних біржах для потреб прийняття рішень щодо вигідного інвестування клієнтів та оплати криптовалютами активами. Цей напрям діяльності є перспективним для ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ», що зумовлює актуальність теми дослідження.

В досліджуваному ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» розроблено для управлінських потреб внутрішню систему штучного інтелекту Meta Dialog (рис.2.3, 2.4), яка допомагає орієнтуватись працівникам в інформаційному ресурсі підприємства: на будь – яке питання працівника щодо діяльності підприємства внутрішня система штучного інтелекту містить відповідь, що підвищує оперативність та якість процесу прийняття управлінських рішень (рис. 2.5, 2.6). Цей штучний інтелект черпає інформацію з власної системи освіти, навчання Meta minder. На даному етапі власний штучний інтелект ще не дійшов до свого кінцевого виду, проводяться роботи для аналітики в сфері інвестицій та фінансів. Це може допомогти компанії швидше відкрити ще одну галузь, яка буде спеціалізуватись на торгівлі, та заробітку додаткових коштів.

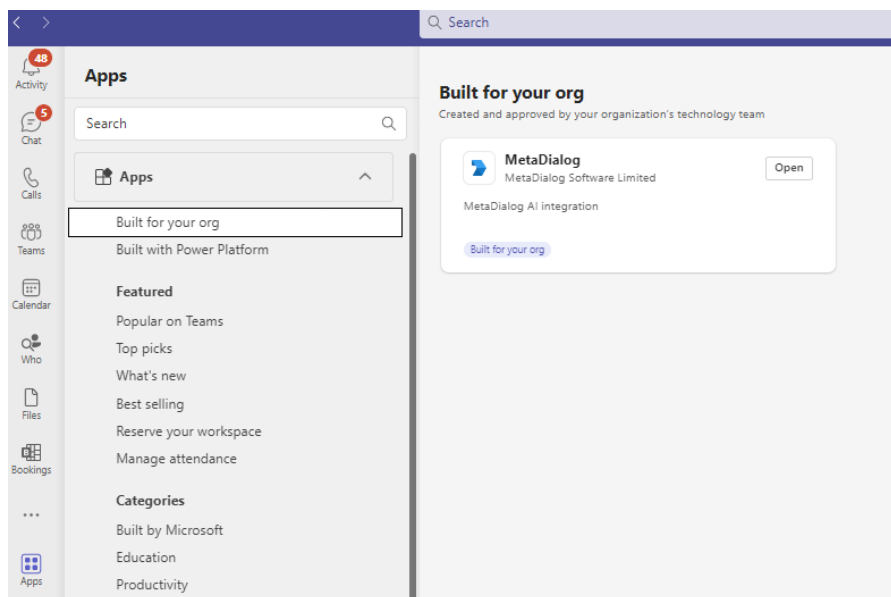


Рисунок 2.3 - Скріншот додатку Meta Dialog в ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»

Наразі можна стверджувати про підвищену увагу до технології штучного інтелекту в контексті перевірки даних та прогнозування вартісного показника валютних пар на біржах. Всі операції щодо аналізу валютних пар на криптовалютних біржах можна спланувати за допомогою ботів, які працюють за принципом штучного інтелекту.

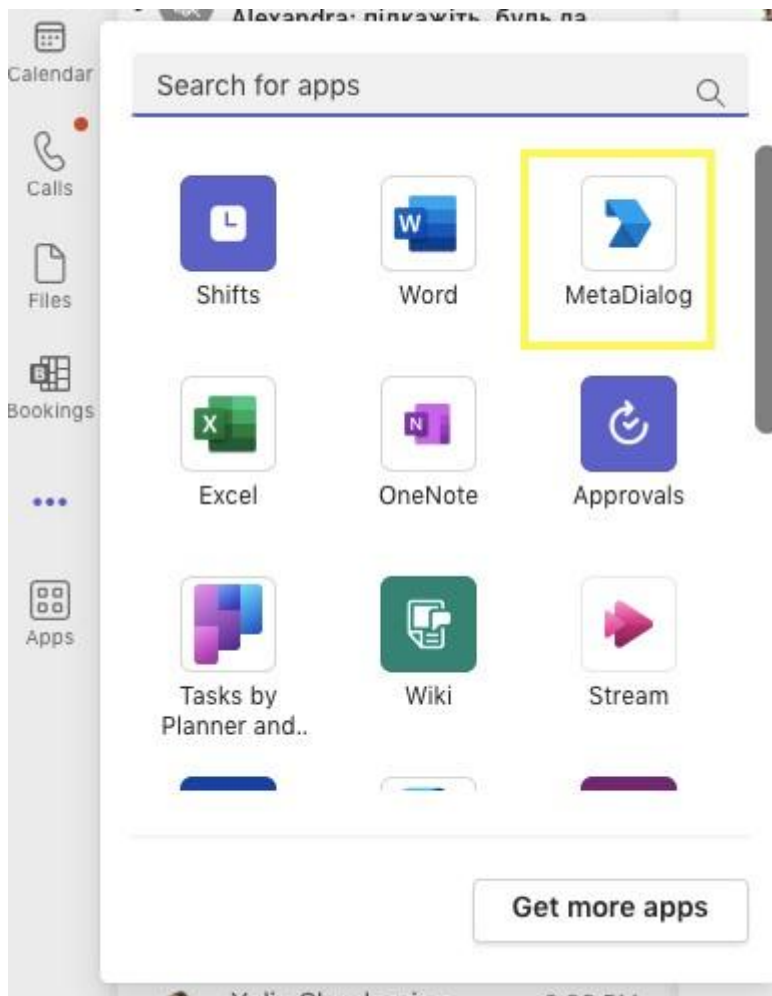


Рисунок 2.4 - Скріншот графічної позначки додатку Meta Dialog

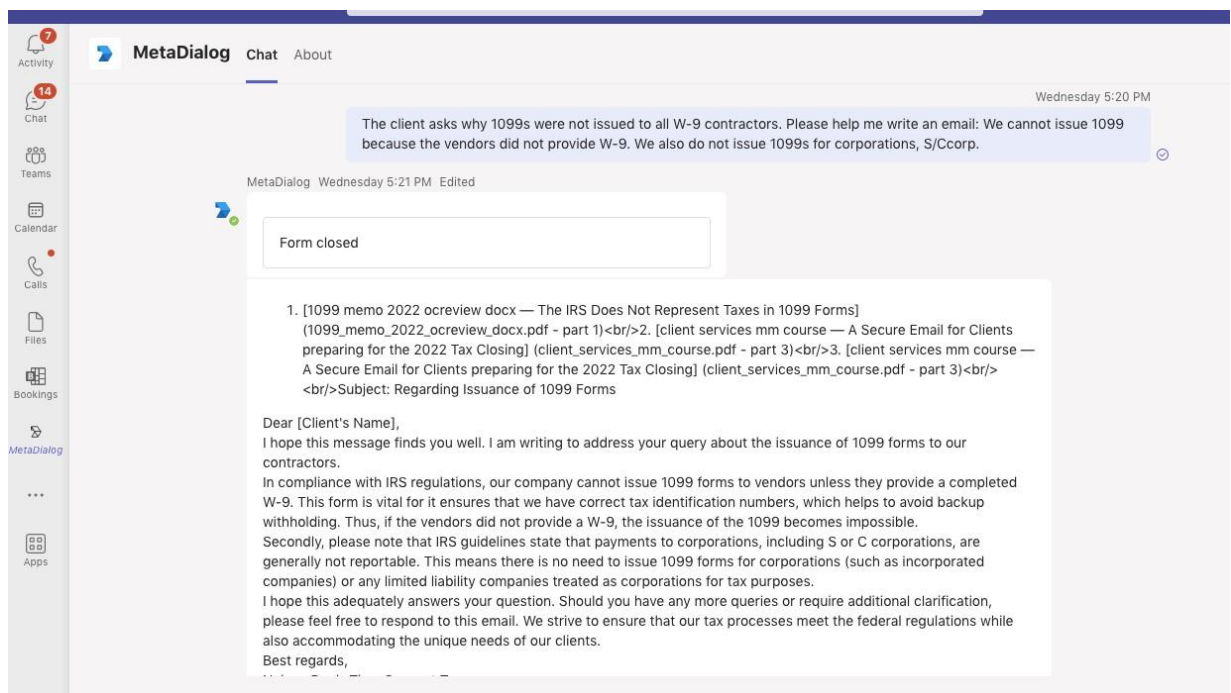


Рисунок 2.5 - Опис принципу роботи додатку Meta Dialog

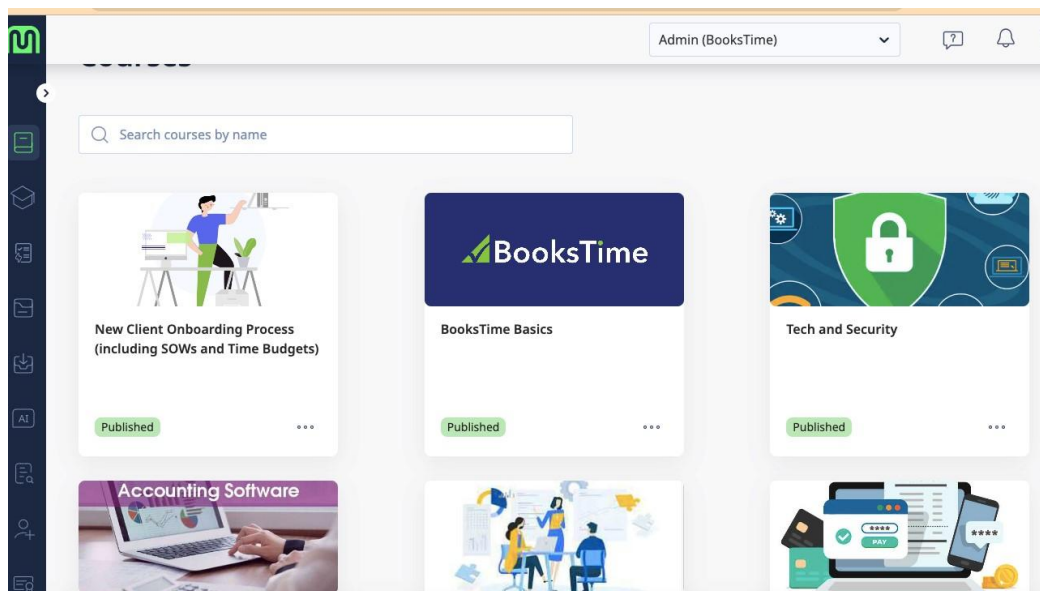


Рисунок 2.6 - Ресурси Meta minder для штучного інтелекту ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ»

Таким чином, ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є материнським підприємством американської компанії з перспективним напрямком використання криптовалютних активів для потреб бізнесу в контексті взаємовідносин з американськими партнерами. Для обігу криптовалюти в ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» використовується електронний гаманець. Для потреб управління в досліджуваному підприємстві створено систему внутрішнього інтелекту, яку потенційно можна використовувати для потреб аналізу криптовалютних активів на фінансових біржах.

2.2 Сутність арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах

Аналіз криптовалютних пар на фінансових біржах є невід'ємною складовою арбітражного трейдингу. Як відзначають фахівці Данильчук Н. В. та Сніжко О. В., «арбітражний трейдинг – це прибуток від різниці цін на ті самі чи пов'язані цінні папери» [20]. В контексті функціонування криптовалютної біржі арбітраж є одним з напрямків торгівлі валютними парами, що забезпечує прибуток на основі різниці в ціні. Тобто укладається

угода на купівлю криптовалютних активів на майданчику з найнижчою ціною та угода на продаж цього ж виду валюти на іншому майданчику з найвищою ціною. Різниця між курсами становить дохід учасника угоди на біржі і має назву «спред». Для укладання угод можуть залучатися криптовалютні обмінники, банки та платіжні сервіси. Арбітраж є вигідною угодою не лише для підприємця, але й для самої біржі, оскільки арбітражери згладжують суттєві коливання курсів на валютні пари, залучають інвесторів на біржі та генерують біржову комісію. Ситуація на біржі, яка є оптимальною для трейдера в контексті можливості отримання доходу, є арбітражною зв'язкою.

Вчені [20] виділяють такі види арбітражу як статистичний (має статус нейтральності та передбачає отримання доходу на основі будь-якої нерівності курсів на біржах) та арбітраж затримок (передбачає отримання доходу завдяки завчасному отриманню даних про окремі коливання курсу). Практичний аспект арбітражу реалізується в двох варіантах - внутрішньобіржовий (здійснюється торгівля різними видами криптовалюти в межах однієї фінансової біржі) та міжбіржовий (здійснюється торгівля однією чи різними видами криптовалюти між різними фінансовими біржами). Найбільш поширеними є види арбітражу, які можуть здійснюватись або завдяки використанню зв'язків двох цін на криптовалютні пари на різних біржах (простий арбітраж), або зв'язків трьох чи більше криптовалютних активів на основі крос-курсів (трикутний арбітраж). Візуалізацію внутрішньобіржового трикутного арбітражу наведено на рис. 2.7.

Для арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах використовується спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема сканери (програма для відстеження курсу валютних пар на біржах та формування арбітражних зв'язків, наприклад, Spreadscan, Cryptohopper, p2pArmy), скрінери (програма для відстеження курсу валютних пар на біржах без формування арбітражних зв'язків, наприклад, TradingView, Dexscreener, Coingecko, Coinmarketcap) та арбітражні боти (програма для самостійного

відстеження арбітражних зв'язків та здійснення угод, наприклад, Triangular Arbitrage, Bitcoin Dealer).

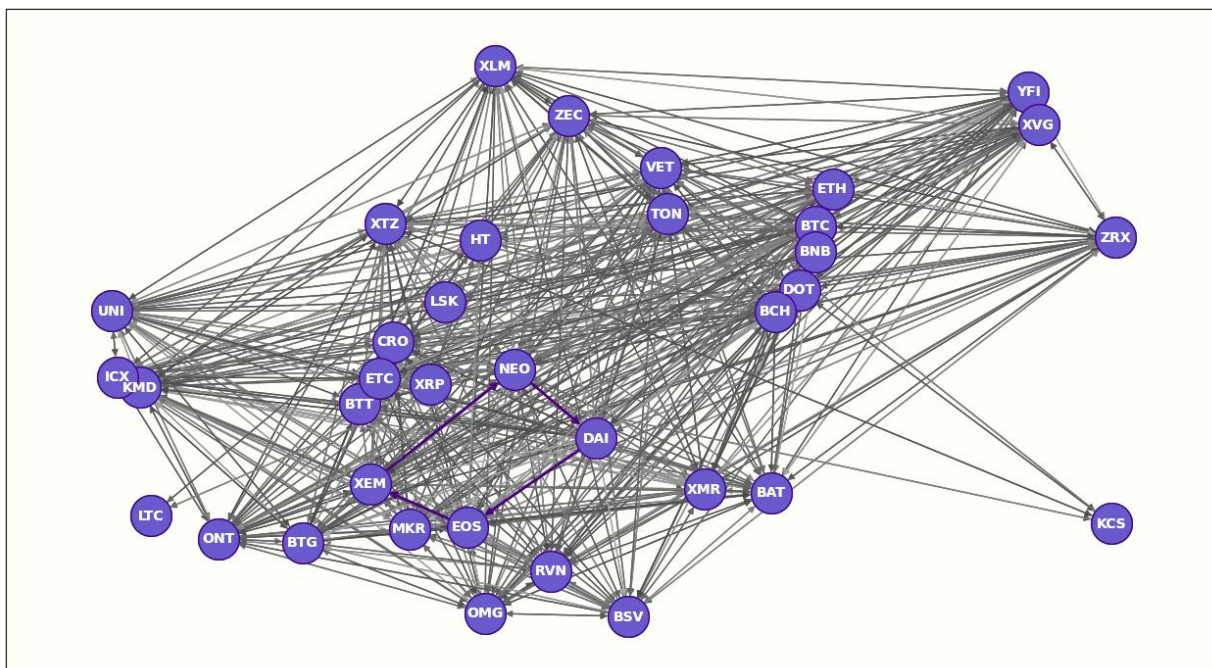


Рисунок 2.7 - Візуалізація внутрішньобіржового трикутного арбітражу

Алгоритм арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах узагальнено на рис. 2.8.

Арбітраж криптовалютних пар на фінансових біржах зумовлює певні ризики та обмеження для підприємства, що обрало цю стратегію фінансової діяльності. Зокрема, ринкові ризики зумовлені коливанням цін на активи, нестабільністю ринку, валютними ризиками тощо. Ринкові коливання мають значний вплив на арбітраж валютних пар, особливо в умовах суттєвих ринкових або фундаментальних економічних змін. Коливання на криптовалютному ринку є непередбачуваними та швидкоплинними, тому прибуток і збиток рівною мірою можуть бути як очікувано великими, так і меншими за очікуваний розмір.

Використання спеціалізованого технологічного інструментарію, зокрема, програмного забезпечення та API, зумовлює ризики технічних збоїв або інших технічних проблем, що можуть впливати на виконання

торгівельної операції. Наприклад, якщо при переводі криптовалюти з однієї біржі на іншу на серверах обраної мережі переводу діє технологічна перерва, то переказ коштів з біржі на біржу може зайняти не 7-10 хвилин, як зазвичай, а значно більше часу – навіть декілька годин.

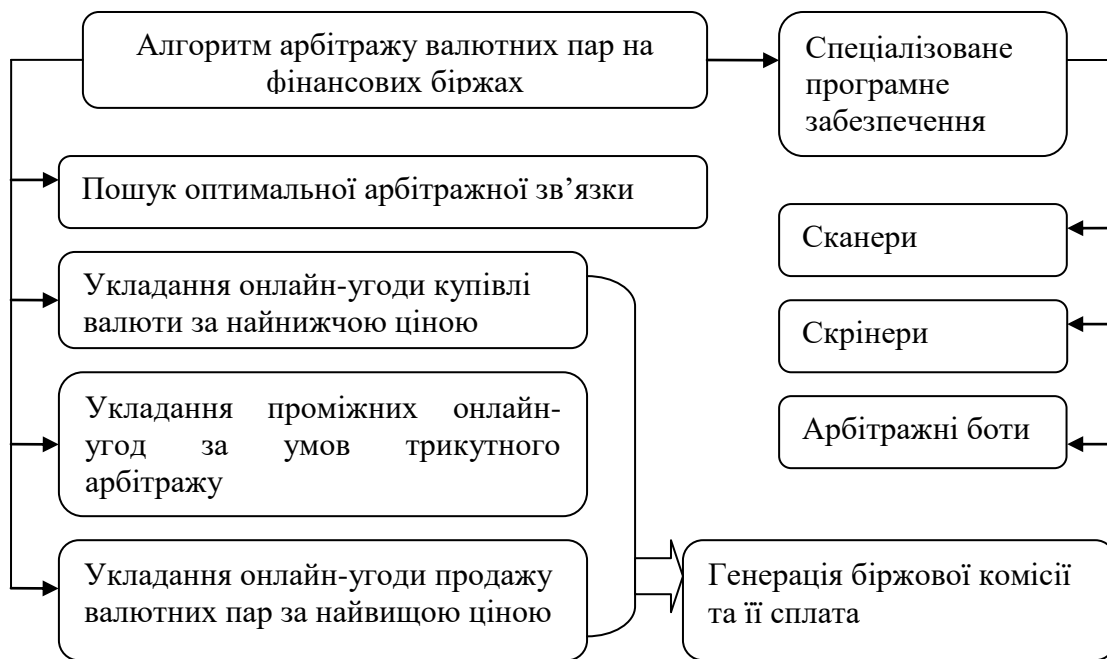


Рисунок 2.8 - Алгоритм арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах

Відмітимо наявність ризиків, пов'язаних з проблемами зв'язку, зокрема, збої в мережі, низька швидкість інтернет-з'єднання, відставання даних тощо, що може зумовити непрогнозовані затримки у виконанні торговельних угод і недоотримання прибутку від арбітражу. Звичайно, наслідкам ризиків зв'язку можна запобігти, здійснивши перевірку безпосередньо на біржах, проте втрати часу на перевірку може негативним чином вплинути на арбітраж, оскільки арбітражне вікно може стати неактуальним, а потенційна вигода від укладання угод купівлі – продажу може бути втрачена.

Окрім ризиків арбітражу криптовалютних пар, також існують певні обмеження. Зокрема, реалізація стратегії арбітражу валютних пар на фінансових біржах потребує наявності достатньої суми капіталу для інвестування активів, отже, чим менша сума наявного капіталу для капіталізації криптовалюти, тим менша кількість торгівельних операцій може бути розглянута для арбітражу, і тим більше обмежень в укладанні вигідних угод купівлі – продажу криптовалюти та отриманні економічних вигід від фінансової діяльності. Також слід зазначити, що успішний арбітраж можливий за умов швидкої реакції на зміни ринку, оскільки втрата часу на аналіз торгових пар може призвести до втрати можливості укладання вигідної угоди купівлі – продажу валютних активів на фінансових біржах, тому часові обмеження зумовлюють непрогнозовані ризики та втрати.

Відзначу, що процес арбітражу криптовалютних пар на біржах є складним, оскільки пошук вигідних арбітражних зв'язок та укладання угод купівлі-продажу криптовалютних пар має бути швидким, оскільки коливання курсу можуть швидко зрівнятися, а пропозицією вигідної ціни намагатимуться скористатись значна кількість трейдерів. Арбітраж криптовалютних пар вимагає не лише розуміння фінансових біржових процесів, але й використання математичних розрахунків, застосування спеціалізованого програмного забезпечення – як на платній, так і безоплатній основі (з обмеженими можливостями), проте цей вид діяльності є доходним та викликає інтерес підприємців, тому актуальним є розробка певного алгоритму дій підприємця щодо відстеження оптимальних напрямків інвестування криптовалютних активів на фінансових біржах на основі математичної формалізації та відповідного програмного забезпечення.

Таким чином, в контексті функціонування криптовалютної біржі арбітраж є одним з напрямків торгівлі валютними парами, що забезпечує прибуток на основі різниці в ціні. Арбітраж є вигідною угодою не лише для підприємця, але й для самої біржі, оскільки арбітражери згладжують суттєві коливання курсів на валютні пари, залучають інвесторів на біржі та

генерують біржову комісію. Процес арбітражу криптовалютних пар на біржах є складним, тому актуальним є розробка певного алгоритму дій підприємця щодо відстеження оптимальних напрямків інвестування криптовалютних активів на фінансових біржах на основі математичної формалізації та відповідного програмного забезпечення.

2.3 Математична формалізація процесу арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах

На фінансових біржах постійно наводиться актуальна інформація щодо цін на криптовалютні пари для трейдерів в узагальненому вигляді допустимих пропозицій для угод (рис. 2.9).

66096.01	0.11704	7,735.87701
66096.00	0.07460	4,930.76160
66095.80	0.06050	3,998.79590
66095.71	0.00151	99.80452
66095.42	0.11704	7,735.80796
66095.41	0.58529	38,684.98252
66095.27	0.04000	2,643.81080
66094.92	0.30357	20,064.43486
66094.81	0.11704	7,735.73656
66094.80	0.06050	3,998.73540
66094.25	7.86073	519,549.05380
66,094.25↑ \$66 094,25 Більше		
66094.24	8.55521	565,450.10299
66094.23	0.08998	5,947.15882
66094.20	0.06050	3,998.69910
66094.13	0.16060	10,614.71728
66094.00	0.07460	4,930.61240
66093.83	0.00212	140.11892
66093.69	0.00009	5.94843
66093.39	0.00151	99.80102
66093.20	0.06050	3,998.63860
66092.83	0.00009	5.94835
66092.66	0.00378	249.83025
66092.60	0.06050	3,998.60230

Рисунок 2.9 - Скрин переліку пропозицій купівлі-продажу валютних пар на біржі

У верхній частині таблиці наведено кількість угод для продажу валютних пар, в нижній частині - кількість угод на придбання валютних пар. Реальна вартість купівлі-продажу валютних пар визначається ціною угоди. Якщо середня ціна купівлі суттєво відрізняється від середньої ціни продажу валютної пари, то з'являється можливість арбітражу.

Арбітраж криптовалюти на фінансових біржах передбачає пошук арбітражної зв'язки та укладання угоди купівлі-продажу валютних пар. Динаміку кількості пропонуванних угод можна візуалізувати в дискретній сітці цінових пропозицій за формулою

$$Price = \{1, 2, \dots, M\} \quad (2.1)$$

у вигляді наступного процесу:

$$Book^{(cp)}(t) = (V^b, V^a) = (v_1^b(t), v_2^b(t), \dots, v_M^b(t); v_1^a(t), v_2^a(t), \dots, v_M^a(t)) \quad (2.2)$$

де cp – валютна пара в угоді;

v_m^b, v_m^a - сумарний обсяг угод купівлі-продажу за ціною $m \in M$.

Зазвичай, визначення середньої ціни (mid price) є одним з завдань прогнозування ціни на криптовалютні пари. Середньозважена за обсягом пропозицій ціна є метрикою та розраховується з математичною формулою:

$$\overline{p^{(b)}} = \frac{\sum m_i^{(b)} v_i^{(b)}}{\sum v_i^{(b)}} \quad (2.3)$$

$$\overline{p^{(a)}} = \frac{\sum m_i^{(a)} v_i^{(a)}}{\sum v_i^{(a)}} \quad (2.4)$$

де $m_i^{(a)}, v_i^{(a)}$ - ціна та обсяг i -ї пропозиції однієї біржі;

$m_i^{(b)}, v_i^{(b)}$ - ціна та обсяг i -того попиту іншої біржі;

$\overline{p^{(b)}}, \overline{p^{(a)}}$ – середні ціни на валютні пари.

Розрахунок за наведеними формулами дає можливість отримати дані про дисбаланс середньозваженої ціни та середньою ціною на ринку, оскільки в ідеальному варіанті мають бути близькими за значеннями. Розрахунок ціни, за якою здійснюється купівля-продаж суттєвої питомої ваги криптовалюти,

зумовлює подальший детальний аналіз цін на валютні пари на біржі. Візуалізацію розрахунку математичних формул щодо формування попиту і пропозицій криптовалютних пар на фінансовій біржі наведено на рис. 2.10.

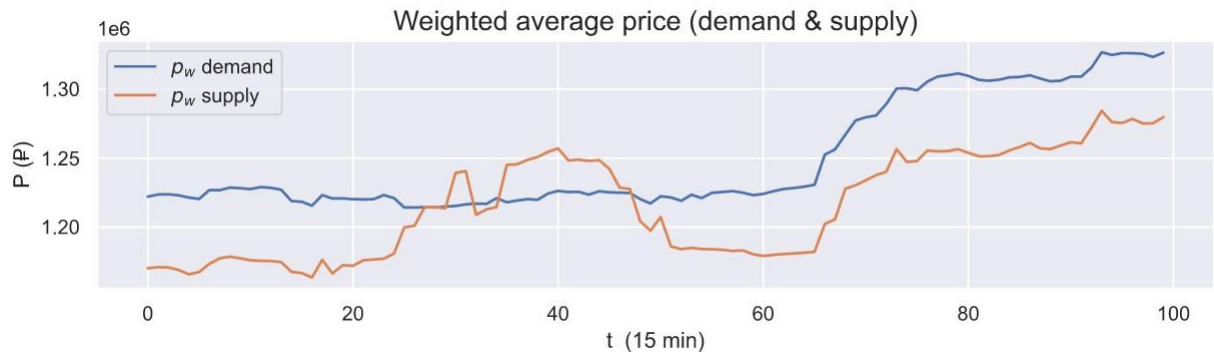


Рисунок 2.10 - Візуалізація розрахунку математичних формул щодо формування попиту і пропозицій криптовалютних пар на фінансовій біржі

Розв'язання вищенаведених математичних рівнянь також дає можливість візуалізувати співставлення попиту та пропозиції на криптовалютні пари на біржі у вигляді діаграми (рис. 2.11).

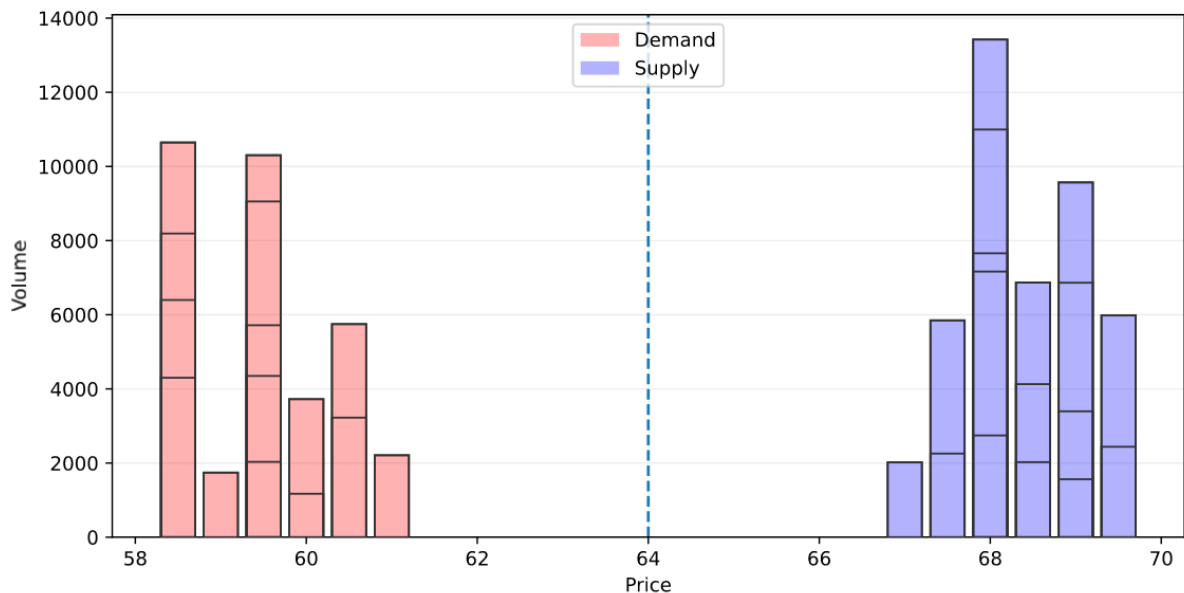


Рисунок 2.11 - Діаграма співставлення попиту та пропозиції на криптовалютні пари за даними арбітражу на біржі

Стовпці пропозицій та попиту на діаграмі мають певну висоту, яка означає сумарний обсяг пропонованих арбітражних угод. Кожен стовпчик дає уявлення про питому вагу кожної валютної пари в пропонованій угоді купівлі-продажу.

На рис. 2.11 наведено спред, за якого арбітраж не можливий, адже відсутні пропозиції валютних пар з ціною, яка буде нижчою за ціну потенційного продажу – про це свідчить пунктир на діаграмі, яким позначено середню ціну, тоді як на рис. 2.12 наведено діаграму співставлення попиту та пропозиції на криптовалютні пари, за умов якого можливий арбітраж. Цінові пропозиції угод на купівлю та продаж шляхом перетину утворюють інтервал для арбітражу – так зване арбітражне вікно, позначене пунктиром на діаграмі. Площина для арбітражу є дещо ширшою за той проміжок, в якому перетинаються стовпчики попиту та пропозицій, що пов'язано з природою угод купівлі-продажу – їх укладанням та виконанням. Арбітражне вікно трейдери інтерпретують як межу певного розподілу кількості ймовірностей укладання угод купівлі-продажу в актуальному часовому періоді.

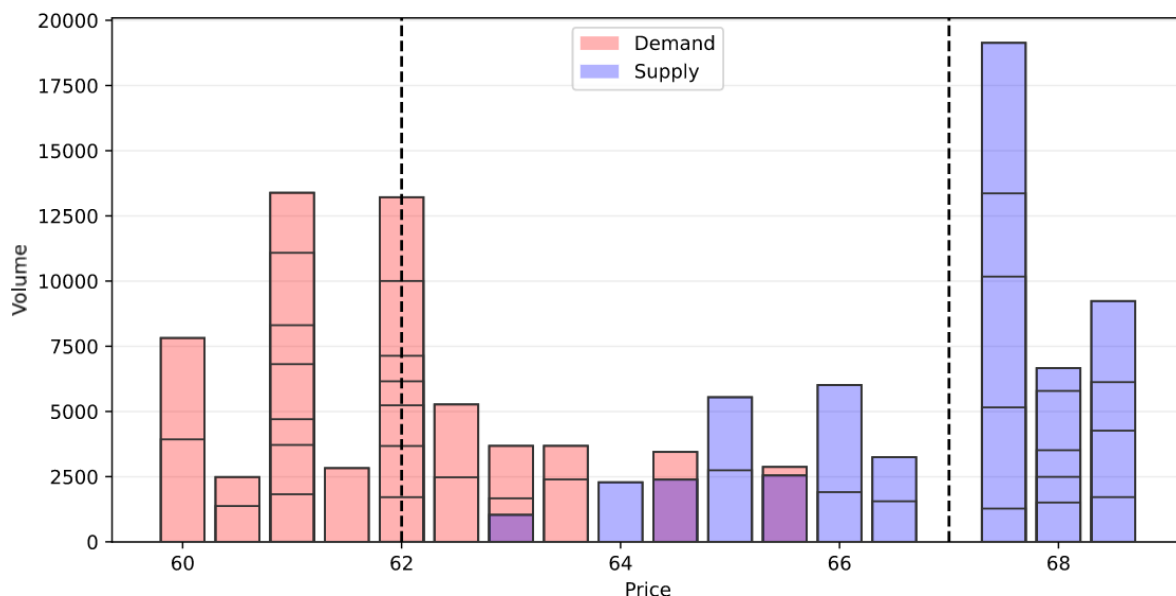


Рисунок 2.12 - Візуалізація арбітражного вікна на біржі

Розрахунок спреду для отримання прибутку від арбітражу криптовалютних пар на біржах здійснюється за математичною формулою:

$$C = \frac{|A - B|}{\frac{A + B}{2}} * 100\% \quad (2.5)$$

де A і B – ціни криптовалютних пар на різних біржах;

C – відсоток доходу від суми інвестування криптовалюти на біржі.

Складність арбітражу полягає у швидкості появи арбітражного вікна та його зникнення. На рис. 2.13 наведено поведінку попиту у часовому періоді 15 хвилин з відображенням арбітражного вікна. Як бачимо, у відкритому арбітражному вікні (приблизно 3 хвилини) попит на валютну пару падає, після повторного відкриття вікна попит суттєво зростає і можливість для арбітражу є оптимальною. Цей оптимум триває приблизно 6-7 хвилин.

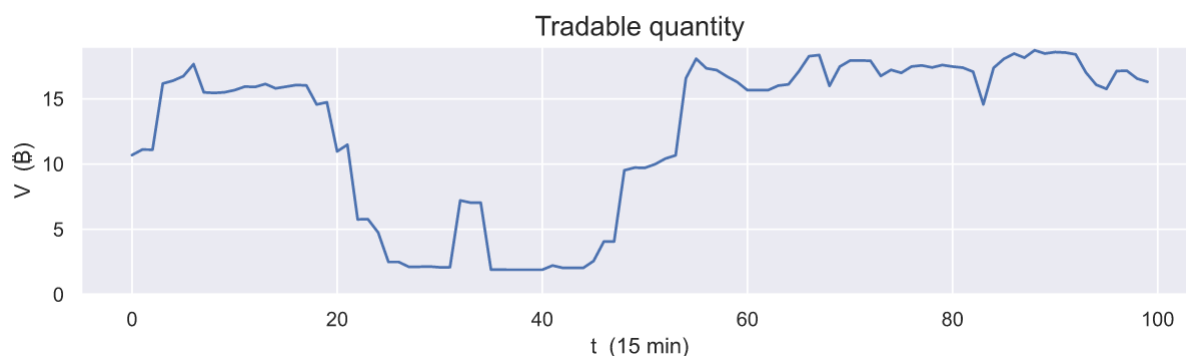


Рисунок 2.13 - Поведінка попиту у арбітражному вікні

В актуальний момент пропозиції для купівлі – продажу валютних пар можуть бути в наявності, проте ця пропозиція може стати неактуальною дуже швидко – навіть швидше за клік комп’ютерної миші в процесі укладання онлайн-угоди купівлі – продажу. На рис. 2.14 наведено діаграму кількості угод купівлі – продажу валютних пар, що функціонували в часовому проміжку менше 1 хвилини. Як бачимо з рисунку, графік попиту та пропозиції на валютні пари перетинаються в точці рівної ціни приблизно через 60 секунд, отже, ефективний арбітраж в даний момент часу був можливий лише протягом 1 хвилини.

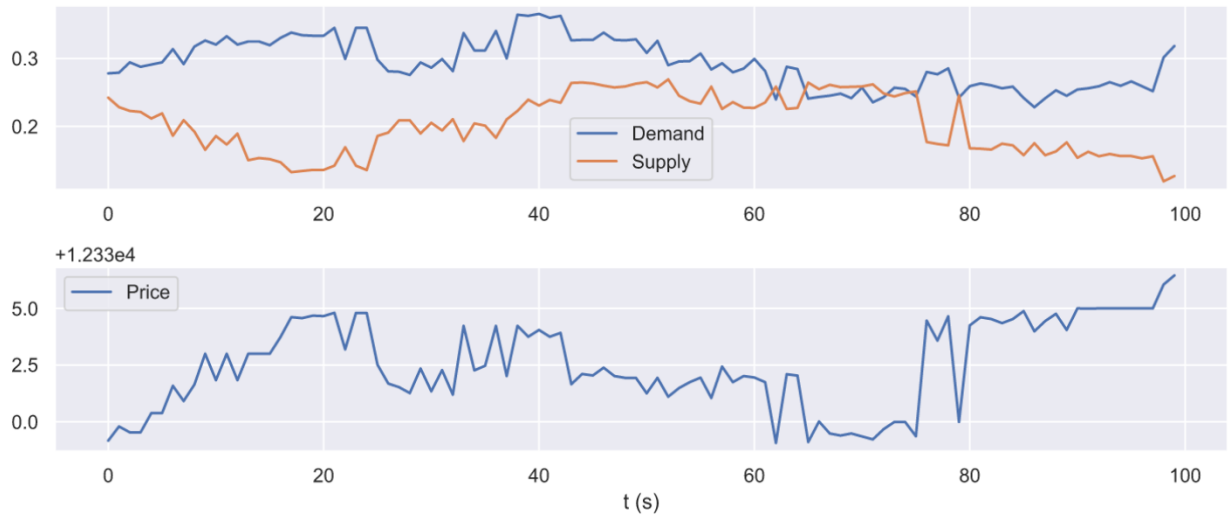


Рисунок 2.14 - Кількість угод купівлі – продажу валютних пар, що функціонували в часовому проміжку менше 1 хвилини

Отже, актуальна інформація щодо цін на криптовалютні пари на біржах є можливістю завдяки арбітражу отримати дохід від купівлі – продажу цифрової валюти. Розрахунок середньої ціни попиту і пропозиції на криптовалютні пари дає інформацію щодо появи арбітражного вікна та укладання вигідних угод на біржі. Для трейдерів передумовами укладання вигідних угод купівлі – продажу є точні математичні розрахунки, зроблені своєчасно в актуальний момент часу. Поєднання точності та швидкості розрахунків можливе завдяки використанню інформаційних технологій, здатних проаналізувати криптовалютні пари для оптимального арбітражу для потреб отримання доходу від купівлі-продажу криптовалюти на фінансових біржах.

2.4 Концептуальна модель біржового арбітражу криптовалютних пар

Для ефективного арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах застосування інформаційних технологій допоможе зробити точні та швидкі математичні розрахунки, що забезпечить синергетичний ефект при прийнятті оптимальних та обґрунтованих управлінських рішень щодо інвестування цифрових активів. Традиційний технічний та фундаментальний аналіз дозволяє оцінити валютні пари, проте для біржового арбітражу доцільним є розрахунок різниці між курсами на валютні пари на різних біржах або в межах однієї біржі.

В кваліфікаційній роботі наведено алгоритм біржового арбітражу, який передбачає аналіз валютних пар на фінансових біржах. Математичні формули для розрахунку різниці в середній ціні валютних пар мають стати основою для розробки програмного коду. Різноманітність криптовалютних пар та фінансових криптовалютних бірж зумовлює формування великого масиву даних про динаміку цінових пропозиції на валютні пари, наявність пропозицій щодо купівлі – продажу криптовалюти тощо. Цей масив даних у вільному доступі є дуже цінним для аналізу валютних пар, оскільки його значний обсяг дає можливість отримати точні та релевантні дані для прийняття рішень щодо інвестування активів на фінансових біржах. Запуск програмного коду аналізу валютних пар на фінансових біржах дозволить знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями на основі вирахування різниці між цінами для прийняття рішення.

Програмний код потрібно запускати для отримання результатів аналізу валютних пар і одразу приймати рішення щодо інвестування криптовалюти у відкритому арбітражному вікні. Після закриття арбітражного вікна повторний запуск програмного коду дає нову інформацію, актуальну для нового арбітражного вікна. Процес арбітражу в даному випадку вимагає постійної уваги користувача програмного коду. Технологія штучного

інтелекту може бути використана для повної автоматизації аналітичної моделі арбітражу валютних пар на фінансових біржах. Пропонована концептуальна модель біржового арбітражу криптовалютних пар узагальнена на рис. 2.15.

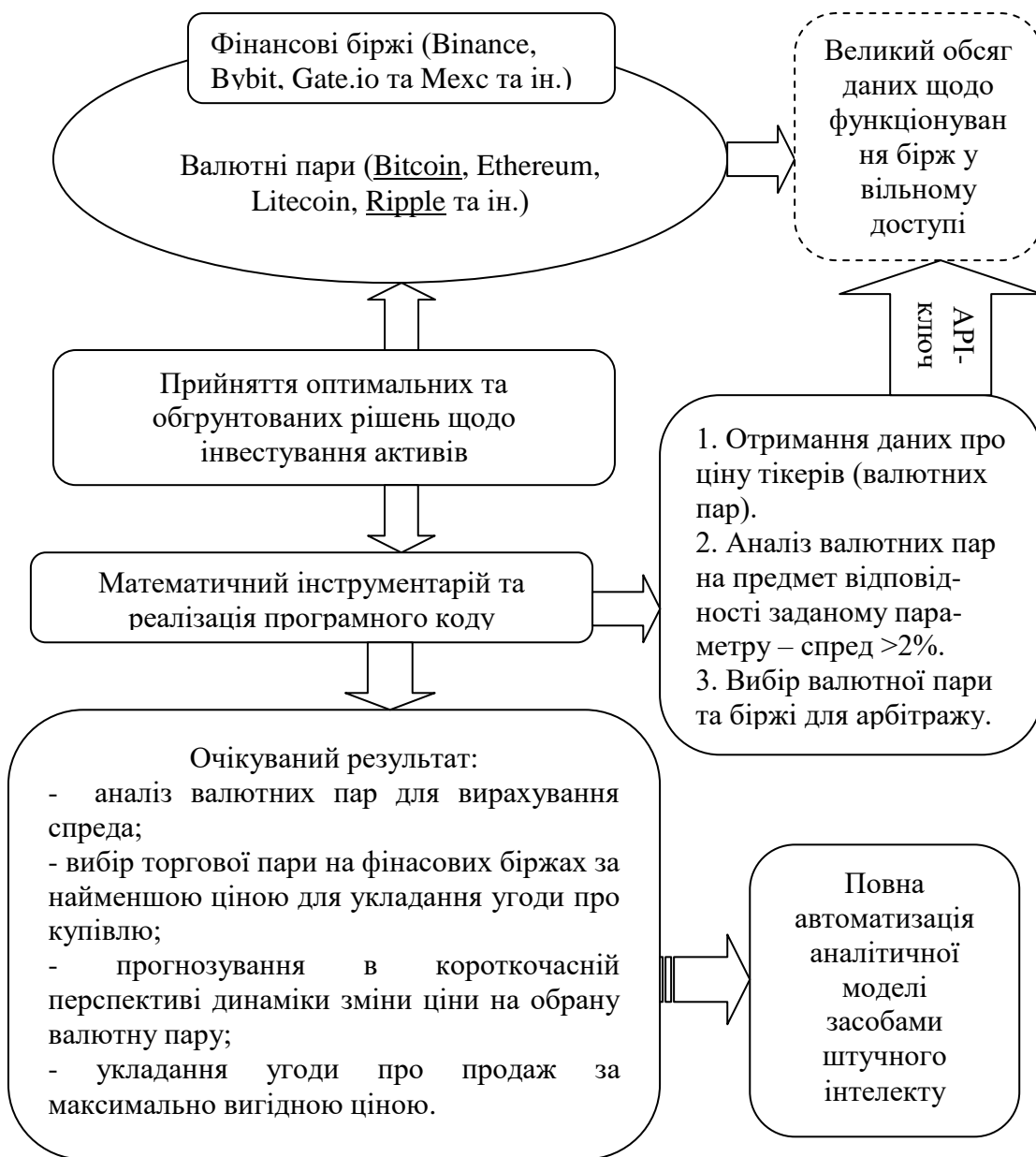


Рисунок 2.15 - Концептуальна модель біржового арбітражу криптовалютних пар

Таким чином, застосування інформаційних технологій допоможе поєднати методи технічного та фундаментального аналізу, що забезпечить синергетичний ефект при прийнятті оптимальних та обґрунтованих управлінських рішень щодо інвестування цифрових активів. Великий масив даних про динаміку цінових пропозиції на валютні пари, наявність пропозицій щодо купівлі – продажу криптовалюти тощо у вільному доступі дає можливість отримати точні та релевантні дані в процесі аналізу валютних пар. Запуск програмного коду аналізу валютних пар на фінансових біржах дозволить знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями на основі вирахування різниці між цінами для прийняття рішення. Технологія штучного інтелекту може бути використана для повної автоматизації аналітичної моделі арбітражу валютних пар на фінансових біржах.

Висновки до розділу 2

Досліджуване ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є материнським підприємством американської компанії з перспективним напрямком використання криптовалютних активів для потреб бізнесу в контексті взаємовідносин з американськими партнерами. Для обігу криптовалюти в ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» використовується електронний гаманець. Для потреб управління в досліджуваному підприємстві створено систему внутрішнього інтелекту, яку потенційно можна використовувати для потреб аналізу криптовалютних активів на фінансових біржах.

В контексті функціонування криптовалютної біржі арбітраж є одним з напрямків торгівлі валютними парами, що забезпечує прибуток на основі різниці в ціні. Арбітраж є вигідною угодою не лише для підприємця, але й для самої біржі, оскільки арбітражери згладжують суттєві коливання курсів на валютні пари, залучають інвесторів на біржі та генерують біржову комісію. Процес арбітражу криптовалютних пар на біржах є складним, тому

актуальним є розробка певного алгоритму дій підприємця щодо відстеження оптимальних напрямків інвестування криптовалютних активів на фінансових біржах на основі математичної формалізації та відповідного програмного забезпечення.

Актуальна інформація щодо цін на криптовалютні пари на біржах є можливістю завдяки арбітражу отримати дохід від купівлі – продажу цифрової валюти. Розрахунок середньої ціни попиту і пропозиції на криптовалютні пари дає інформацію щодо появи арбітражного вікна та укладання вигідних угод на біржі. Для трейдерів передумовами укладання вигідних угод купівлі – продажу є точні математичні розрахунки, зроблені своєчасно в актуальний момент часу. Поєднання точності та швидкості розрахунків можливий завдяки використанню інформаційних технологій, здатних проаналізувати криптовалютні пари для оптимального арбітражу для потреб отримання доходу від купівлі-продажу криптовалюти на фінансових біржах.

Застосування інформаційних технологій допоможе поєднати методи технічного та фундаментального аналізу, що забезпечить синергетичний ефект при прийнятті оптимальних та обґрунтованих управлінських рішень щодо інвестування цифрових активів. Великий масив даних про динаміку цінових пропозиції на валютні пари, наявність пропозицій щодо купівлі – продажу криптовалюти тощо у вільному доступі дає можливість отримати точні та релевантні дані в процесі аналізу валютних пар. Математичний інструментарій та реалізація програмного коду аналізу валютних пар на фінансових біржах дозволить знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями на основі вирахування різниці між цінами для прийняття рішення. Технологія штучного інтелекту може бути використана для повної автоматизації аналітичної моделі арбітражу валютних пар на фінансових біржах.

РОЗДІЛ 3

ЗБІР ДАНИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ

3.1 Обґрунтування обраної технології для потреб дослідження

Технології Data Science та Big Data відіграють ключове значення в процесі генерації ідеї в процесі реалізації прийнятого інноваційного рішення задля отримання вигоди. Ці концепції є взаємопов'язаними в контексті збору, очищення, аналізу та інтерпретації даних. Аналітику великих даних вчені вважають ефективним інструментарієм системи управління. На думку фахівців Галан О., Скоромного В. та Пустовіт Н. [17], сталий розвиток суб'єкта підприємництва може забезпечити якісний аналітичний інструментарій. Зокрема, автори оцінили переваги та визначили загрози при інтеграції інструментарію Big Data в систему менеджменту суб'єкта підприємництва [17]. Вчений Балабанов О.С [11] дослідив фундаментальні положення щодо аналітики значного масиву даних. Автор узагальнив аспекти інтеграції аналітичних процедур в систему менеджменту суб'єкта підприємництва шляхом застосування запропонованої послідовності аналітичних дій. Вчений анонсував в перспективі подальші дослідження щодо огляду аналітичних процедур в сфері Big Data [11].

Фахівці Чубукова О.Ю., Пономаренко І.В. та Домантович О.П. [58] відзначили сучасні тенденції розвитку машинного навчання як складової Data Science. В своїх дослідженнях вчені проаналізували особливості розповсюдження технологій Data Science засобами специфічного інструментарію, який дозволяє отримувати необхідний обсяг оперативної інформації та здійснювати її глибокий аналіз наявної для потреб оптимізації процесу прийняття управлінських рішень. Вчені наголошують, що застосування комплексу алгоритмів Data Science може забезпечити зростання ефективності моделювання ризиків діяльності засобами специфічного інструментарію та відповідних ІТ-продуктів (спеціалізованих мов

програмування – Python та R, кількісні методи машинного навчання, нейронні мережі) [58].

Фахівчині Радіонова І. Ф. та Фаренюк Я. В. [47] визначають інструментарій Data Science, як найбільш релевантний для аналізу економіки невизначеності. На конкретних прикладах автори узагальнили можливості Data Science в процесі прийняття управлінських рішень. Зокрема, вчені дійшли до висновку, що застосування інструментарію Data Science дозволяє оцінити вплив на процеси та явища факторів, некерований хаос подій та несподівані поєднання інструментів [47].

Аналіз даних інструментом Data Science використовує фундамент з різних наукових напрямків економіко-математичного спрямування, тому важко переоцінити його цінність в умовах невизначеності бізнес-процесів, адже саме математичні методи дозволяють виявити суттєві чинники та прорахувати кількісні та якісні показники їх впливу. Закордонний досвід свідчить про широке коло застосування цього інструменту. Зокрема, І.Кармайкл та Дж.С.Маррон [2] акцентують на постійному розвитку методів статистики, але в контексті бізнес-аналізу. Вчені наголошують на поєднання методів аналізу з пошуковим аналізом, технологією машинного навчання, теорією ігор [2]. Вайс К. і Ікштадт К. наголошують на необхідності застосування комплексу дій, пов'язаних з методами статистики, інформаційними технологіями, принципами менеджменту та комунікації [9].

Як стверджує фахівець Самойленко Л. Б., з розвитком цифровізації бізнес-процесів зростає кількість пропонованих ІТ-інструментів, які дозволяють отримати різноманітні дані для прийняття управлінських рішень завдяки аналізу великої кількості даних (Big Data) [49]. Щодо складностей та переваг застосування великих даних фахівці Чубукова О.Ю., Пономаренко І.В. та Домантович О.П. відзначають, що висока якість прогностичних моделей пов'язана з великою затратністю часових ресурсів, складністю обчислення, необхідністю використання сучасних ІТ-рішень [58].

Вважаю доцільним застосування технології Data Science для аналізу валютних пар на фінансових біржах. Наявність значної кількості фінансових бірж з великим рівнем капіталізації криптовалютних активів забезпечує процес формування великого масиву даних (Big Data) у відкритому доступі в Інтернет –джерелах. Цей масив даних дає суттєву інформацію для аналізу, результати якого можна використати при прийнятті рішень щодо інвестування криптовалютних активів на фінансовій біржі. Переваги застосування великих даних для арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах узагальнено на рис. 3.1. Зазначені переваги дозволяють стверджувати про ефективність застосування цього інструментарію для дослідження можливостей арбітражу валютних пар завдяки збору, аналізу, візуалізації та інтерпретації великого масиву даних.

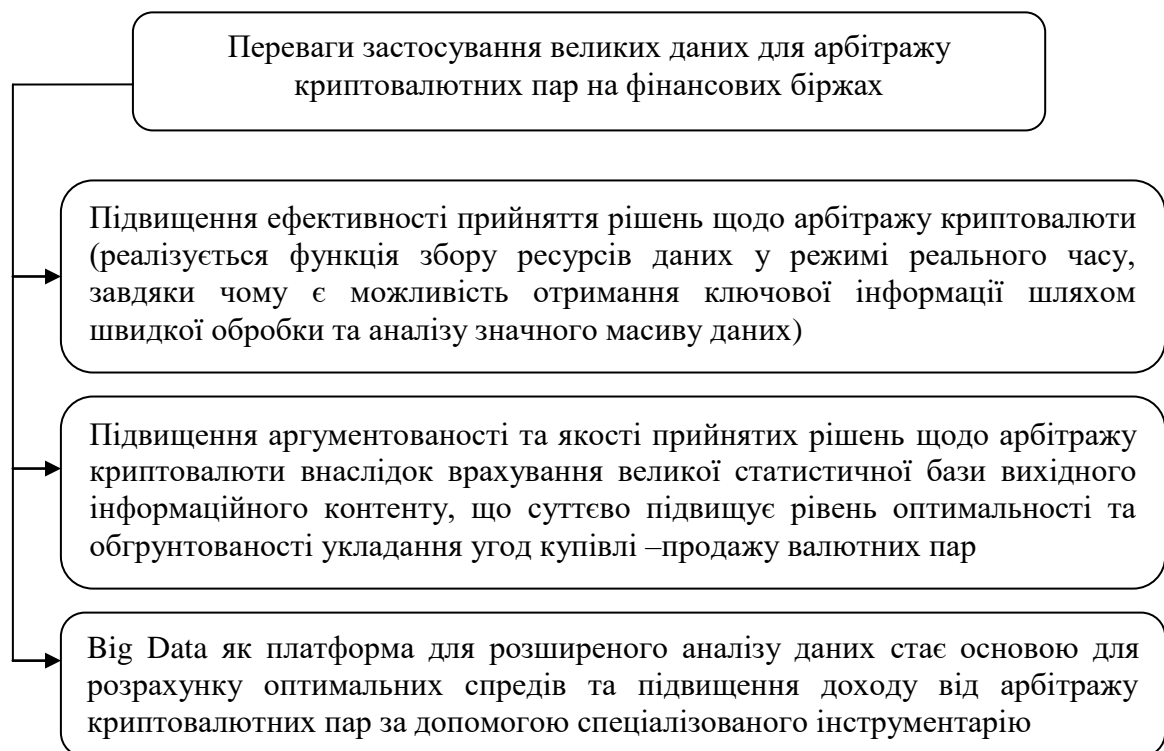


Рисунок 3.1 - Переваги застосування великих даних для арбітражу криптовалютних пар на фінансових біржах

Таким чином, технології Data Science та Big Data відіграють ключове значення в процесі генерації ідеї в процесі реалізації прийнятого

інноваційного рішення задля отримання вигоди. Ці концепції є взаємопов'язаними в контексті збору, очищення, аналізу та інтерпретації даних. Вважаю доцільним застосування технології Data Science для аналізу валютних пар на фінансових біржах. Наявність значної кількості фінансових бірж з великим рівнем капіталізації криптовалютних активів забезпечує процес формування великого масиву даних (Big Data) у відкритому доступі в Інтернет –джерелах. Цей масив даних дає суттєву інформацію для аналізу, результати якого можна використати при прийнятті рішень щодо інвестування криптовалютних активів на фінансовій біржі.

3.2 Обґрунтування обраної мови програмування Python для потреб дослідження

Суб'єкти підприємництва є зацікавленими в зборі та аналізі даних, необхідних для ефективного бізнесу. В процесі арбітражу валютних пар на фінансових біржах обробка релевантних даних дозволить виявити арбітражне вікно для укладання угод купівлі-продажу криптовалюти. В попередніх підрозділах наголошувалось на необхідності швидкого аналізу даних щодо вартості криптовалютних пар, тому актуальним є виконання цього завдання в автоматичному режимі завдяки інструментарію програмування.

Мова програмування Python використовується фахівцями в різних сферах, зокрема, в аналізі даних, інженерії даних, при розробці мобільних додатків, застосунків в ігровій індустрії, програмного забезпечення, створення вебсайтів, штучного інтелекту тощо. Мова Python є об'єктноорієнтованою, тобто заснованою на об'єктах з відповідними методами, у вигляді моделей, зібраних в пакети. Інформацію про тип і структуру окремого об'єкта можна отримати в процесі виконання програми. Python є скриптованою мовою програмування, тобто завдання виконуються завдяки коротким скриптам. Ці короткі скрипти дозволяють швидко перевірити, чи доцільним є реалізація поставленого завдання. Відзначу, що в

мові Python важливою є мінімізація кількості рядків в коді для підвищення читабельності коду як для одного виконавця завдання, так і для всієї команди фахівців проєкту.

Python – це мова програмування з відкритим та безкоштовним вихідним кодом, який може стати базою для додавання завдань та функцій. Цю мову програмування використовує значна кількість фахівців - аналітики даних, інженери даних, архітектори даних, інженери – розробники, інженери з машинного навчання тощо. Це пояснюється наявністю значної кількості даних в стандартній бібліотеці Python з можливістю використання додаткових модулів для аналітичних цілей, що дозволяє здійснювати очищення та аналіз даних, вивчення статистики та візуалізації тенденцій зміни даних тощо. Наприклад, модуль Pandas забезпечує зручність роботи з даними, модуль NumPy забезпечує можливість створення масиву даних для потреб управління ними. Бібліотеки TensorFlow, PyTorch та SciPy мають потужний інструментарій для застосування великих даних (big data). Візуалізація даних здійснюється за допомогою спеціального інструментарію, наприклад, Matplotlib дозволяє відображати дані у вигляді двовимірної та тривимірної графіки; Seaborn забезпечує побудову статистичних графіків за даними на основі тісної інтеграції з модулем Pandas. Бібліотека OpenCV, так звана бібліотека комп'ютерного зору, дозволяє аналізувати, класифікувати та обробляти зображення. Всі вищезазначені модулі не вимагають інсталяції, вони є наявними в стандартній бібліотеці, проте мова Python за потреби також може використовувати зовнішні ресурси для аналізу даних.

Мова програмування Python може бути використана у створенні системи штучного інтелекту для вивчення тенденцій зміни даних та виявлення певних закономірностей з метою прогнозування в умовах невизначеності, наприклад, визначення швидкості укладання угод купівлі-продажу криптовалюти, оцінку ризику закриття арбітражного вікна тощо. На основі методів штучного інтелекту мова програмування Python дозволяє створити програмне забезпечення для виконання певного завдання,

наприклад, автоматичного укладання угод купівлі –продажу на основі аналізу даних про відкрите арбітражне вікно та наявність вигідних спредів. Саме мова програмування Python дозволяє на основі коду виділити з великої кількості даних (big data) необхідні дані та використати їх для аналізу в межах поставленого завдання.

Переваги мови програмування Python для аналізу криптовалютних пар на фінансових біржах узагальнено на рис. 3.2.

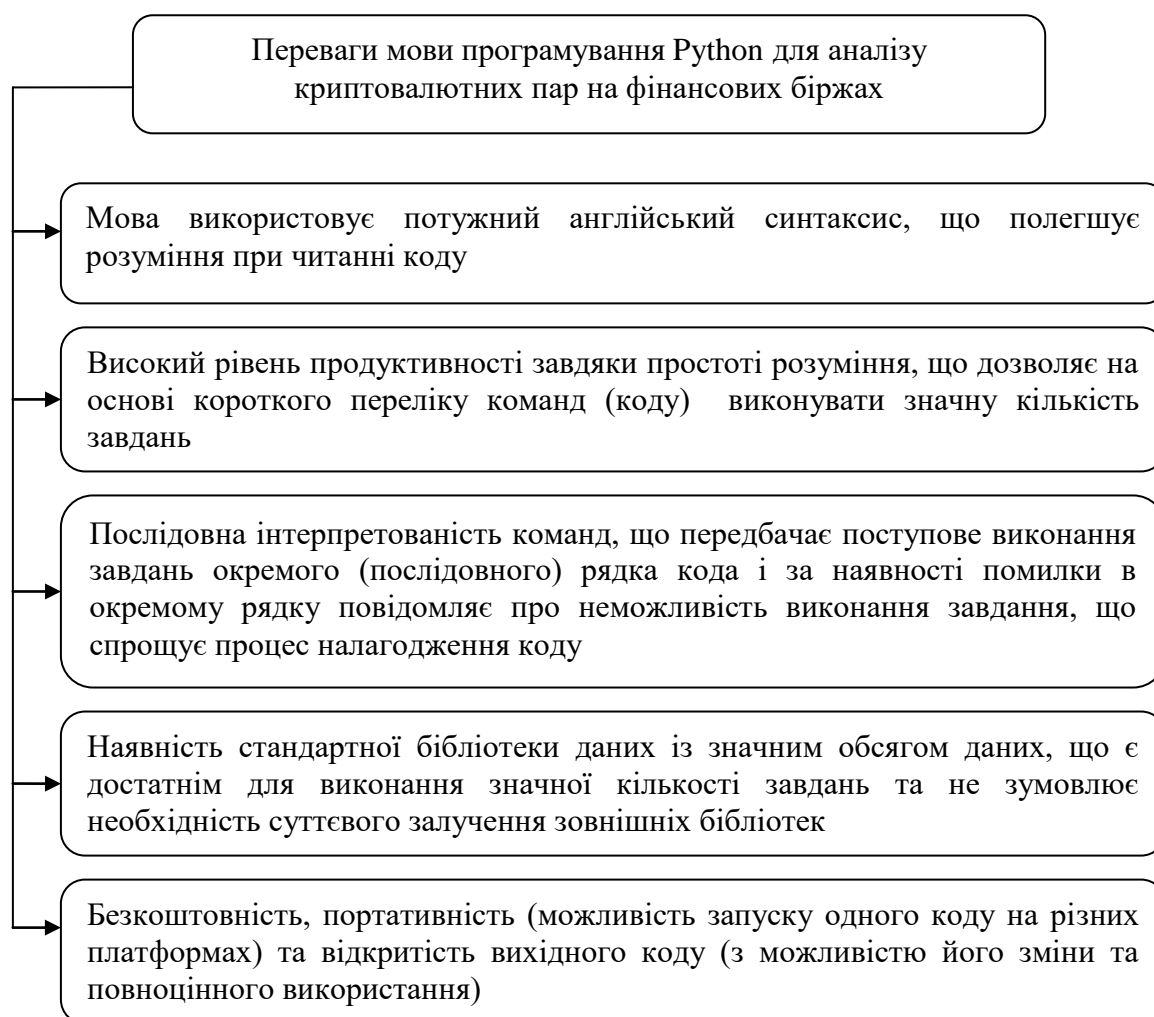


Рисунок 3.2 - Переваги мови програмування Python для аналізу криптовалютних пар на фінансових біржах

Таким чином, в процесі арбітражу валютних пар на фінансових біржах обробка релевантних даних дозволить виявити арбітражне вікно для

укладання угод купівлі-продажу криптовалюти. Мова програмування Python є достатньо затребуваною серед фахівців в різних сферах, оскільки характеризується простотою та читабельністю, високим рівнем продуктивності, послідовною інтерпретованістю команд для виконання, наявністю потужної стандартної бібліотеки, безкоштовністю, портативністю та відкритим вихідним кодом. Легкість застосування мови програмування Python дозволяє розробити короткий код для виконання декількох завдань без необхідності суттєвого залучення зовнішніх інформаційних ресурсів.

3.3 Бібліотека даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах

В попередньому підрозділі наголошувалось на потужній стандартній бібліотеці мови програмування Python для вирішення значної кількості завдань, проте окремі завдання потребують відповідних інструментів. Зокрема, виконання окремого завдання в комплексі завдань без блокування основного потоку виконання можливе завдяки асинхронному програмуванню, інструментарій якого забезпечує бібліотека `asyncio`. Паралельне виконання завдань забезпечують компоненти програми (корутини) `async/await`, що дозволяє організувати роботу з подіями та мереживними операціями. Для роботи з HTTP-запитами та відповідями використовується асинхронна бібліотека `aiohttp`, яка базується на функціях бібліотеки `asyncio`. Бібліотека `aiohttp` допомагає створити клієнтські та серверні програми з асинхронним підходом. Завдяки асинхронному виконанню HTTP-запитів зазначений інструментарій є затребуваним в розробці коду. Бібліотека `requests` навпаки забезпечує виконання синхронних HTTP-запитів. Бібліотека відрізняється простотою та зрозумілістю інтерфейсу, легкою взаємодією з веб-серверами та отриманням HTTP-відповідей у вигляді тексту та бінарних даних. На відміну від бібліотеки `asyncio` в бібліотеці `requests` використовується блокуючий підхід, що дозволяє блокування основного потоку виконання програми до отримання відповіді з серверу.

Для аналізу валютних пар доцільним є застосування додаткової бібліотеки для отримання даних з фінансових бірж. Для потреб дослідження було використано бібліотеку `ccxt` - `CryptoCurrency eXchange Trading Library`. `CryptoCurrency eXchange Trading Library` є відкритою бібліотекою, призначеною для роботи з різноманітними криптовалютними біржами (близько 100 бірж, в тому числі найпопулярніших `Binance`, `Coinbase Pro`, `Bitfinex`, `Kraken`, `Huobi` тощо), яка забезпечує консистентний (однаковий для всіх бірж) інтерфейс через API цих бірж, що суттєво спрощує формування торгової стратегії трейдера на криптовалютному ринку. Документація щодо бібліотеки та приклади її застосування знаходяться у вільному доступі на офіційному сайті та їх репозитарії `GitHub`.

Бібліотека `ccxt` використовується для роботи з значною кількістю різноманітних фінансових бірж, оскільки призначена для акумуляції даних щодо котирування, здійснення торгівельних операцій та отримання доступу до інших функцій бірж за допомогою їх API. Імпортування бібліотеки `ccxt` дозволяє створити об'єкт для коду різноманітними мовами програмування (в тому числі `Python`) в контексті вирішення завдання аналізу валютних пар на фінансових біржах з метою подальшого виконання операцій з отримання котирувань (цін криптовалюти, обсяги угод на купівлю-продаж тощо), формування угод купівлі – продажу валютних пар тощо. Слід зазначити, що в процесі використання бібліотеки `ccxt` можна виконувати тестові завдання на біржі для перевірки теорії трейдера, що знижує фінансові ризики при укладанні реальних угод на біржах. Ця бібліотека користується попитом, тому постійно розвивається з огляду на потреби і запити користувачів.

Можливості застосування бібліотеки `ccxt` (`CryptoCurrency eXchange Trading`) для аналізу валютних пар на фінансових біржах узагальнено на рис. 3.2. Алгоритм роботи бібліотеки `CryptoCurrency eXchange Trading` передбачає формування набору даних про доступні криптовалютні біржі та класи обміну. Кожен клас обміну представлено у вигляді публічного та приватного

API для певної фінансової біржі. Вигляд бібліотеки CryptoCurrency eXchange Trading візуалізовано на рис. 3.4.

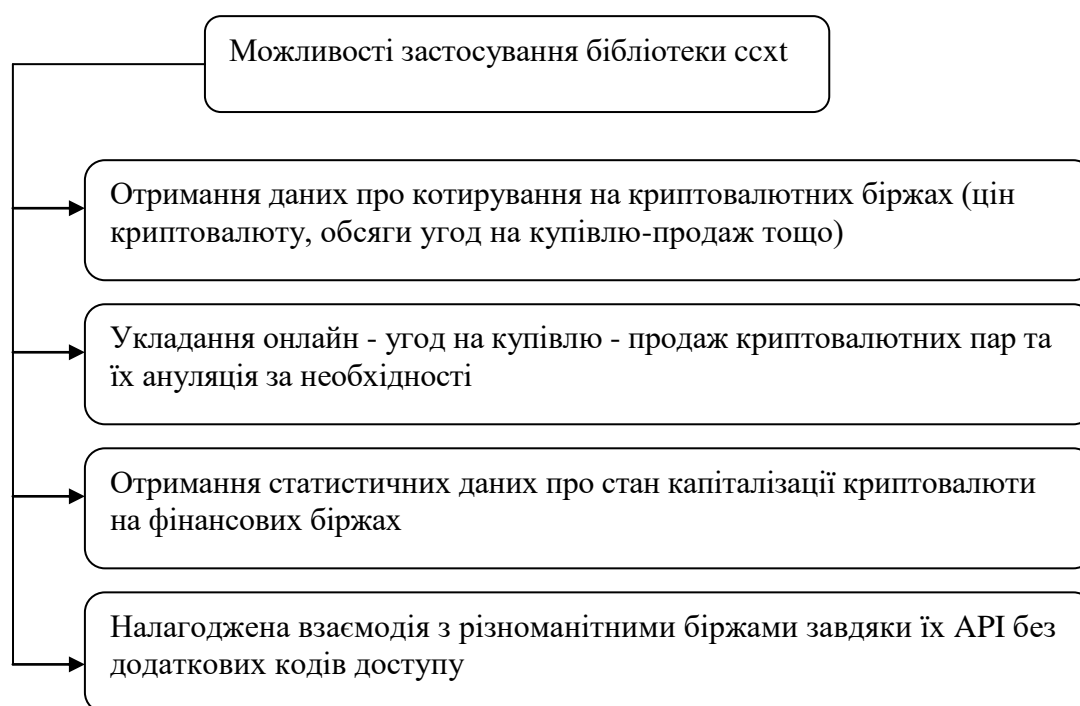


Рисунок 3.3 - Можливості застосування бібліотеки ccxt (CryptoCurrency eXchange Trading) для аналіз валютних пар на фінансових біржах

Зазначені на рисунку обміни є похідними від базового класу Exchange та мають спільний набір загальних методів, тому для отримання доступу до певного обміну за даними бібліотеки ccxt потрібно створити екземпляр відповідного класу обміну. Регулярне оновлення даних про стан капіталізації криптовалюти на фінансових біржах сприяє актуалізації бібліотеки.

Для потреб аналізу валютних пар на фінансових біржах в контексті пошуку оптимального арбітражу в бібліотеці CryptoCurrency eXchange Trading використовується інструментарій, наведений на рис. 3.5. Використовуваний перелік інструментарію CryptoCurrency eXchange Trading пропонує різний набір даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах в контексті пошуку оптимального арбітражу.

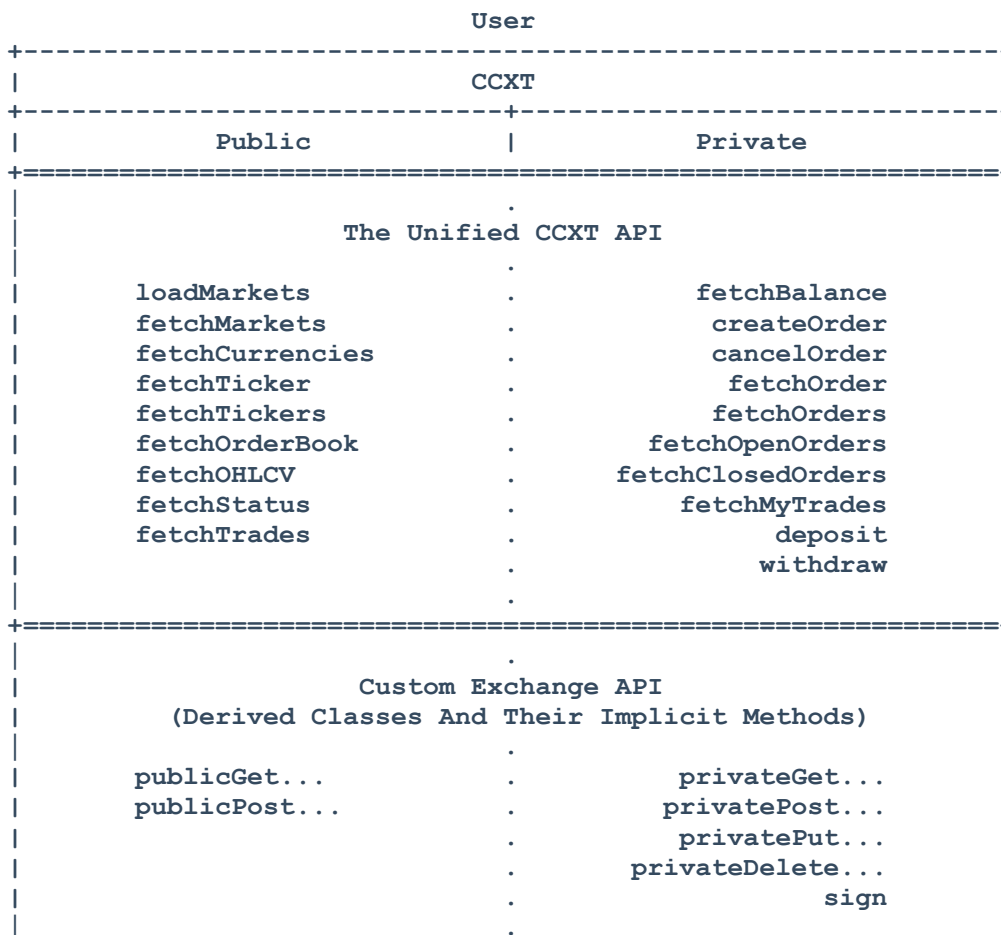


Рисунок 3.4 - Вигляд бібліотеки CryptoCurrency eXchange Trading

Інструментарій loadMarkets забезпечує отримання інформації щодо всіх доступних валютних пар на фінансовій біржі за допомогою словника з символами валютних пар та об'єктами з даними про мінімальний обсяг купівлі-продажу криптовалютних пар, зміну ціни на валютні пари, максимальний спред серед всіх пропонованих угод інвестування криптовалюти тощо. Інструментарій fetchMarkets також забезпечує отримання інформації щодо всіх доступних валютних пар для укладання угод купівлі –продажу, проте словник містить об'єкти по окрему валютну пару. Інструментарій fetchCurrencies забезпечує отримання інформації щодо всіх доступних валютних пар на фінансовій біржі з об'єктами в розрізі даних щодо мінімальної суми для виведення коштів, суми комісії за арбітраж криптовалюти тощо.

різноманітними біржами. Бібліотека CryptoCurrency eXchange Trading пропонує різний набір даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах в контексті пошуку оптимального арбітражу. Завдяки використанню цієї бібліотеки з'являється можливість тестувати різноманітні стратегії фінансового трейдерства на основі аналізу даних про капіталізацію криптовалюти на фінансових біржах.

3.4 Інтегроване середовище аналітичної моделі для потреб дослідження

В процес програмування залучається певний інструментарій, який дозволяє вирішувати комплекс складних завдань на високому рівні. Розробка аналітичної моделі мовою програмування Python передбачає вибір оптимального середовища розробки. Серед пріоритетів вибору інтегрованого середовища розробки можна відзначити легкість налагодження, суттєву продуктивність, зручність використання, що значно спрощує та прискорює процес розробки моделі.

Для виконання завдань дослідження було обрано PyCharm як середовище розробки для Python. Фахівці Кривонос О., Мінгальова Ю., Кривонос М., Стельмашенко Я. та Махенько Я. Зауважать, що «цінується дане середовище як новачками (за простий та інтуїтивний інтерфейс) так і професійними програмістами зі стажем (за зручність та розширений функціонал)» [28].

Інтегроване середовище розробки PyCharm дозволяє налагодити код завдяки можливостям аналізувати значення змінних, виявляти та виправляти помилки в коді. Інтелектуальне автодоповнення допомагає в написанні коду без витрачання часу на пошук імен змінних, функцій та методів. Інспектування (статистичний аналіз коду) допомагає виявити потенційні помилки, тому знижується ймовірність й кількість помилок в коді, що забезпечує високу якість й надійність коду. Завдяки інструментарію

рефакторингу є можливість зміни структури коду, не втрачаючи його функціональності. PyCharm підтримує інтеграцію з іншими системами, зокрема, Git, Mercurial тощо, що дозволяє контролювати зміни та працювати з історією змін. Інтеграція PyCharm з віртуальними оточеннями забезпечує зручний інтерфейс для керування різними оточеннями, маючи в наявності власний набір залежностей, розробляти код для кожного окремого проєкту можна в окремих чистих середовищах для ізоляції (незалежності) бібліотеки для кожного проєкту та уникнення конфліктів між залежностями різних проєктів. Можливості PyCharm при розробці коду узагальнено на рис. 3.6.

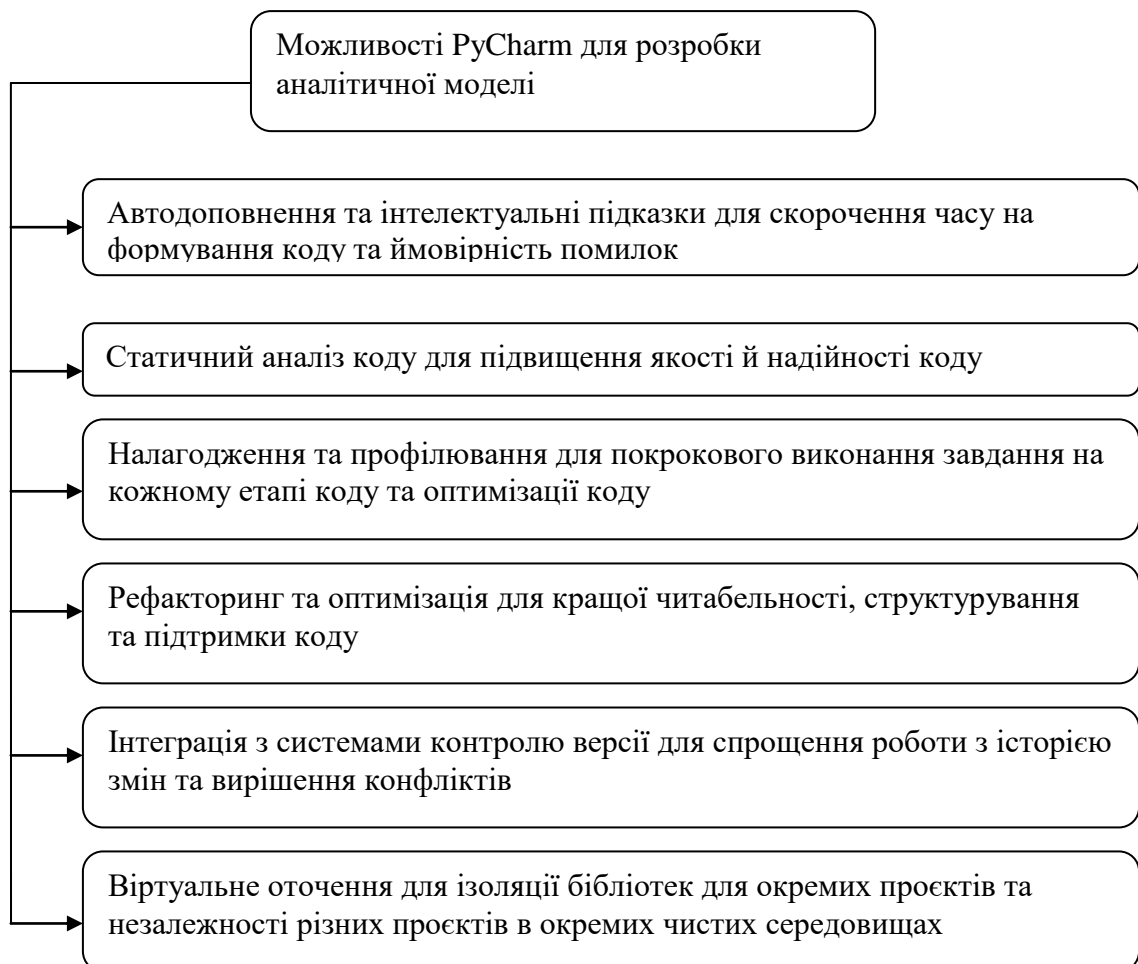


Рисунок 3.6 – Можливості PyCharm для розробки аналітичної моделі

PyCharm забезпечує в повному обсязі підтримку мови програмування Python. PyCharm є зручним, потужним та розумним інтегрованим

середовищем розробки, що здатне підсвічувати синтаксиси та помилки коду, розставляти точки зупинки, покроково переглядати вміст змінних та поступово виконувати код, здійснювати навігацію в середині конкретного коду та між окремими проєктами, відобразити файлову структуру проєкту, здійснювати швидкий перехід між файлами та методами. Цей інструментарій дозволяє очистити та організувати розроблений код, уникаючи конфліктів та поліпшуючи процес розробки, що дозволяє підвищити ефективність роботи над проєктом та зосередитись на творчому аспекті програмування.

Таким чином, інтегроване середовище розробки PyCharm забезпечує повною мірою підтримку мови програмування Python і дає можливість зручно працювати над розробкою коду аналітичної моделі. Окрім виконання функцій текстового редактора, PyCharm є справжнім інтелектуальним помічником програмування, забезпечуючи якість, надійність та продуктивність коду завдяки наявності зручних засобів для керування проєктами, налагодження та оптимізації коду, рефакторингу, інтеграції з системами контролю версій та іншим віртуальним оточенням тощо. Реалізація зазначених функцій PyCharm спрощує процес програмування аналітичних моделей, допомагає створити чистіший і ефективніший код, що підвищує продуктивність розробника коду та реалізації проєкту.

Висновки до розділу 3

Технології Data Science та Big Data відіграють ключове значення в процесі генерації ідей в процесі реалізації прийнятого інноваційного рішення задля отримання вигоди. Ці концепції є взаємопов'язаними в контексті збору, очищення, аналізу та інтерпретації даних. Вважаю доцільним застосування технології Data Science для аналізу валютних пар на фінансових біржах. Наявність значної кількості фінансових бірж з великим рівнем капіталізації криптовалютних активів забезпечує процес формування великого масиву даних (Big Data) у відкритому доступі в Інтернет –джерелах. Цей масив

даних дає суттєву інформацію для аналізу, результати якого можна використати при прийнятті рішень щодо інвестування криптовалютних активів на фінансовій біржі.

В процесі арбітражу валютних пар на фінансових біржах обробка релевантних даних дозволить виявити арбітражне вікно для укладання угод купівлі-продажу криптовалюти. Мова програмування Python є достатньо затребуваною серед фахівців в різних сферах, оскільки характеризується простотою та читабельністю, високим рівнем продуктивності, послідовною інтерпретованістю команд для виконання, наявністю потужної стандартної бібліотеки, безкоштовністю, портативністю та відкритим вихідним кодом. Легкість застосування мови програмування Python дозволяє розробити короткий код для виконання декількох завдань без необхідності суттєвого залучення зовнішніх інформаційних ресурсів.

Бібліотека ccxt (Cryptocurrency eXchange Trading Library) є потужним інструментарієм для аналізу валютних пар на фінансових біржах та оптимізації арбітражу криптовалюти. Серед переваг бібліотеки ccxt можна виділити безкоштовність, відкритість, популярність, зручність, взаємодія з різноманітними біржами. Бібліотека Cryptocurrency eXchange Trading пропонує різний набір даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах в контексті пошуку оптимального арбітражу. Завдяки використанню цієї бібліотеки з'являється можливість тестувати різноманітні стратегії фінансового трейдерства на основі аналізу даних про капіталізацію криптовалюти на фінансових біржах.

Інтегроване середовище розробки PyCharm забезпечує повною мірою підтримку мови програмування Python і дає можливість зручно працювати над розробкою коду аналітичної моделі. Окрім виконання функцій текстового редактора, PyCharm є справжнім інтелектуальним помічником програмування, забезпечуючи якість, надійність та продуктивність коду завдяки наявності зручних засобів для керування проєктами, налагодження та оптимізації коду, рефакторингу, інтеграції з системами контролю версій та

іншим віртуальним оточенням тощо. Реалізація зазначених функцій PyCharm спрощує процес програмування аналітичних моделей, допомагає створити чистіший і ефективніший код, що підвищує продуктивність розробника коду та реалізації проєкту.

РОЗДІЛ 4

НАПРЯМКИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1 Опис моделі та інтерпретація результатів моделювання

В процесі дослідження було проаналізовано складові арбітражу та акцентовано увагу на доцільності відстеження оптимальних напрямків інвестування криптовалютних активів на фінансових біржах на основі математичної формалізації та відповідного програмного забезпечення. Для потреб розробки аналітичної моделі було наголошено на перевагах технології Data Science та Big Data для аналізу валютних пар на фінансових біржах. Для формування коду аналітичної моделі було обрано мову програмування Python з завантаженням бібліотек asyncio, aiohttp, requests для асинхронного програмування та бібліотеки ccxt (Cryptocurrency eXchange Trading Library) з набором даних криптовалютних бірж. Розробку аналітичної моделі здійснено в інтегрованому середовищі PyCharm (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Засоби реалізації моделі аналізу валютних пар на
фінансових біржах

Критерій	Назва засобу
Технологія	Data Science та Big Data
Мова програмування	Python
Бібліотеки	asyncio, aiohttp, requests ccxt (Cryptocurrency eXchange Trading)
Інтегроване середовище	PyCharm

Виконання коду передбачає аналіз цін кожної торгової пари на криптовалютних біржах та вирахування спреду між ними. Формування коду

моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах здійснюється в певній послідовності.

Імпортую всі необхідні бібліотеки:

```
import asyncio
import aiohttp
import requests
import ccxt
```

Функція, яка отримує ціни торгових пар з певної біржі:

```
def get_prices(exchange):
    try:
```

Отримую ціни останніх угод (тікерів) для всіх торгових пар на біржі:

```
tickers = exchange.fetch_tickers()
```

Створюю порожній словник для зберігання цін:

```
prices = {}
```

Аналізую кожну торгову пару та її ціну:

```
for symbol, ticker in tickers.items():
```

Перевіряю, чи назва торгової пари містить 'USDT':

```
if 'USDT' in symbol:
```

Отримую останню ціну для торгової пари:

```
price = ticker['last']
```

Зберігаю ціну в словнику:

```
prices[symbol] = price if price is not None else float('nan')
return prices
```

Обробляю можливі помилки, які можуть виникнути під час виконання цієї функції:

```
except ccxt.NetworkError as e:
    print(f"Помилка інтернету: {e}")
    return None
except ccxt.ExchangeError as e:
    print(f"Помилка біржі: {e}")
    return None
except Exception as e:
    print(f"Виникла помилка: {e}")
    return None
```

Створюю об'єкти для двох різних бірж: Gate.io та Mexc:

```
gate_io_exchange = ccxt.gateio()
mexc_exchange = ccxt.mexc()
```

Отримую ціни торгових пар з обох бірж:

```
gate_io_prices = get_prices(gate_io_exchange)
mexc_prices = get_prices(mexc_exchange)
```

Перевіряю, чи отримані ціни з обох бірж:

```
if gate_io_prices is not None and mexc_prices is not None:
```

Знаходжу спільні торгові пари між обома біржами:

```
common_symbols = set(gate_io_prices.keys()) & set(mexc_prices.keys())
if common_symbols:
    print("Відсоткове співвідношення цін на gate.io та Мехс:")
```

Сортую спільні торгові пари за відсотковою різницею в цінах:

```
common_symbols = sorted(common_symbols, key=lambda symbol:
    (abs(mexc_prices[symbol] - gate_io_prices[symbol]) / ((mexc_prices[symbol] +
    gate_io_prices[symbol]) / 2)) * 100, reverse=True)
```

Аналізую кожну торгову пару та її ціну:

```
for symbol in common_symbols:
```

Отримую ціни з обох бірж для поточної торгової пари:

```
gate_io_price = gate_io_prices[symbol]
mexc_price = mexc_prices[symbol]
```

Пропускаю торгові пари, де ціни не знайшли:

```
if gate_io_price is None and mexc_price is None:
    continue
if gate_io_price is None:
    gate_io_price = float('nan')
if mexc_price is None:
    mexc_price = float('nan')
```

Обчислюю відсоткову різницю між цінами:

```
percentage_difference = (abs(mexc_price - gate_io_price) / ((mexc_price
+ gate_io_price) / 2)) * 100
```

Виводжу торгову пару, якщо вона підходить для арбітражу:

```
if 2 <= percentage_difference <= 30:
    print(f"{symbol}: {gate_io_price} USDT (Gate.io), {mexc_price} USDT
    (Мехс)")
    print(f"Відсоток: {percentage_difference:.2f}%")
    print("-----")
else:
    print("Нема спільних торгових пар Gate.io і Мехс.")
else:
    print("Не вдалося отримати ціну з бірж.")
```

Асинхронна функція для отримання списку торгових пар на біржі Binance:

```
async def get_binance_pairs():
```

URL для отримання інформації про торгові пари на біржі Binance:

```
url = 'https://api.binance.com/api/v3/exchangeInfo'
```

Створюю асинхронний сеанс для взаємодії з API:

```
async with aiohttp.ClientSession() as session:
```

Виконую асинхронний GET-запит за допомогою створеного сеансу:

```
async with session.get(url) as response:
```

Отримую дані у форматі JSON з отриманої відповіді:

```
data = await response.json()
```

Створюю список торгових пар, які містять 'USDT' (криптовалютний долар) у своїй назві, весь аналіз будемо робити саме у парі монет до USDT:

```
pairs = [symbol['symbol'] for symbol in data['symbols'] if 'USDT' in symbol['symbol']]
return pairs
```

Асинхронна функція для отримання списку торгових пар на біржі Bybit:

```
async def get_bybit_pairs():
```

URL для отримання інформації про торгові пари на біржі Bybit:

```
url = 'https://api.bybit.com/v2/public/symbols'
```

Створюю асинхронний сеанс для взаємодії з API:

```
async with aiohttp.ClientSession() as session:
```

Виконую асинхронний GET-запит за допомогою створеного сеансу:

```
async with session.get(url) as response:
```

Отримую дані у форматі JSON з отриманої відповіді:

```
data = await response.json()
```

Створюю список торгових пар, які містять 'USDT' (криптовалютний долар) у своїй назві:

```
pairs = [symbol['name'] for symbol in data['result'] if 'USDT' in symbol['name']]
return pairs
```

Асинхронна функція для отримання ціни торгової пари на біржі Binance:

```
async def get_binance_price(session, symbol):
```

Ключ API для доступу до API біржі Binance:

```
api_key = ' Ваш API ключ для Binance'  
headers = {'X-MBX-APIKEY': api_key}
```

URL для отримання інформації про ціну торгової пари на біржі Binance:

```
url = f'https://api.binance.com/api/v3/ticker/price?symbol={symbol}'
```

Виконую асинхронний GET-запит за допомогою створеного сеансу та вказаного URL:

```
async with session.get(url, headers=headers) as response:  
    if response.status == 200:  
        data = await response.json()
```

Отримую ціну торгової пари і перетворюємо її на числовий формат:

```
price = float(data["price"])  
return price  
else:  
return None
```

Аналогічні дії для другої біржі:

```
async def get_bybit_price(session, symbol):  
    url = f'https://api.bybit.com/v2/public/tickers?symbol={symbol}'  
    async with session.get(url) as response:  
        if response.status == 200:  
            data = await response.json()  
            if data['ret_code'] == 0:  
                price = float(data['result'][0]['last_price'])  
                return price  
            else:  
                return None  
        else:  
            return None
```

Асинхронна функція для виконання асинхронних запитів до API обох бірж та обробки результатів:

```
async def fetch_prices(session, pair):
```

Отримую ціни торгової пари на обох біржах:

```
    binance_price = await get_binance_price(session, pair)  
    bybit_price = await get_bybit_price(session, pair)  
    if binance_price is not None and bybit_price is not None:
```

Обчислюю відсоткову різницю між цінами:

```
percentage_diff = (abs(binance_price - bybit_price) / ((binance_price + bybit_price) / 2)) * 100
```

Повертаю назву торгової пари та відсоткову різницю:

```
return pair, percentage_diff
else:
return None
```

Основна асинхронна функція, яка виконує всю програму:

```
async def main():
```

Створюю асинхронний сеанс для взаємодії з API:

```
async with aiohttp.ClientSession() as session:
```

Отримую список торгових пар з обох бірж:

```
binance_pairs = await get_binance_pairs()
bybit_pairs = await get_bybit_pairs()
if binance_pairs and bybit_pairs:
```

Знаходжу спільні торгові пари:

```
common_pairs = set(binance_pairs).intersection(bybit_pairs)
print("Процентне відношення цін на спільні монети:")
price_diff = []
tasks = [fetch_prices(session, pair) for pair in common_pairs]
results = await asyncio.gather(*tasks)
```

Сортую результати за відсотковою різницею у спадному порядку:

```
sorted_diff = sorted(filter(None, results), key=lambda x: x[1],
reverse=True)
```

Виводжу інформацію про торгові пари з найбільшою відсотковою різницею цін:

```
for pair, diff in sorted_diff:
print(f"Монета: {pair}, Процентне відношення: {diff:.2f}%")
else:
print("Не вдалося отримати дані з обох бірж")
```

Викликаю основну асинхронну функцію для виконання програми:

```
if __name__ == "__main__":
    asyncio.run(main())
```

Розглянемо приклад однієї з пар, яку видав код.

```
CRTS/USDT: 0.00059024 USDT (Gate.io), 0.00052 USDT (Mexc)
Відсоток: 12.65%
```

Нижче наведено скріншоти (рис. 4.1 та 4.2) безпосередньо з бірж, які розглядаємо. Як бачимо, ціна різна, тож ми можемо купити на одній біржі на

Х грошей, а продати вже за 1.1265X, далі повторити цю дію, поки ціни не зрівняються між собою.

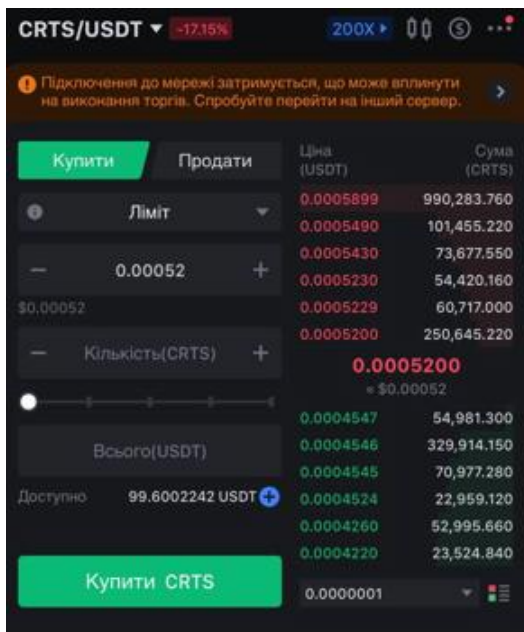


Рисунок 4.1 - Скріншот біржі Mex

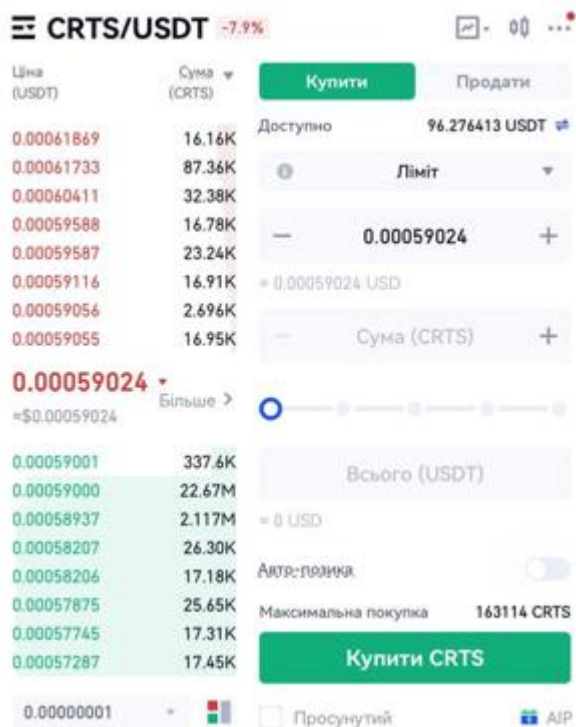


Рисунок 4.2 - Скріншот біржі Gate.io

Розроблений код моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах узагальнено в додатку Б.

Таким чином, розроблений програмний код для арбітражу криптовалют за технологією Data Science на основі мови програмування Python, призначення якого полягає в аналізі цін кожної торгової пари на криптовалютних біржах та вирахуванні спреду між ними. Опрацювання та оптимізація розробленого коду здійснюється в процесі його апробації в реальних умовах часу на біржах Mexc та Gate.io. Внаслідок виконання окремого рядку коду можна отримати актуальну ціну монет на основі даних бірж, які внесено в код. Після перевірки щодо отримання ціни, співпадіння тікерів монет, вирахування різниці між однаковими монетами у відсотковому співвідношенні виконується обмеження, щоб мінімальне відхилення у відсотках було не менше 2% для того, щоб очікуваний дохід перекивав арбітражну комісію. Розроблений код дозволяє знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями для прийняття рішення щодо купівлі криптовалюти на біржі, а також спрогнозувати в короткочасній перспективі (протягом 10-15 хвилин) динаміку зміни ціни для миттєвого продажу криптовалюти за максимально вигідною ціною.

4.2 Впровадження розробленого аналітичного алгоритму в досліджуване підприємство

В попередніх розділах наголошувалось, що досліджуване підприємство є дочірнім підприємством американської компанії, надає фінансові послуги клієнтам – суб'єктам підприємництва США. Відзначу, що закордонний досвід інвестування коштів на фінансових біржах набагато ширший, ніж в Україні, і ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» намагається бути в русі актуальних подій, в тому числі із застосуванням цифрових грошей. Перші спроби використання криптовалютних активів пов'язані з відкриттям електронного гаманця та розрахунків з криптовалютними активами, проте фахівці ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» розуміють зацікавленість своїх американських клієнтів у розширенні фінансових послуг, тому запропонований аналітичний

код для аналізу валютних пар на фінансових біржах відкриває перед підприємством достатньо можливостей і потенційних економічних вигід завдяки глибокому аналізу пропонованих криптовалютних торгових пар на різних торгових платформах та визначенню їх потенціалу для арбітражу та подальшого вигідного інвестування цифрових активів.

Тестування коду розробленої аналітичної моделі було здійснено в процесі його активного використання на реальних і діючих криптовалютних біржах. Завдяки покроковому виконанню завдання коду в мові програмування Python на кожному етапі було здійснено оптимізацію коду для впровадження в бізнес - середовище в умовах реального часу. Кожна угода купівлі - продажу на криптовалютній біржі за допомогою розробленого коду є об'єктом для детального моніторингу та аналізу результатів торгової операції.

Окреслений алгоритм арбітражу валютних пар на фінансових біржах за допомогою програмного коду дає можливість виокремити різницю цієї стратегії інвестування криптовалюти порівняно з технічним і фундаментальним аналізом. Зокрема, технічний аналіз передбачає аналіз графіків цін на валютні пари та аналіз інших технічних показників для прийняття рішень щодо капіталізації криптовалюти на фінансових біржах. Але для ефективного арбітражу доцільним є не аналіз цінової динаміки, а аналіз різниці між цінами купівлі та продажу криптовалютних монет на одній або різних біржах та вирахуванні рівня спреда, що не забезпечує використання технічного аналізу валютних пар. Фундаментальний аналіз валютних пар передбачає оцінку факторів, що чинять вплив на оцінку криптовалюти, тоді як різниця між цінами на торгові пари залишається поза увагою.

Аналіз валютних пар для потреб арбітражу на фінансових біржах за пропонованою стратегією в розробленому кодї має декілька переваг порівняно з інструментарієм технічного та фундаментального аналізу. Запуск кода показує всі можливі в даний момент відкриті арбітражні вікна для

прийняття рішень щодо купівлі – продажу криптовалютних монет. Однією з важливих переваг є швидкість обробки даних щодо пропонованих цін на криптовалютних біржах, що забезпечує миттєву реакцію на зміни в актуальних умовах біржової торгівлі. Наприклад, якщо придбати криптовалютну монету на одній біржі за певною ціною і переводити її на іншу біржу для можливого продажу за привабливою ціною, то за цей час (перевод монет з біржі на біржу займає приблизно 7-10 хвилин) актуальне арбітражне вікно може закритись. Це означає, що очікувана ціна продажу на придбану монету знизиться або ціни на обох біржах вирівнюються і арбітраж стане не достатньо ефективним. Запуск розробленого коду в цій ситуації забезпечує пошук нового арбітражного вікна і дозволить знайти на криптовалютних біржах іншу торгову пару з оптимальним спредом.

Використання розробленого коду в процесі арбітражу криптовалютних монет на фінансових біржах дозволяє збільшити обсяг вигідних фінансових операцій та підвищити потенційний прибуток підприємства. Аналіз даних значної кількості торгів на криптовалютних біржах дозволяє розширити коло потенційних угод купівлі – продажу валютних пар, а швидка реакція в процесі прийняття рішень щодо інвестування криптовалюти на фінансових біржах завдяки використанню коду забезпечує реалізацію вигідних умов арбітражу для підвищення ефективності бізнесу.

Проте слід відзначити, що поряд з потенційними вигодами існують певні ризики в процесі арбітражу валютних пар, які потрібно враховувати в процесі прийняття рішень щодо капіталізації криптовалюти на фінансових біржах. В попередніх розділах було наголошено на ринкових, технологічних ризиках, ризиках зв'язку, тому підприємство має врахувати всі можливі ризики арбітражу при розробці своєї стратегії фінансової діяльності та прийняття рішень щодо капіталізації криптовалюти на фінансових біржах. В разі неефективних торгів є ризик втрати капіталу підприємства. Навіть за умов використання пропонованого коду можуть виникнути непередбачувані обставини, пов'язані з людськими помилками. Зокрема, відповідальна за

арбітраж особа може здійснити помилку при переведенні коштів з біржі на біржу, наприклад, вказати помилкову мережу переводу або помилитись навіть з одною цифрою в адресі електронного гаманця, що призведе до безповоротної втрати криптовалютних коштів, адже криптовалютні електронні гаманці є безособовими, лише з наявним номером, що унеможлиблює ідентифікацію власника цифрових активів. Також підприємство має врахувати, що в процесі арбітражу наявними є обмеження на капітал та часові обмеження, що може так чи інакше вплинути на ефективність інвестування криптовалютних активів та прибутковість фінансової діяльності підприємства.

Арбітраж вимагає постійного моніторингу криптовалютних бірж та аналізу потенційних можливостей отримання доходу, звичайно, це вимагає суттєвої витрати часу. Для постійного отримання прибутку від інвестування криптовалюти на фінансових біржах функцію арбітражу не можна виконувати «час від часу», цей обов'язок працівник підприємства не може виконувати за сумісництвом, тому доцільним є призначення відповідальної особи за арбітраж валютних пар на фінансових парах, яка буде володіти знаннями в галузі криптовалютного обігу та ІТ-навичками користування кодом в контексті його запуску та інтерпретації з подальшим прийняттям вчасних та обґрунтованих рішень щодо укладання угод купівлі – продажу криптовалютних активів.

Впровадження запропонованої стратегії фінансової діяльності в контексті арбітражу валютних пар на фінансових біржах за допомогою розробленого коду має враховувати порівняння ризиків, обмежень з потенційними вигодами порівняно з іншими стратегіями інвестування активів. Застосування розробленої аналітичної моделі завдяки запропонованому коду суттєво зменшує ризики криптовалютного трейдингу в порівнянні з використанням технічного або фундаментального аналізу валютних пар, проте очікувана економічна вигода від інвестування активів обмежується використанням в стратегії лише різниці в цінах на

криптовалютні активи, тоді як інші стратегії інвестування активів можуть залучати інші напрями біржової торгівлі.

Вищезазначені переваги та ризики використання пропонованої стратегії арбітражу валютних пар на фінансових біржах за допомогою програмного коду мають бути ретельно проаналізовані в контексті доцільності такого напрямку фінансової діяльності, наявності ресурсів та можливостей, що забезпечить прийняття оптимального управлінського рішення щодо досягнення фінансових цілей підприємства. Аналіз доцільності впровадження стратегії арбітражу валютних пар передбачає дослідження результатів біржової торгівлі криптовалютами активами на різних ринках та в різні проміжки часу, що дозволить оцінити прибутки, збитки та інші фінансові показники цього напрямку фінансової діяльності. Розрахунок можливих втрат внаслідок ризиків біржової торгівлі та врахування обмежень капіталізації активів на фінансових біржах дозволить оцінити ефективність стратегії арбітражу криптовалюти. На основі порівняння переваг і ризиків можливим є оптимізація стратегії арбітражу, наприклад, вилучати з обігу на фінансових біржах нерелевантні види криптовалюти, не застосовувати мережі переводу, що потребують значний час на операцію тощо.

Відзначу, що оптимізація стратегії арбітражу є ефективною за умов тестування в умовах реального часу та актуальних умов бізнес-середовища, тому впровадження пропонованої моделі аналізу валютних пар має бути поступовим та обгрунтованим. Особливості алгоритму обгрунтованого впровадження пропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства узагальнено на рис. 4.3.

Слід зазначити, що розроблена в кваліфікаційному дослідженні модель аналізу валютних пар на фінансових біржах запропонована для ознайомлення та тестування в досліджуваному ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ». Після ознайомлення очільницею фінансово-аналітичного відділу з результатами кваліфікаційного дослідження пропозиція щодо впровадження пропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства

була взята до уваги. Наразі розрахунками криптовалютними коштами в ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» займається очільниця фінансово-аналітичного відділу, проте розширення клієнтури для надання фінансових послуг потребує удосконалення інструментарію діяльності, зокрема, в сфері інвестування грошових активів клієнтів на фінансових біржах.

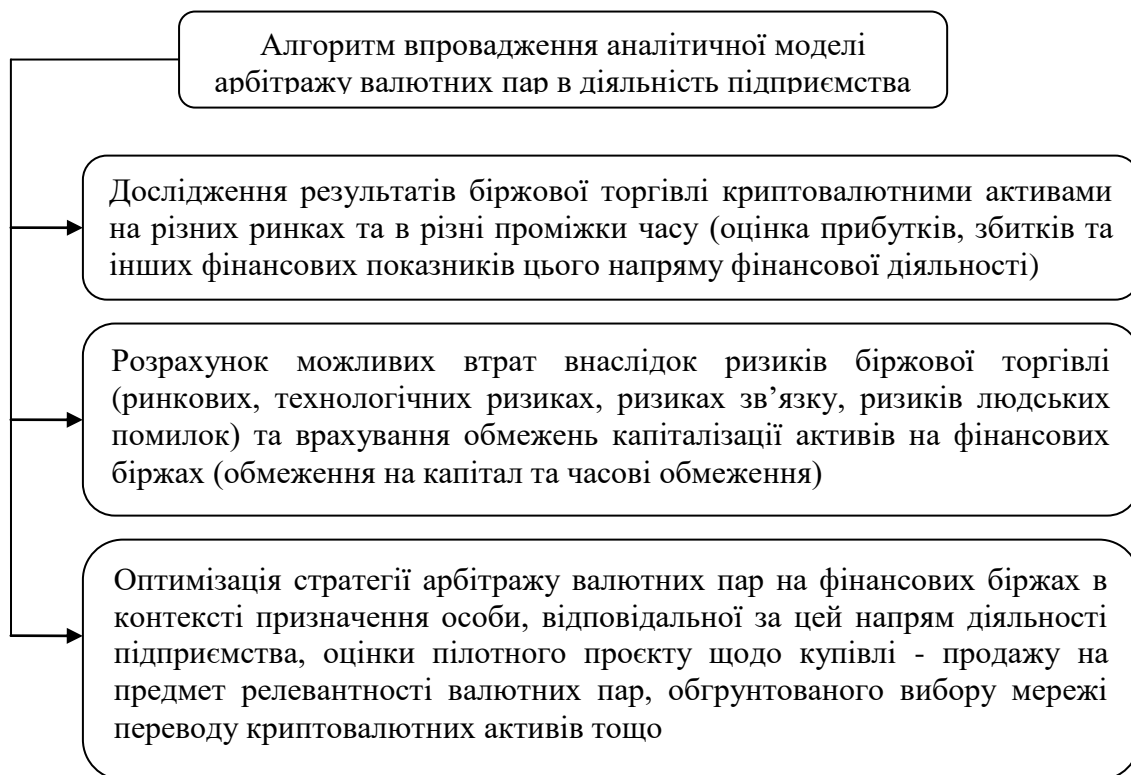


Рисунок 4.3 - Алгоритм обґрунтованого впровадження пропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства

Тестування та оптимізація розробленої аналітичної моделі можливе завдяки використанню власних криптовалютних активів досліджуваного підприємства, проте в перспективі такий напрям послуг доцільний для залучення більшої кількості клієнтів. Отже, напрямками впровадження моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» можна визначити:

- арбітраж власних криптовалютних активів підприємства для підвищення прибутку фінансової діяльності;

- розширення переліку фінансових послуг для американських клієнтів в контексті управління їх криптовалюотними активами на фінансових біржах.

Обидва напрями впровадження моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах забезпечать підвищення рівня прибутку досліджуваного ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ», зміцнять його фінансовий потенціал, ділову активність та репутацію в бізнес-середовищі. Відзначу, що розроблений код можна пристосувати до інших фінансових інструментів завдяки залученню додаткових бібліотек.

Таким чином, використання розробленого коду в процесі арбітражу криптовалюотних монет на фінансових біржах дозволяє збільшити обсяг вигідних фінансових операцій та підвищити потенційний прибуток підприємства. Алгоритм обґрунтованого впровадження запропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства включає дослідження результатів біржової торгівлі криптовалюотними активами, розрахунок можливих втрат внаслідок ризиків та врахування обмежень капіталізації активів на фінансових біржах та оптимізацію стратегії арбітражу валютних пар. Тестування та оптимізація розробленої аналітичної моделі можливе завдяки використанню власних криптовалюотних активів досліджуваного підприємства, проте в перспективі такий напрям послуг доцільний для залучення більшої кількості клієнтів. Запропонована модель аналізу валютних пар на фінансових біржах завдяки ефективності і результативності дозволить досліджуваному підприємству здійснювати обґрунтовану торгівельну діяльність на фінансових біржах та досягнути максимальних показників прибутковості фінансової діяльності.

4.3 Перспективи використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту

Арбітраж валютних пар на фінансових біржах на основі високотехнологічних рішень може стати повністю автоматизованим. Вважаю перспективним напрямом повної автоматизації використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту у вигляді арбітражного боту, який може самостійно приймати рішення щодо вигідного інвестування криптовалюти на основі результату аналізу валютних пар на прогнозування ціни на фінансових біржах. Коли бот отримує результати аналізу щодо можливості арбітражу, код автоматично виконує операції щодо укладання угод купівлі – продажу торгових пар без необхідності очікування підтвердження, що унеможлиблює затримки в прийнятті рішень та втрати можливості укладання вигідної угоди. Завдяки прогнозуванню ціни засобами штучного інтелекту укладається угода на купівлю валютної пари, за якою прогнозується підвищення ціни, а також продаж валютної пари, за якою прогнозується зниження ціни.

Користувач арбітражного коду може навіть не розуміти, коли бот укладає вигідні угоди та збільшує прибуток від інвестування криптовалюти на фінансовій біржі. Відзначу, що впровадження цього арбітражного боту в діяльність вимагає обґрунтованої та повної оптимізації коду, оскільки помилка в одній строчці може мати дуже негативні наслідки для користувача, зокрема, одне невірне рішення може призвести до втрати всіх криптовалютних активів, адже бот буде самостійно (без контролю користувача) виконувати закодований алгоритм дій. Слід наголосити, що впровадження арбітражного боту має бути реалізовано з врахуванням вимог правового та регуляторного характеру із забезпеченням можливості валідації та моніторингу роботи арбітражного бота.

Для арбітражного боту доцільним є використання високотехнологічних рішень, які забезпечуватимуть полегшення торгової діяльності, повну

автоматизацію біржової торгівлі на принципах швидкості, точності та ефективності виконання угод купівлі – продажу криптовалюти. Використання спеціалізованих високотехнологічних рішень в галузі арбітражу дозволить сформувати активну ділову позицію та репутацію на біржовому ринку та підвищити ефективність діяльності на біржі. Автоматизоване програмне забезпечення є спеціалізованим технологічним рішенням для реалізації коду арбітражу без необхідності залучення людини, що підвищує швидкість реакції на ринкові зміни та укладання угод купівлі – продажу в актуальних ринкових умовах за визначеним алгоритмом.

API (Application Programming Interface) фінансових бірж дозволяє отримувати доступ до торговельних майданчиків, отримувати дані з конкретної фінансової біржі, стан біржової торгівлі тощо. Використання API забезпечує швидкий доступ як до біржі, так і до особистого акаунту користувача на біржі, щоб бот від імені користувача міг пропонувати криптовалютні пари на продаж, укладати угоди купівлі – продажу, переводити активи з біржі на біржу, фіксувати прибуток. Без API весь цей функціонал не можливий. Використання штучного інтелекту в роботі арбітражного коду дозволить не лише аналізувати торгові пари на біржі для вигідного арбітражу, але й прогнозувати ціну різних криптовалютних активів за допомогою технічного та фундаментального аналізу.

Для розробки коду арбітражного боту потрібні:

- бібліотеки для коректної роботи боту, використання необхідного інструментарію, реалізації функціоналу для роботи з фінансовими даними, укладання угод купівлі – продажу валютних пар. Слід наголосити, що робота боту передбачає виконання коду арбітражу, тому код боту буде використовувати як бібліотеки коду арбітражу, зокрема, `asyncio`, `aiohttp`, `requests`, `saxt`, так і інші бібліотеки для реалізації функціоналу, зокрема, `pandas` для аналізу даних, бібліотеки для реалізації алгоритмів машинного навчання тощо;

- база статистичних даних про біржову торгівлю, яка потрібна для оцінки ефективності торгових стратегій та алгоритмів в певному (історичному) періоді часу, а також отримання даних про поточні ціни на біржовій торгівлі;

- код арбітражу валютних пар, за яким буде здійснюватись аналіз валютних пар та прийматись рішення щодо укладання угоди купівлі – продажу на фінансовій біржі. Реалізація коду має враховувати ризики арбітражу.

Розробка арбітражного боту включає в себе розробку функціоналу боту, розробку програмного коду боту та інтеграція коду арбітражу валютних пар, тестування та оптимізація боту. Функціонал арбітражного боту передбачає отримання цін з різних фінансових бірж, їх аналіз та визначення оптимального спреду, укладання вигідних угод купівлі – продажу, визначення нерелевантних видів криптовалюти, прогнозування цін на криптовалютні пари, інвестування активів тощо. Цей функціонал буде реалізовуватись завдяки програмному коду арбітражного боту для виявлення та виконання торговельних можливостей, який буде інтегровано з програмним кодом аналізу валютних пар на фінансових біржах. Тестування та оптимізація арбітражного боту може зайняти певний час, оскільки мають бути враховані всі потенційні помилки та конфлікти для коректної роботи.

Важливою складовою є моніторинг роботи арбітражного бота, що включає в себе відстеження вхідних та вихідних даних та налагодження системи сповіщень про помилки та конфлікти. Розробка системи для постійного моніторингу вхідних даних щодо ціни на криптовалютні пари на різних біржах, обсяги торгових операцій тощо дає можливість реалізувати систему відстеження вихідних даних щодо укладених угод купівлі – продажу валютних пар, суму отриманих прибутків чи збитків, звіти про біржову торгівлю тощо. В разі виникнення неочікуваних ситуацій на торговому ринку або значних подій на біржах, що можуть чинити суттєвий вплив на прийняття рішень щодо арбітражу, доцільним є налагодження параметрів для

автоматичного відслідковування таких змін на ринку та реалізація системи сповіщень користувача.

Моніторинг роботи арбітражного бота дозволить сформувати необхідну звітність та здійснити комплексний аналіз роботи. Для звіту про роботу бота доцільним є збір даних щодо історії торгів на біржах, кількості здійснених операцій купівлі – продажу валютних пар, часові параметри торгівельної діяльності, розмір прибутку або збитку від інвестування криптовалюти тощо. Ці дані використовуються для технічного аналізу, зокрема, виявлення патернів, трендів для потреб прогнозування результатів арбітражу валютних пар. Система дозволяє автоматично генерувати детальні звіти про продуктивність боту у вигляді статистики, графіків, діаграм тощо. Користувач арбітражного бота може налагодити параметри генерації звітів та здійснити фільтрацію даних даних для зрозумілості та зручності представлених звітів. Аналіз ефективності роботи арбітражного бота необхідний для оцінки ефективності коду арбітражу, порівняння з іншими стратегіями біржової торгівлі, оцінки ризиків купівлі – продажу валютних пар тощо. Для комплексної оцінки роботи арбітражного бота доцільним є аналіз звітів з зовнішніх джерел та зведена аналітика, адже додаткова інформація дозволить арбітражному боту підвищити рівень аналітики даних та прийняти більш обгрунтовані рішення щодо укладення угод купівлі – продажу валютних пар для підвищення ефективності його діяльності.

Відзначу, що робота арбітражного бота включає самостійне прийняття рішень щодо біржової торгівлі на основі штучного інтелекту, проте моніторинг роботи та генерація звітів є важливими для ефективного управління арбітражним ботом. Аналіз оцінки роботи бота дозволить удосконалити стратегію арбітражу на фінансових біржах та внести корективи в роботу бота. Алгоритм розробки та впровадження арбітражного бота для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах узагальнено на рис. 4.3.

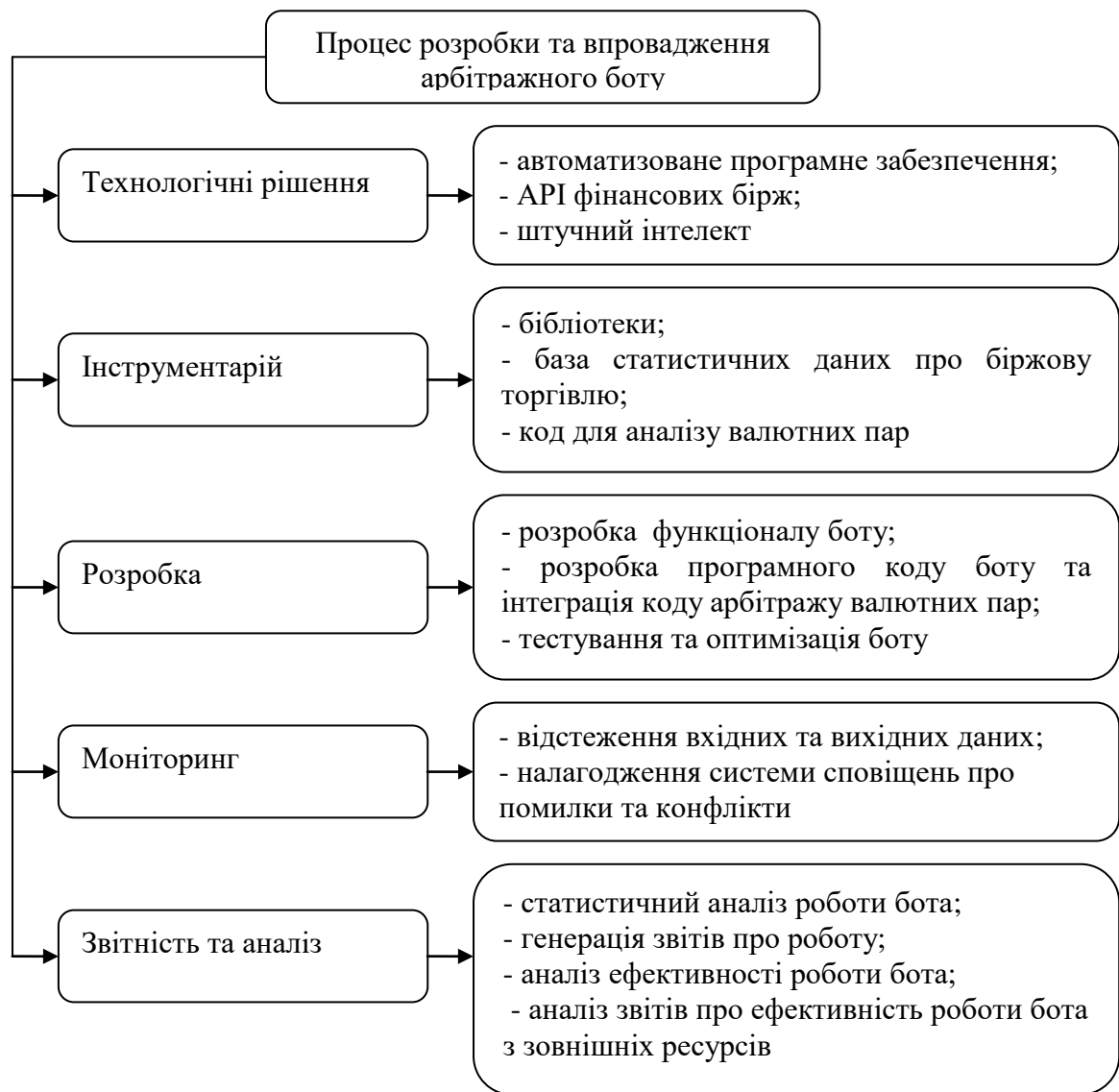


Рисунок 4.3 – Алгоритм розробки та впровадження арбітражного боту для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах

Повна автоматизація арбітражу валютних пар на фінансових біржах засобами штучного інтелекту має певні переваги та ризики порівняно з ручним арбітражем. Зокрема, швидкість виявлення можливого вигідного арбітражного вікна та укладання угод купівлі – продажу набагато більше, ніж швидкість дій людини, отже реакція бота на цінові різниці на торгові пари на біржі є миттєвою і ефективнішою. Арбітражний бот позбавлений емоційних

коливань людини, оскільки страх людини втратити криптовалютні активи, помилки людини в прийнятті правильних рішень із-за втоми та інші особисті емоційні чинники впливають на прийняття ефективних рішень щодо вигідного арбітражу в ручному варіанті, тоді як бот працює виключно на підставі розробленого коду. Арбітражний бот може самостійно аналізувати дані та приймати рішення щодо вигідного інвестування на фінансових біржах безперервно, тоді як людині потрібен час на відпочинок, сон, задоволення інших фізіологічних та особистих потреб, тому робота арбітражного боту виводить на максимально можливий рівень ділову позицію користувача бота на різних біржах та різних географічних регіонах. Повна автоматизація арбітражу дозволяє поєднувати завдання в цілісний комплекс, використовуючи різні алгоритми, різні підходи до арбітражу, виконувати послідовність етапів біржової торгівлі та враховувати комплекс умов для виконання.

Поряд з перевагами повної автоматизації процесу арбітражу валютних пар потрібно врахувати ризики роботи арбітражного боту, зокрема можливість збоїв програмного забезпечення, недоступність API бірж, конфлікти в коді тощо. Окрім технічних ризиків можливими є втрати валютних активів, нестабільність ринку, що робить стратегію арбітражу неефективною. Зміна регулятивної політики щодо роботи як фінансових бірж, так і арбітражного боту також може вплинути на ефективність роботи арбітражного боту. Ідентифікація сукупності ризиків дозволить оцінити ймовірність їх виникнення та передбачити їх вплив на роботу арбітражного боту з відповідними наслідками для діяльності підприємства. Результати аналізу ризиків потрібно врахувати при розробці стратегії мінімізації ризиків в контексті удосконалення програмного забезпечення, диверсифікації (відокремлення та розгалуження) стратегій арбітражу, побудови альтернативних арбітражних стратегій тощо.

Важливим також є розробка механізму вчасного виявлення потенційних ризиків та завчасної реакції на попередження або усунення

негативного впливу. З огляду на повну автоматизацію роботи арбітражного боту без втручання людини доцільним є встановлення певних обмежень, наприклад, встановлення ліміту для інвестування валютних активів на фінансових біржах для зменшення потенційного збитку в умовах невизначеності та впливу ризиків, що дозволить сформуванню певної стратегії управління активами підприємства в частині їх капіталізації на фінансових біржах. Контроль та моніторинг ризиків роботи арбітражного боту, а також аналіз ефективності розроблених заходів щодо запобігання негативним наслідкам впливу ризиків дозволить забезпечити стабільність та надійність реалізації торгової стратегії на фінансових біржах.

Процес управління ризиками в роботі арбітражного боту для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах схематично наведено на рис. 4.4.

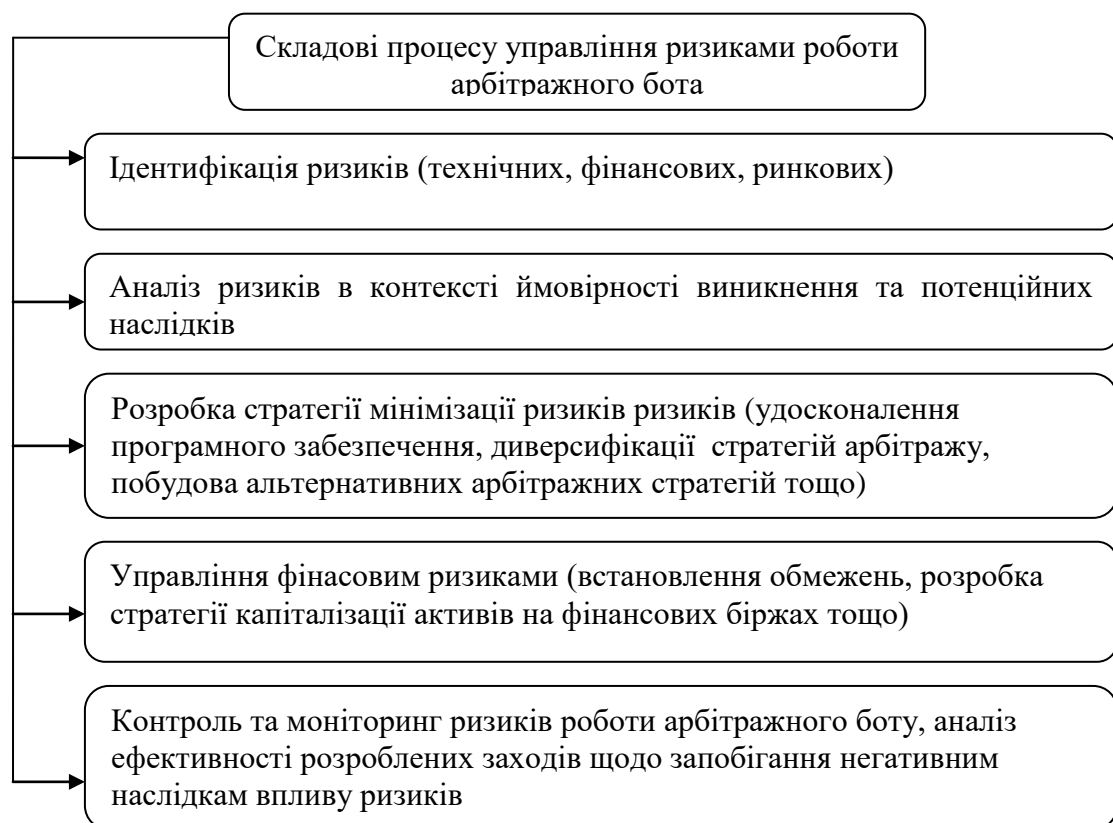


Рисунок 4.4 - Процес управління ризиками автоматизації процесу арбітражу на основі штучного інтелекту

Таким чином, вважаю перспективним напрямом повної автоматизації використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту у вигляді арбітражного боту, який може самостійно приймати рішення щодо вигідного інвестування криптовалюти на основі результату аналізу валютних пар на прогнозування ціни на фінансових біржах. В кваліфікаційній роботі наведено алгоритм розробки та впровадження арбітражного боту для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах, який включає вибір технологічних рішень та інструментарію, розробку програмного коду роботи боту із застосуванням розробленого програмного коду арбітражу валютних пар, моніторинг роботи арбітражного коду, формування звітності про роботу та аналіз ефективності роботи боту. Управління ризиками автоматизації процесу арбітражу на основі штучного інтелекту включає в себе процес ідентифікації, аналізу, контролю та мінімізації технічних, фінансових та ринкових ризиків, а також розробку стратегії попередження та усунення негативних наслідків ризиків роботи арбітражного боту.

Висновки до розділу 4

В кваліфікаційній роботі розроблено програмний код для арбітражу криптовалют за технологією Data Science на основі мови програмування Python, призначення якого полягає в аналізі цін кожної торгової пари на криптовалютних біржах та вирахуванні спреда між ними. Опрацювання та оптимізація розробленого коду здійснюється в процесі його апробації в реальних умовах часу на різних біржах. Внаслідок виконання окремого рядку коду можна отримати актуальну ціну монет на основі даних бірж, які внесено в код. Після перевірки щодо отримання ціни, співпадіння тикерів монет, вирахування різниці між однаковими монетами у відсотковому співвідношенні виконується обмеження, щоб мінімальне відхилення у відсотках було не менше 2% для того, щоб очікуваний дохід перекривав

арбітражну комісію. Розроблений код дозволяє знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями для прийняття рішення щодо купівлі криптовалюти на біржі, а також спрогнозувати в короткочасній перспективі (протягом 10-15 хвилин) динаміку зміни ціни для миттєвого продажу криптовалюти за максимально вигідною ціною.

Використання розробленого коду в процесі арбітражу криптовалютних монет на фінансових біржах дозволяє збільшити обсяг вигідних фінансових операцій та підвищити потенційний прибуток підприємства. Алгоритм обґрунтованого впровадження запропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства включає дослідження результатів біржової торгівлі криптовалютами активами, розрахунок можливих втрат внаслідок ризиків та врахування обмежень капіталізації активів на фінансових біржах та оптимізацію стратегії арбітражу валютних пар. Тестування та оптимізація розробленої аналітичної моделі можливе завдяки використанню власних криптовалютних активів досліджуваного підприємства, проте в перспективі такий напрям послуг доцільний для залучення більшої кількості клієнтів. Запропонована модель аналізу валютних пар на фінансових біржах завдяки ефективності і результативності дозволить досліджуваному підприємству здійснювати обґрунтовану торговельну діяльність на фінансових біржах та досягнути максимальних показників прибутковості фінансової діяльності.

Вважаю перспективним напрямом повної автоматизації використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту у вигляді арбітражного боту, який може самостійно приймати рішення щодо вигідного інвестування криптовалюти на основі результату аналізу валютних пар на прогнозування ціни на фінансових біржах. В кваліфікаційні роботі наведено алгоритм розробки та впровадження арбітражного боту для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах, який включає вибір технологічних рішень та інструментарію, розробку програмного коду роботи боту із застосуванням розробленого програмного

коду арбітражу валютних пар, моніторинг роботи арбітражного коду, формування звітності про роботу та аналіз ефективності роботи боту. Управління ризиками автоматизації процесу арбітражу на основі штучного інтелекту включає в себе процес ідентифікації, аналізу, контролю та мінімізації технічних, фінансових та ринкових ризиків, а також розробку стратегії попередження та усунення негативних наслідків ризиків роботи арбітражного боту.

ВИСНОВКИ

Розвиток цифрових технологій зумовив появу специфічного платіжного засобу – цифрових грошових активів, створених завдяки криптографічному шифруванню. Криптовалютні активи мають свої особливості та принципи використання, переваги і недоліки обігу. Попри певну неоднозначність у законодавчому регулюванні та можливості використання як платіжного засобу, інтерес підприємців до криптовалютних пар в контексті інвестування на фінансових біржах постійно зростає. Цей підвищений інтерес вимагає обґрунтованих рішень щодо доцільності та своєчасності продажу чи придбання тієї чи іншої валютної пари на фінансових ринках. Вважаю, що основою для прийняття рішень щодо інвестування криптовалюти має стати застосування математичних розрахунків та спеціалізованих методів.

Основним принципом технічного аналізу на ринку криптовалют є твердження, що ціна криптовалютної пари формується не випадково, її можна прогнозувати, якщо озирнутися назад. Технічний аналіз ціни на криптовалютній біржі проводиться для пошуку закономірностей зміни курсу валютних пар внаслідок зміни попиту. Виявлені закономірності дають можливість подальшого прогнозування для формування ефективної торгової стратегії. Методи фундаментального аналізу дозволяють оцінити, наскільки актив переоцінений або недооцінений. Зазвичай фундаментальні аналітики використовують бізнес-метрики для оцінки реальної цінності криптовалюти. До категорії обраних метрик потрібно віднести лише надійні, якими важко маніпулювати. Фундаментальний аналіз є складним та має здійснюватись разом з технічним аналізом, адже лише поєднання методів аналізу дає можливість отримати суттєвий обсяг релевантної інформації.

Для потреб аналізу валютних пар на криптовалютних біржах технологія Data Science є актуальною для прийняття рішень щодо подальших дій щодо інвестування активів на криптовалютних біржах, оскільки великий

масив даних дає вичерпну інформацію для аналітичних процедур. Фахівець з Data Science за допомогою різних інструментів має можливість здійснювати збір, аналіз, візуалізацію та інтерпретацію великих обсягів даних для виявлення закономірностей, які можуть бути використано для аналізу валютних пар на біржах. Штучний інтелект використовує значний масив даних за певний період часу для потреб аналізу тенденцій, а також виявлення чинників впливу на ціни валютних пар, зокрема політико - економічну ситуацію, інфляційні процеси, геополітичні особливості тощо. Штучний інтелект може набагато спростити аналітику великого масиву даних, він буде формувати код в умовах значної кількості різних викликів та проблем.

Для дослідження визначено актуальність формування програмного коду на основі використання великого масиву даних, що дозволить виявити тенденції змін цін валютних пар та чинники, що впливають на ці зміни. Актуальним також є використання систем штучного інтелекту для формування загальної структури коду для подальшого опрацювання та оптимізації.

Досліджуване ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» є материнським підприємством американської компанії з перспективним напрямком використання криптовалютних активів для потреб бізнесу в контексті взаємовідносин з американськими партнерами. Для обігу криптовалюти в ТОВ «ПРО ТЕКНОЛОДЖІ» використовується електронний гаманець. Для потреб управління в досліджуваному підприємстві створено систему внутрішнього інтелекту, яку потенційно можна використовувати для потреб аналізу криптовалютних активів на фінансових біржах.

В контексті функціонування криптовалютної біржі арбітраж є одним з напрямків торгівлі валютними парами, що забезпечує прибуток на основі різниці в ціні. Арбітраж є вигідною угодою не лише для підприємця, але й для самої біржі, оскільки арбітражери згладжують суттєві коливання курсів на валютні пари, залучають інвесторів на біржі та генерують біржову комісію. Процес арбітражу криптовалютних пар на біржах є складним, тому

актуальним є розробка певного алгоритму дій підприємця щодо відстеження оптимальних напрямків інвестування криптовалютних активів на фінансових біржах на основі математичної формалізації та відповідного програмного забезпечення.

Актуальна інформація щодо цін на криптовалютні пари на біржах є можливістю завдяки арбітражу отримати дохід від купівлі – продажу цифрової валюти. Розрахунок середньої ціни попиту і пропозиції на криптовалютні пари дає інформацію щодо появи арбітражного вікна та укладання вигідних угод на біржі. Для трейдерів передумовами укладання вигідних угод купівлі – продажу є точні математичні розрахунки, зроблені своєчасно в актуальний момент часу. Поєднання точності та швидкості розрахунків можливий завдяки використанню інформаційних технологій, здатних проаналізувати криптовалютні пари для оптимального арбітражу для потреб отримання доходу від купівлі-продажу криптовалюти на фінансових біржах.

Застосування інформаційних технологій допоможе поєднати методи технічного та фундаментального аналізу, що забезпечить синергетичний ефект при прийнятті оптимальних та обґрунтованих управлінських рішень щодо інвестування цифрових активів. Великий масив даних про динаміку цінових пропозиції на валютні пари, наявність пропозицій щодо купівлі – продажу криптовалюти тощо у вільному доступі дає можливість отримати точні та релевантні дані в процесі аналізу валютних пар. Математичний інструментарій та реалізація програмного коду аналізу валютних пар на фінансових біржах дозволить знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями на основі вирахування різниці між цінами для прийняття рішення. Технологія штучного інтелекту може бути використана для повної автоматизації аналітичної моделі арбітражу валютних пар на фінансових біржах.

Технології Data Science та Big Data відіграють ключове значення в процесі генерації ідей в процесі реалізації прийнятого інноваційного рішення

задля отримання вигоди. Ці концепції є взаємопов'язаними в контексті збору, очищення, аналізу та інтерпретації даних. Вважаю доцільним застосування технології Data Science для аналізу валютних пар на фінансових біржах. Наявність значної кількості фінансових бірж з великим рівнем капіталізації криптовалютних активів забезпечує процес формування великого масиву даних (Big Data) у відкритому доступі в Інтернет –джерелах. Цей масив даних дає суттєву інформацію для аналізу, результати якого можна використати при прийнятті рішень щодо інвестування криптовалютних активів на фінансовій біржі.

В процесі арбітражу валютних пар на фінансових біржах обробка релевантних даних дозволить виявити арбітражне вікно для укладання угод купівлі-продажу криптовалюти. Мова програмування Python є достатньо затребуваною серед фахівців в різних сферах, оскільки характеризується простотою та читабельністю, високим рівнем продуктивності, послідовною інтерпретованістю команд для виконання, наявністю потужної стандартної бібліотеки, безкоштовністю, потративністю та відкритим вихідним кодом. Легкість застосування мови програмування Python дозволяє розробити короткий код для виконання декількох завдань без необхідності суттєвого залучення зовнішніх інформаційних ресурсів.

Бібліотека ccxt (Cryptocurrency eXchange Trading Library) є потужним інструментарієм для аналізу валютних пар на фінансових біржах та оптимізації арбітражу криптовалюти. Серед переваг бібліотеки ccxt можна виділити безкоштовність, відкритість, популярність, зручність, взаємодія з різноманітними біржами. Бібліотека Cryptocurrency eXchange Trading пропонує різний набір даних для аналізу валютних пар на фінансових біржах в контексті пошуку оптимального арбітражу. Завдяки використанню цієї бібліотеки з'являється можливість тестувати різноманітні стратегії фінансового трейдерства на основі аналізу даних про капіталізацію криптовалюти на фінансових біржах.

Інтегроване середовище розробки PyCharm забезпечує повною мірою підтримку мови програмування Python і дає можливість зручно працювати над розробкою коду аналітичної моделі. Окрім виконання функцій текстового редактора, PyCharm є справжнім інтелектуальним помічником програмування, забезпечуючи якість, надійність та продуктивність коду завдяки наявності зручних засобів для керування проектами, налагодження та оптимізації коду, рефакторингу, інтеграції з системами контролю версій та іншим віртуальним оточенням тощо. Реалізація зазначених функцій PyCharm спрощує процес програмування аналітичних моделей, допомагає створити чистіший і ефективніший код, що підвищує продуктивність розробника коду та реалізації проєкту.

В кваліфікаційній роботі розроблено програмний код для арбітражу криптовалют за технологією Data Science на основі мови програмування Python, призначення якого полягає в аналізі цін кожної торгової пари на криптовалютних біржах та вирахуванні спреда між ними. Опрацювання та оптимізація розробленого коду здійснюється в процесі його апробації в реальних умовах часу на різних біржах. Внаслідок виконання окремого рядку коду можна отримати актуальну ціну монет на основі даних бірж, які внесено в код. Після перевірки щодо отримання ціни, співпадіння тикерів монет, вирахування різниці між однаковими монетами у відсотковому співвідношенні виконується обмеження, щоб мінімальне відхилення у відсотках було не менше 2% для того, щоб очікуваний дохід перекривав арбітражну комісію. Розроблений код дозволяє знайти торгові пари з найбільш привабливими ціновими пропозиціями для прийняття рішення щодо купівлі криптовалюти на біржі, а також спрогнозувати в короткочасній перспективі (протягом 10-15 хвилин) динаміку зміни ціни для миттєвого продажу криптовалюти за максимально вигідною ціною.

Використання розробленого коду в процесі арбітражу криптовалютних монет на фінансових біржах дозволяє збільшити обсяг вигідних фінансових операцій та підвищити потенційний прибуток підприємства. Алгоритм

обґрунтованого впровадження пропонованої моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах в діяльність підприємства включає дослідження результатів біржової торгівлі криптовалютами активами, розрахунок можливих втрат внаслідок ризиків та врахування обмежень капіталізації активів на фінансових біржах та оптимізацію стратегії арбітражу валютних пар. Тестування та оптимізація розробленої аналітичної моделі можливе завдяки використанню власних криптовалютних активів досліджуваного підприємства, проте в перспективі такий напрям послуг доцільний для залучення більшої кількості клієнтів. Запропонована модель аналізу валютних пар на фінансових біржах завдяки ефективності і результативності дозволить досліджуваному підприємству здійснювати обґрунтовану торговельну діяльність на фінансових біржах та досягнути максимальних показників прибутковості фінансової діяльності.

Вважаю перспективним напрямом повної автоматизації використання розробленої аналітичної моделі засобами штучного інтелекту у вигляді арбітражного боту, який може самостійно приймати рішення щодо вигідного інвестування криптовалюти на основі результату аналізу валютних пар на прогнозування ціни на фінансових біржах. В кваліфікаційні роботі наведено алгоритм розробки та впровадження арбітражного боту для аналізу валютних пар та укладання вигідних угод купівлі – продажу на фінансових біржах, який включає вибір технологічних рішень та інструментарію, розробку програмного коду роботи боту із застосуванням розробленого програмного коду арбітражу валютних пар, моніторинг роботи арбітражного коду, формування звітності про роботу та аналіз ефективності роботи боту. Управління ризиками автоматизації процесу арбітражу на основі штучного інтелекту включає в себе процес ідентифікації, аналізу, контролю та мінімізації технічних, фінансових та ринкових ризиків, а також розробку стратегії попередження та усунення негативних наслідків ризиків роботи арбітражного боту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Akyildirim E., Goncu A., and Sensoy A. "Prediction of cryptocurrency returns using machine learning," *Annals of Operations Research*. 2021. no. 297. Pp. 3-36. URL: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03575-y>.
2. Carmichael I. and Marron J.S. Data science vs. statistics: two cultures? *Japanese Journal of Statistics and Data Science*. 2018. Vol. 1, Issue 1. Pp. 117–138. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42081-018-0009-3>
3. Chernetska Olga, Chernetskyi Dmytro. Enterprise management system analytical tools. *Economics, Entrepreneurship, Management*. 2023. Vol. 10, No. 2. Pp. 8-16. URL: <https://eem.com.ua/uk/journals/tom-10-2-2023/analitichny-instrumentariy-sistemi-upravlinnya-na-pidpriyemstvi>
4. Chernetskyi Dmytro. Tools for analysis of cryptocurrency pairs on financial exchanges. Scientific, methodical and practical aspects of accounting, financial, information, language and communicational support for sustainable development of agrarian sector: a collective monograph. / edited by H. Pavlova and L. Vasilieva. Dnipro: Publishing and printing center«Kvitka», 2024. Pp. 468-476.
5. Ganapathy A., Redwanuzzaman M., Rahaman M.M., Khan W. Artificial intelligence driven crypto currencies. *Global Disclosure of Economics and Business*. 2020. № 9(2), Pp. 107-118. URL: <https://doi.org/10.18034/gdeb.v9i2.557>
6. Mandych O., Staverska T., Maliy O. Integration of artificial intelligence into the blockchain and cryptocurrency market. Modeling the development of the economic systems. 2023. №4. Pp.61–66. URL: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-10-8>
7. Patel N. P., et al., Fusion in Cryptocurrency Price Prediction: A Decade Survey on Recent Advancements, Architecture, and Potential Future Directions. *IEEE Access*. 2022. vol. 10. Pp. 34511-34538. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3163023>

8. Phaladisailoed T., Numnonda T. Machine learning models comparison for bitcoin price prediction,. Proc. 10th Int. Conf. Inf. Technol. Electr. Eng. (ICITEE), 2018. Jul. Pp. 506-511.
9. Weihs C. and Ickstadt K. Data Science: the impact of statistics. Intern. Journal of Data Science and Analytics. 2018. Vol. 6. Pp. 189–194. [URL: https://d-nb.info/1155699548/34](https://d-nb.info/1155699548/34)
- 10.Базурін В.М., Омелечко Є.А., Ковтун А.В. Порівняльний аналіз середовищ програмування мовою Python. Новітні комп'ютерні технології. 2018. Т. XVI. С.281-291. URL: https://lib.iitta.gov.ua/710628/1/281-292_BazurinOmelechkoKovtun.pdf
- 11.Балабанов О.С. Аналітика великих даних: принципи, напрямки і задачі (огляд). Проблеми програмування. 2019. №2. С. 47-68. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/161487/05-Balabanov.pdf;jsessionid=ED43141DCBF90313DB233E321999067C?sequence=1>
- 12.Бєбешко В. Аналіз методів та моделей прогнозування ринку цифрових криптовалют. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка». 2022. №2(18). С.163-174. URL: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.18.163174>
- 13.Білоус М. Ю. Аналіз сучасних середовищ розробки програмного забезпечення. Automation and development of electronic devices. 2020 Part 2. С.13-16. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/553b4358-4ce0-4cf6-908d-bf85e9460095/content>
- 14.Бондаренко Б., Качко О. Методи та алгоритми для прогнозування цін електронних валют. Інформаційні системи та технології. Секція 6. Програмна інженерія. 2018. URL: С.281-286. <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/0c3344fb-b57c-42f1-bb7b-5645832e0f5f/content>

15. Буртняк І.В., Фуфалько О.Ю. Застосування технічного аналізу на ринку криптовалют. Актуальні проблеми розвитку економіки регіону. 2023. Вип 19. Т.2 С.106- 113. URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/download/6948/7209/>
16. Вечерковська А. С., Поперешняк С. В. Огляд алгоритмів машинного навчання та їх застосування для прогнозування цін купівлі криптовалюти. Вісник ХНТУ. 2023. №4 (87). С.223-229. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.26>
17. Галан О., Скоромний В., Пустовіт Н. Застосування технологій Big Data у діяльності сучасних підприємств. Norwegian Journal of development of the International Science. 2022. № 95. С. 64-68. URL: https://nor-ijournal.com/wp-content/uploads/2023/09/NJD_95.pdf
18. Галещук С. Штучні нейронні мережі у прогнозуванні валютного ринку. Вісник КНТЕУ. 2016. № 3. С.101-114. URL: <http://visnik.knute.edu.ua/files/2016/03/9.pdf>
19. Гуріна Н. В. Економічна сутність криптовалюти як методологічна передумова відображення її в бухгалтерському обліку. Економічний вісник. Серія: Фінанси, облік, оподаткування. 2020. Вип. 5 С.42-51. URL: <https://ir.dpu.edu.ua/items/cbfaa12a-9cea-4e60-8207-befd43dba3a2>
20. Данильчук Н. В., Сніжко О. В. Високочастотний трейдинг: сутність, історія, визначення. Економіка та суспільство. 2022. Випуск № 39. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/1336/1291/>
21. Денисенко В. С. Аналіз торгових стратегій на криптовалютному ринку. Ефективна економіка. 2022. №5. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/5_2022/85.pdf
22. Дерун І. А., Склярчук І. П. Онтологічні аспекти сутності криптовалюти та її відображення в обліку. Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»: науковий

- журнал. Острог : Вид-во НаУОА. 2018. № 11(39), грудень. С. 163–170.
URL: <https://eprints.oa.edu.ua/id/eprint/7658/1/28.pdf>
- 23.Єрмоленко О.А., Лисьонкова Н.М., Шумбар А.С. Сутність криптовалют і перспективи їхнього розвитку в сучасних умовах. Інфраструктура ринку. 2019. Випуск 37. С.43-50. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2019/37_2019_ukr/9.pdf
- 24.Койбічук В.В., Ширяєв Д.О. Огляд методів аналізу фондового ринку. Приазовський економічний вісник. 2020. Випуск 1(18). С.251-258. URL: http://pev.kpu.zp.ua/journals/2020/1_18_ukr/46.pdf
- 25.Корнеєв В., Чеберяко О. Криптовалюти: ера і сфера фінансових інновацій. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. 2018. №1(196). С.40-46. URL: http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/04/196_40-46.pdf
- 26.Кравець Д.Д. Теоретичні та практичні аспекти ролі криптовалюти як елементу фінансових активів. Науковий вісник Одеського національного економічного університету. 2022. №1-2 (290-291). С.60-69. URL: <http://n-visnik.oneu.edu.ua/collections/2022/290-291/pdf/60-69.pdf>
- 27.Краус К. М., Росохацька М. О. Криптовалюта як вона є: “економічна бульбашка” чи “цифрове золото”? Європейський науковий журнал економічних та фінансових інновацій. 2022. № 1(9). С. 105-114. URL: <https://journal.eae.com.ua/index.php/journal/article/view/155/134>
- 28.Кривонос О., Мінгальова Ю., Кривонос М., Стельмашенко Я. Махенько Я. Методика вивчення розділу «парадигми та технології програмування». Академічні візії. 2023. № 23. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/573>
- 29.Кривошлик Т. Д., Димніч О. В. Страхування криптовалюти в умовах правової невизначеності. Економіка та суспільство. 2022. Випуск № 45. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-91>

- 30.Ладижець В. І., Теренчук С. А. Моделі та методи технічного аналізу фінансових ринків. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 48. С. 47 – 52. URL: dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.47-52.
<https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-48/8.pdf>
- 31.Левицький В.О., Радинський С.В., Радинська С.С. Нормативно-правове регулювання ринку криптовалют та діяльності криптобірж в Україні та світі. Інноваційна економіка. 2023. №3 [95]. С.38-43. URL: 10.37332/2309-1533.2023.3.4
- 32.Лесик А. І., Невмержицький Є. І. Алготрейдинг криптоактивів із використанням штучного інтелекту. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. 2019. Том 2 С.73-75.
<https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/345a6c04-cccc-4875-92a3-53e3fe1a56c1/content>
- 33.Лисак В. Формування систем підтримки прийняття управлінських рішень на основі ІТ-засобів. European journal of economics and management. 2020. № 6 (1). URL: https://eujem.cz/wp-content/uploads/2020/eujem_2020_6_1/08.pdf
- 34.Литвин В. В., Висоцька В. А., Кучковський В. В., Оливко Р. М. Архітектура інформаційної системи інтеграції та формування контенту про криптовалюту на основі аналізу діяльності бірж. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. 2018. № 901. С. 43-60. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/feb/15579/181912maket-43-60.pdf>
- 35.Литвиненко К.О Вплив криптовалют на світову фінансову систему. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. 2017. №11. С.41-44. URL: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2017/27-1-2017/11.pdf>
- 36.Марченко Н.А., Краснянська Ю.В. Реалії функціонування криптовалюти на світовому та вітчизняному ринках. Ефективна

- економіка. 2018. № 5. URL:
http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/5_2018/53.pdf
37. Миколюк О., Бобровник В. Особливості інформаційного забезпечення управління підприємством. Вісник Хмельницького національного університету. 2021. №3. С.48-52. URL:
<http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2022/03/2021-en-3-07.pdf>.
38. Мокін В. Б., Жуков С. О., Куперштейн Л. М., Слободянюк О. В. Інформаційна технологія прогнозування курсу криптовалют на основі комплексної інженерії ознак. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2022. № 2 С.81-93. URL:
<https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/35754/106871.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
39. Момот І.О., Момот Ю.Г., Козенков Д.Є. Сутність та особливості функціонування криптовалют. Економіка і суспільство. 2018. Випуск 15. С.713-719. URL:
https://economyandsociety.in.ua/journals/15_ukr/107.pdf
40. Науменко Н.С., Хірова В.Ю. Сучасні тренди електронної біржової торгівлі: перспективи та вектори розвитку автоматизації. Причорноморські економічні студії. 2019. Випуск 48-1. С.41-45. URL:
http://bses.in.ua/journals/2019/48_1_2019/9.pdf
41. Онищенко Ю. І. Капсамун С. Ю. Криптовалюта як фінансовий актив для інвестування банками. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. Випуск 25, частина 2. С.25-30. URL:
http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/25_2_2019ua/7.pdf
42. Павленко Я. Ю., Юрчак І. Ю. Інформаційний конвертер валют на базі месенджера. Telegram Computer systems and networks. 2022. Vol. 4. No. 1. Рр.106-121. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/dec/29481/zhurnal-ksm41verstka1-108-123.pdf>

43. Пилипченко О., Кузьмінський В., Чумаченко О. Використання методів технічного аналізу для прогнозування ринку криптовалют. Вчені записки Університету «КРОК». 2021. №4(64). С. 28–35. URL: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2021-64-28-35>
44. Притис В. І., Кримчак Л. А., Гавловська Н. І. Витік інформації як ключова проблема інформаційно-аналітичного забезпечення економічної безпеки підприємства в умовах цифровізації економіки. Бізнес Інформ. 2020. №10. С. 240–247. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-10-240-247>
45. Провост Фостер, Фоусетт Том. Data Science для бізнесу. Як збирати, аналізувати і використовувати дані / пер. з англ. Анастасія Дудченко. 2-ге вид. К. : Наш формат, 2020. 400 с.
46. Пуцентейло П., Гуменюк О. (2019). Інформаційне забезпечення аналітичної діяльності в управлінні підприємством. Інститут бухгалтерського обліку, контроль та аналіз в умовах глобалізації. Міжнародний науковий журнал. 2019. № 1-2. С. 74-82. URL: <http://ibo.wunu.edu.ua/index.php/ibo/article/view/404/403>
47. Радіонова І. Ф., Фаренюк Я. В. Аналіз на основі баз даних (Data Science) для управлінських рішень з урахуванням невизначеності макро та мікроекономічного рівнів. Економіка невизначеності: зміст, оцінювання, регулювання: колективна монографія / за ред. І.Ф. Радіонової. - К.: Університет "КРОК", 2021. С. 99-121. URL: <https://monograph.krok.edu.ua/books/catalog/book/19>.
48. Резнікова Т. О. Пестун А. П. Інноваційні міжнародні системи фінансових розрахунків – криптовалюти. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. Випуск 24, частина 3. С.67-72. URL: http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/24_3_2019ua/14.pdf
49. Самойленко Л. Б. Можливості та проблеми застосування технологій Big Data вітчизняними компаніями. Ефективна економіка. 2018. №1.

URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6066>

50. Сохацька О.М., Панасюк В.М., Роговська-Іщук І.В., Вінницький С.І. Фундаментальний та технічний аналізи міжнародних ринків. Тернопіль: ЗУНУ, 2022. 309 с. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/46103>
51. Тарасов В.А. Застосування технічного аналізу для дослідження ринку криптовалют. Вісник СумДУ. Серія «Економіка». 2022. № 4. С. 274-282. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/90708/1/Tarasov_cryptocurrency.pdf;jsessionid=2C43041ACA1FEF296538DE518EE497EA
52. Ходико Д.І. Роль мережевого ефекту у формуванні ринкової вартості криптовалют (на прикладі bitcoin). Інфраструктура ринку. Серія: Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. 2019. Випуск 30. С.622-628. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2019/30_2019_ukr/94.pdf
53. Чернецький Д. М. Економіко-математичне моделювання в системі управління на підприємстві. Забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки: проблеми, пріоритети, перспективи: матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 25-26 жовтня 2018р. : В 3 т. Том 2. Дніпро: Друкарня «Стандарт» (ПП Бойко В.В.). С. -28-29.
54. Чернецький Д. М. Нормативні документи, що регулюють порядок інформаційно-аналітичного забезпечення управління підприємством. Облік, аудит, оподаткування та звітність у системі забезпечення економічної стійкості підприємств: тези доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції 11-12 травня 2023 р. Дніпро: факультет обліку і фінансів, 2023. С. 216-219.
55. Чернецький Д. Технології штучного інтелекту для аналізу криптовалютних пар на фінансових біржах. Молодь, наука, бізнес: традиційні й нові аспекти досліджень: тези доповідей науково-

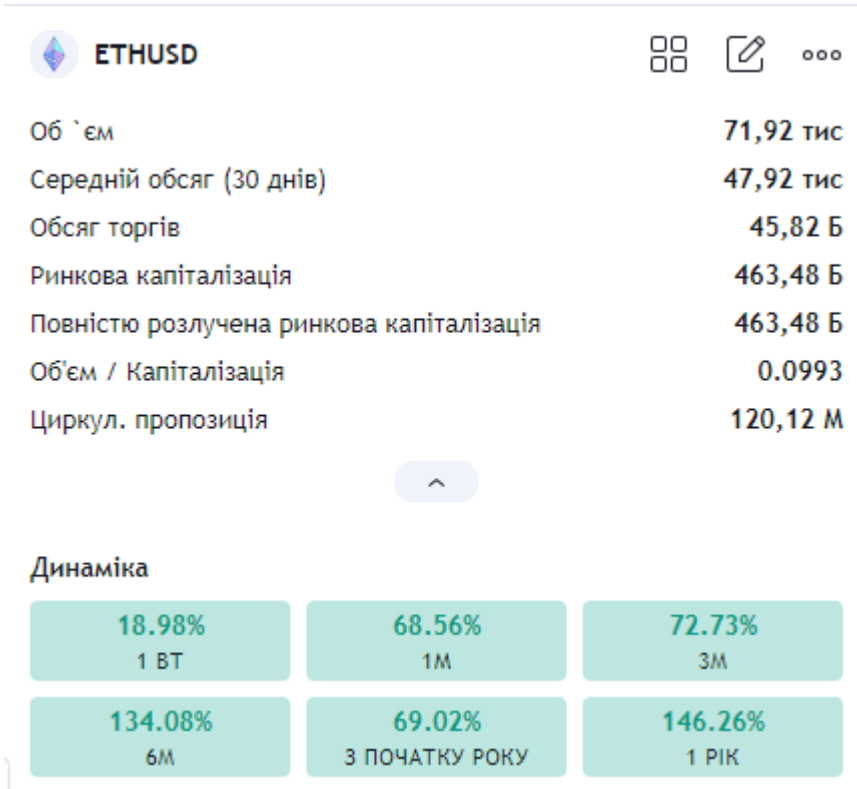
- практичної конференції 26.03-29.03.2024 р.: Дніпро: ДДАЕУ. Факультет обліку і фінансів, 2024. С. 82-83.
56. Чернецький Д.М. Місце IT-інструментарію в аналізі криптовалютних фінансових ринків. Актуальні проблеми соціально-економічних систем в умовах трансформаційної економіки: Збірник наукових статей за матеріалами ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції (11 – 12 квітня 2024 р.). – Дніпро: ПІБТ УДУНТ, 2024. С.222-224.
57. Чернецький Д.М. Організаційні аспекти формування інформаційного забезпечення системи економічної безпеки підприємства. Обліково-фінансове, інформаційне та мовно-комунікаційне забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки: проблеми, пріоритети, перспективи: матеріали І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 26-27 жовтня 2023 р. : Дніпро : ДДАЕУ, 2023. С.152-154.
58. Чубукова О.Ю., Пономаренко І.В., Доманович О.П. Використання Data Science для оцінювання ризиків. Інфраструктура ринку. 2020. Вип. 47. С. 129-132. URL: http://market-infr.od.ua/journals/2020/47_2020_ukr/26.pdf
59. Чуріканова О. Ю., Деміденко М. А. Моделі підтримки прийняття рішень під час торгівлі криптовалютою. Вісник Хмельницького національного університету. 2019. № 2. С.114-118. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/01/24-15.pdf>
60. Шірінян Л. В., Роганова Г. О., Шірінян А. С. Вплив факторів на формування вартості біткойна. Проблеми економіки. 2018. № 2 (36). С. 450-458. URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2018-2_0-pages-450_458.pdf
61. <https://academy.binance.com/uk/articles/a-guide-to-cryptocurrency-fundamental-analysis>
62. <https://bikotrading.pro/patternu-texnichnogo-analizu-dlya-kriptotrejdingu>
63. <https://coinunited.io/learn/uk/mastering-oscillator-trading-top-5-indicators-for-optimal-entry-and-exit-points-in-cryptocurrency>

64. <https://coinunited.io/learn/uk/understanding-and-utilizing-the-weighted-moving-average-wma-in-cryptocurrency-trading>
65. <https://hub.obozrevatel.com/ukr/analiz-tsini-kriptoalyuti-yak-navchitsiya-prognozuvati-kurs-bitkoinu.htm>
66. <https://minfin.com.ua/ua/currency/articles/chatgpt-ta-treyding-yak-vykorystovuvaty-shi-dlia-zarobitku-na-torhivli/>

Додаток А

Аналіз біржових індикаторів для формування торгової стратегії щодо криптовалюти

Індикатор Volume та Average True Range для Ethereum



Індикатор Ichimoku Cloud для Ethereum



Індикатор Relative Strength Index для Ethereum



Індикатор Bollinger bands для Ethereum



Індикатор Moving across для Ethereum



Додаток Б

Розроблений код моделі аналізу валютних пар на фінансових біржах

```
import asyncio
import aiohttp
import requests
import ccxt

def get_prices(exchange):
    try:
        tickers = exchange.fetch_tickers()
        prices = {}

        for symbol, ticker in tickers.items():
            if 'USDT' in symbol:
                price = ticker['last']
                prices[symbol] = price if price is not None else float('nan')

        return prices
    except ccxt.NetworkError as e:
        print(f"Інтернет помилка: {e}")
        return None
    except ccxt.ExchangeError as e:
        print(f"Помилка біржі: {e}")
        return None
    except Exception as e:
        print(f"Виникла помилка: {e}")
        return None

gate_io_exchange = ccxt.gateio()
mexc_exchange = ccxt.mexc()

gate_io_prices = get_prices(gate_io_exchange)
mexc_prices = get_prices(mexc_exchange)

if gate_io_prices is not None and mexc_prices is not None:
    common_symbols = set(gate_io_prices.keys()) & set(mexc_prices.keys())

    if common_symbols:
        print("Відсоткове співвідношення цін на біржах gate.io та Mexc:")
        common_symbols = sorted(common_symbols, key=lambda symbol:
            (abs(mexc_prices[symbol] - gate_io_prices[symbol]) / ((mexc_prices[symbol] +
            gate_io_prices[symbol]) / 2)) * 100, reverse=True))
        for symbol in common_symbols:
            gate_io_price = gate_io_prices[symbol]
            mexc_price = mexc_prices[symbol]

            if gate_io_price is None and mexc_price is None:
                continue

            if gate_io_price is None:
                gate_io_price = float('nan')
            if mexc_price is None:
                mexc_price = float('nan')

            percentage_difference = (abs(mexc_price - gate_io_price) /
            ((mexc_price + gate_io_price) / 2)) * 100

            if 2 <= percentage_difference <= 30:
                print(f"{symbol}: {gate_io_price} USDT (Gate.io),
                {mexc_price} USDT (Mexc)")
```

```

        print(f"Відсоток: {percentage_difference:.2f}%")
        print("-----")
    else:
        print("Нет спільних торгових пар на Gate.io та Мехс.")
else:
    print("Не вдалося отримати ціни.")

async def get_binance_pairs():
    url = 'https://api.binance.com/api/v3/exchangeInfo'
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        async with session.get(url) as response:
            data = await response.json()
            pairs = [symbol['symbol'] for symbol in data['symbols'] if 'USDT'
in symbol['symbol']]
            return pairs

async def get_bybit_pairs():
    url = 'https://api.bybit.com/v2/public/symbols'
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        async with session.get(url) as response:
            data = await response.json()
            pairs = [symbol['name'] for symbol in data['result'] if 'USDT' in
symbol['name']]
            return pairs

async def get_binance_price(session, symbol):
    api_key = 'Ваш API ключ для Binance'
    headers = {'X-MBX-APIKEY': api_key}
    url = f'https://api.binance.com/api/v3/ticker/price?symbol={symbol}'

    async with session.get(url, headers=headers) as response:
        if response.status == 200:
            data = await response.json()
            price = float(data["price"])
            return price
        else:
            return None

async def get_bybit_price(session, symbol):
    url = f'https://api.bybit.com/v2/public/tickers?symbol={symbol}'

    async with session.get(url) as response:
        if response.status == 200:
            data = await response.json()
            if data['ret_code'] == 0:
                price = float(data['result'][0]['last_price'])
                return price
            else:
                return None
        else:
            return None

async def fetch_prices(session, pair):
    binance_price = await get_binance_price(session, pair)
    bybit_price = await get_bybit_price(session, pair)

    if binance_price is not None and bybit_price is not None:
        percentage_diff = (abs(binance_price - bybit_price) / ((binance_price
+ bybit_price) / 2)) * 100

```

```

        return pair, percentage_diff
    else:
        return None

async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        binance_pairs = await get_binance_pairs()
        bybit_pairs = await get_bybit_pairs()

        if binance_pairs and bybit_pairs:
            common_pairs = set(binance_pairs).intersection(bybit_pairs)
            print("Процентне відношення цін на спільні монети:")
            price_diff = []

            tasks = [fetch_prices(session, pair) for pair in common_pairs]
            results = await asyncio.gather(*tasks)

            sorted_diff = sorted(filter(None, results), key=lambda x: x[1],
reverse=True)
            for pair, diff in sorted_diff:
                print(f"Монета: {pair}, Процентне відношення: {diff:.2f}%")
            else:
                print("Не вдалося отримати дані з обох бірж")

if __name__ == "__main__":
    asyncio.run(main())

```