

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Системотехніки  
(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

(позначення документа)

Розробка методу інтелектуального аналізу даних ринків  
криптовалют за допомогою комбінації технічних індикаторів

(тема)

Виконав: студент групи ІТМм-18-1  
спеціальності 122 – Комп'ютерні науки  
(код і повна назва спеціальності)

спеціалізації Інформаційні технології  
проектування  
(повна назва спеціалізації)

Карчевський К.Д.  
(прізвище, ініціали)

Керівник проф. Ситніков Д.Е.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту  
Зав. кафедри системотехніки

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Гребеннік І.В.  
(прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
Кафедра Системотехніки  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки  
Тип програми освітньо-професійна  
Освітня програма Системне проектування

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Карчевському Костянтинові Дмитровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Розробка методу інтелектуального аналізу даних ринків криптовалют за допомогою комбінації технічних індикаторів

затверджена наказом по університету від «29» листопада 2019 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи (проекту) 05.12.2019

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Тема дослідження, дані Інтернет-джерел та наукової літератури щодо криптовалют, криптовалютних бірж та існуючих технічних індикаторів та їх ефективності. Перелік використаних програмних засобів: OS macOS Mojave 10.14.3, Golang, Golang, Програма з бакалаврської роботи, Mozilla Firefox, Microsoft Office 2019 for Mac 16.30. Технічне забезпечення: комп'ютер, підключений до інтернету.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Перелік скорочень, умовних позначень, символів, одиниць і термінів, Вступ, 1 Огляд і аналіз сучасного стану проблеми, що розглядається 1.1 Визначення криптовалюти 1.2 Визначення поняття «біржа» 1.3 Визначення торгових індикаторів та торгових ботів 2 Постановка задачі та огляд існуючих рішень, 2.1 Постановка задачі та обґрунтування критеріїв ефективності щодо створюваного метода, 2.2 Аналіз та вибір криптовалютної біржі для досліджень, 2.3 Опис інформаційного забезпечення, 2.4 Опис загального стану, щодо технічних індикаторів. Наведення основних вимог для їх програмної реалізації, 3 Розробка та аналіз метода для вирішення поставленої задачі, 3.1 Опис програмного забезпечення для досліджень та розробки методу, 3.2 Наведення вимог до технічного забезпечення, 3.3 Опис процесу та результатів дослідження, 3.4 Огляд отриманих результатів, порівняння їх з аналогами, Висновки, Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів) Робота та результат розробленого індикатора на годинному інтервалі, Робота та результат індикатора MACD на годинному інтервалі, Робота та результат індикатора PSAR на годинному інтервалі, Робота та результат розробленого індикатора на шестигодинному інтервалі, Робота

*та результат індикатора MACD на шестигодинному інтервалі, Робота та результат індикатора PSAR на шестигодинному інтервалі, Робота та результат розробленого індикатора n'ятнадцятихвилинному інтервалі, Робота та результат індикатора MACD n'ятнадцятихвилинному інтервалі, Робота та результат індикатора PSAR на n'ятнадцятихвилинному інтервалі.*

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів роботи (проекту)	Термін виконання етапів виконання етапів роботи (проекту)	Примітка
1.	<i>Отримання завдання на дипломне проектування</i>	<i>02.09.19</i>	
2.	<i>Аналіз задачі, наведення критеріїв ефективності до розроблюваного методу</i>	<i>05.09 – 10.09.19</i>	
3.	<i>Збір вимог до криптовалютних бірж та вибір біржі</i>	<i>10.09 – 15.09.19</i>	
4.	<i>Аналіз існуючих технічних індикаторів</i>	<i>16.09– 24.9.19</i>	
5.	<i>Збір вимог до програмного засобу для досліджень та його вибір</i>	<i>25.9 – 1.10.19</i>	
6.	<i>Інтеграція індикаторів з програмним засобом</i>	<i>2.10 – 16.10.19</i>	
7.	<i>Розробка власного методу за допомогою обраного програмного засобу</i>	<i>17.10 – 01.11.19</i>	
8.	<i>Аналіз отриманих результатів.</i>	<i>02.11 – 09.11.19</i>	
9.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів</i>	<i>10.11– 26.11.19</i>	
10.	<i>Оформлення презентаційних матеріалів</i>	<i>26.11 – 04.12.19</i>	
11.	<i>Представлення на рецензування</i>	<i>06.12.19</i>	
12.	<i>Представлення дипломної роботи в дек</i>	<i>10.12.19</i>	

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2019 р.

Студент \_\_\_\_\_ *Карчевський К.Д.*

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ *проф. Ситніков Д.Е.*

(підпис)

(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Атестаційна робота: 51 стор., 20 рис., 5 табл., 4 додатки, 19 джерел інформації.

Об'єкт досліджень – модель торгівлі на криптовалютній біржі за допомогою технічних індикаторів.

Предмет розробки – метод інтелектуального аналізу даних ринків криптовалют за допомогою комбінації технічних індикаторів.

Мета роботи – підвищення ефективності торгівлі криптовалютами за допомогою автоматизації процесу, забезпечити можливість аналізувати технічні індикатори.

Методи досліджень:

- аналіз моделі криптовалютного ринку;
- аналіз технічної літератури щодо технічних індикаторів;
- аналіз літератури за темою атестаційної роботи;
- моделювання роботи технічних індикаторів;
- комбінування технічних індикаторів;
- узагальнення моделі бірж;

Результат роботи: розроблений метод дослідження криптовалютного ринку, який складається з технічного індикатора та функції, що використовує результати індикатора та дані біржі для визначення напрямку тренду.

Область застосування – може використовуватись трейдерами для підвищення ефективності торгівлі криптовалютами або іншими активами на інших типах бірж за допомогою торгових ботів. Окрім цього, метод можна використовувати для вивчення стану ринку, тобто визначати торгові сигнали та напрямки руху тренду за графіком японських свічок, обираючи найліпші параметри індикатора на різних інтервалах часу.

БІРЖА, КРИПТОВАЛЮТА, ЯПОНСЬКІ СВІЧКИ, ТЕХНІЧНИЙ ІНДИКАТОР, ТРЕНД, ТОРГОВА СТРАТЕГІЯ, BINANCE, ТЕСТУВАННЯ НА ІСТОРИЧНИХ ДАНИХ, КОВЗАЮЧА СЕРЕДНЯ.

## ABSTRACT

Attestation work: 51 page, 20 figures, 5 tables, 4 applications, 19 information sources.

The object of research is a model of trading on the cryptocurrency exchange using technical indicators.

The subject of development is a method of intellectual analysis of data of cryptocurrency markets with the help of a combination of technical indicators.

The purpose of the work is to increase the efficiency of trading of cryptocurrencies by means of process automation, to provide an opportunity to analyze technical indicators.

Methods of development:

- system analysis;
- analysis of technical literature on technical indicators;
- analysis of literature, normative-legal documentation on the topic of diploma;
- modeling of the work of technical indicators;
- combining of technical indicators;
- generalization of the model of exchanges;

Outcome: A cryptocurrency market research method has been developed that consists of a technical indicator and a function that uses the indicator's results and stock exchange data to determine the trend direction.

Scope – can be used by traders to increase the efficiency of trading cryptocurrencies or other assets on other types of exchanges through trading bots. In addition, the method can be used to study the state of the market, that is, to determine the trading signals and trend direction of the Japanese candles, selecting the best indicator parameters at different time intervals.

EXCHANGE, CRYPTOCURRENCY, JAPANESE CANDLES, TECHNICAL INDICATOR, TREND, TRADE STRATEGY, BINANCE, HISTORICAL DATA TESTING, MOVING AVERAGE.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ, ЩО РОЗГЛЯДАЄТЬСЯ .....	10
1.1 Визначення криптовалюти.....	10
1.2 Визначення поняття «біржа» .....	11
1.3 Визначення торгових індикаторів та торгових ботів .....	12
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ .....	14
2.1 Постановка задачі та обґрунтування критеріїв ефективності щодо створюваного метода.....	14
2.2 Аналіз та вибір криптовалютної біржі для досліджень .....	16
2.3 Опис інформаційного забезпечення.....	19
2.4 Опис загального стану, щодо технічних індикаторів. Наведення основних вимог для їх програмної реалізації .....	22
3 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ МЕТОДА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ .....	36
3.1 Опис програмного забезпечення для досліджень та розробки методу .	36
3.2 Наведення вимог до технічного забезпечення.....	38
3.3 Опис процесу та результатів дослідження .....	40
3.4 Огляд отриманих результатів, порівняння їх з аналогами .....	43
ВИСНОВКИ .....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	50
ДОДАТОК А Текст програми .....	52
ДОДАТОК Б Перелік графічного матеріалу.....	67
ДОДАТОК В Специфікація .....	79
ДОДАТОК Г Відомість дипломної роботи .....	81

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

G-20 – клуб урядів і глав центральних банків країн з найбільш розвиненою економікою та економікою, що розвивається;

API – Application Programming Interface (інтерфейс прикладного програмування);

MA – Moving Average (ковзаюча середня);

EMA – Exponential Moving Average (ковзаюча середня з експоненційним розподілом);

MACD – Moving Average Convergence/Divergence (сходження/розходження ковзаючих середніх);

PSAR – Parabolic Stop and Return (параболічний стоп та розворот);

JSON – JavaScript Object Notation (запис об'єктів JavaScript).

BTC (Bitcoin) – скорочений запис біткоїну, першої криптовалюти у світі;

EOS – одна з криптовалют, частина платформи EOS.io.

## ВСТУП

Останнім часом криптовалюта є досить популярним явищем. Майже кожна людина, яка має доступ до інформаційних джерел, хоча б раз чула це слово, а в світі вона є частим предметом суперечок. Навіть на саміті «G-20» 2018 року обговорювалось урегулювання криптовалюти. Зараз, кажуть, що за технологією «блокчейн», на якій базується криптовалюта, стоїть майбутнє. За останній рік кількість криптовалют у світі збільшилась з понад півтори тисячі криптовалют до майже п'яти тисяч. Їх сумарна ринкова капіталізація сягає двохсот трильйонів доларів США. Зростає також популярність криптовалютних бірж через високий рівень коливання вартості токена та низьку комісію за купівлю/продаж криптовалюти.

Зокрема криптовалюта та біржі популярні в Україні. Шостого листопада 2019 року між представниками міністерства цифрової трансформації України та однією з найбільших криптовалютних бірж «Binance» було підписано меморандум про створення в Україні офісу біржі, та сприяння легалізації криптовалют у країні. Відкриття офісу планується до кінця 2019 року.

Через високий рівень коливань (волатильність), вартість валюти може швидко збільшитися й принести прибуток. З іншого боку, можна не встигнути зреагувати на стрімкий спад курсу. Як правило, це є дуже сильним недоліком для людей, котрі тримають криптовалюту, через можливість її швидкого знецінення. Високий рівень коливань вартості активів також впливає на те, що для торгівлі на криптовалютних біржах робочий інтервал вимірюється годинами, або, навіть хвилинами, що значно нижче ніж на інших типах бірж, де робочий інтервал зазвичай вимірюється декількома годинами або днями. Тому за станом криптовалютного ринку потрібен постійний нагляд.

Для вирішення проблеми зі швидкою зміною курсу використовують метод, або алгоритм, який побудований на значеннях статистичних показників торгів, інакше кажучи, технічні індикатори. Технічні індикатори зазвичай, легко можна розрахувати на калькуляторі або табличних процесорах, та реагувати на сигнали індикаторів власноруч, але для розрахунку зручніше

використовувати спеціальні програми, так звані торгові боти, які також можна налаштувати на автоматичні повідомлення про зміну тренду, або на автоматичну торгівлю. Зокрема автоматична торгівля за допомогою технічних індикаторів вирішує проблему з необхідністю цілодобового нагляду за активом.

Значна кількість індикаторів була створена задовго до створення криптовалют. Ці індикатори досі широко використовуються трейдерами. Також саме ці індикатори здебільшого використовуються при торгівлі криптовалютами. В своїй більшості ці індикатори невчасно реагують на різку зміну тренду, яка характерна для криптовалют і тому не є зовсім ефективними. Звичайно, не існує універсального та найефективнішого технічного індикатора і кожен може інакше реагувати на динаміку ринку.

Метою цієї атестаційної роботи є розробка метода, який повинен вирішити проблему втрати грошей через високу волатильність, шляхом покращеного реагування на зміну активності криптовалютних активів. Технічний індикатор також повинен давати результати і на інших типах бірж, а не лише на криптовалютній.

Для розробки метода необхідно буде детальніше дослідити динаміку активів криптовалютного ринку на різних робочих часових інтервалах, на реальних даних, отриманих з криптовалютних бірж. Надалі треба дослідити існуючі технічні індикатори, визначити їх ефективність та корисність у створенні власного методу.

Для дослідження треба реалізувати програмно алгоритми технічних індикаторів для використання їх програмою яка здатна підраховувати доходи індикаторів, їх просадку, об'єми торгівлі, та моменти реагування на зміну тренду. За допомогою отриманої інформації можна визначити, які дії всередині методу впливають на поведінку індикатора і використати ці знання у створенні нового методу.

# 1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ, ЩО РОЗГЛЯДАЄТЬСЯ

## 1.1 Визначення криптовалюти

Криптовалюта - це один з видів цифрової валюти, електронних грошей. Але на відміну від традиційних систем, де всі дані зберігаються на централізованому сервері, криптовалюта децентралізована. І якщо звичайний сервер в теорії хтось може зламати або вивести з ладу, то з криптовалюта такої небезпеки немає: копії бази транзакцій лежать на комп'ютерах усіх учасників системи, і вони постійно між собою автоматично звіряються за спеціальними алгоритмами. Всі криптовалюти засновані на криптографії: дуже надійних механізмах шифрування. Зламати таку систему практично неможливо [1].

У криптовалют є одна дуже цікава властивість – вони не схильні до інфляції, тому що при створення спочатку закладається обмежена кількість «монет»: надрукувати їх ніяк не можна. В деякому сенсі криптовалюта забезпечена бажаними їх створювати і купувати, а також компаніями, які готові продавати товари і послуги за відповідну криптовалюту.

Завдяки цифровим технологіям і відсутності становий приналежності, криптовалюти мають кілька переваг над звичайною валютою:

- Прозорість. В силу своєї технології, гаманці криптовалюти зберігають всю історію транзакцій. Будь-який користувач може подивитися баланс і всі транзакції будь-якого крипто-гаманця, знаючи його номер [2].

- Безпека. Криптовалюту не можна підробити.

- Анонімність. Немає прив'язки до імені та адресою. Банки і податкові органи не контролюють рух криптовалюти.

- Незалежність. Обороти криптовалюти не підвладні державним органам і регуляторам.

- Зручність. Відкрити електронний гаманець на порядок простіше, ніж рахунок в банку. При цьому, швидкість операцій з криптовалюта на порядок вище, а комісії - менше.

До недоліків можна віднести:

- Невизначений правовий статус. У деяких країнах, криптовалюта повністю дозволена на законодавчому рівні.
- Використання в тіньовій економіці. Зловмисники використовують криптовалюту для розрахунків між собою. Так вони уникають уваги наглядових органів.

## 1.2 Визначення поняття «біржа»

Біржа - це місце де укладаються угоди між покупцями і продавцями. Фактично на біржі дуже часто відсутні прямі продавці і покупці, а їх функції виконують представники перших і других так звані посередники[3].

Біржу не можна порівнювати з ринком, так як в другому випадку можна спостерігати наявність товару у продавця і угода, як правило, проводиться без посередників. Відсутність товару на біржі, є одним з головних переваг, яке дозволяє здійснювати покупку і продаж товару без фактичної поставки його в момент угоди. Проте, біржа, будучи місцем, де відбуваються угоди, несе функцію обліку, реалізації, і організації фактичної угоди, а так само гарантує розрахунок за укладеними контрактами [4].

Біржа це чітко організована структура, яка працює за певними правилами, а так само з дотриманням і контролем цін купівлі та продажу. Як правило, контроль за роботою бірж здійснюється державними органами нагляду. В залежності від типу активів, біржі поділяють на:

- товарні;
- валютні;
- фондові;
- ф'ючерсні;
- криптовалютні;

Криптовалютна біржа – це онлайн-сервіс, де продаються і купуються криптографічні валюти в режимі реального часу. Може називатися також «біржою цифрових валют», «електронним майданчиком обміну» і просто «торговим сервісом».

### 1.3 Визначення торгових індикаторів та торгових ботів

Незабаром після появи криптовалютних бірж на них почали з'являтися роботи або, як їх частіше називають, боти для торгівлі криптовалютою. Їх поява була передбачуваним. З ростом біткоіна на криптобіржах з'явилася велика кількість недосвідчених трейдерів, які не вміли працювати з інструментами аналізу і просто намагалися купувати валюти за низькою ціною і продавати - по високій. Не завжди ці спроби були успішними, часу і нервів витрачалось багато, а дії здавалися настільки простими, що стало очевидно: простенька програма-робот цілком з ними впорається, до того ж на фондових біржах аналогічні програми є вже давно.

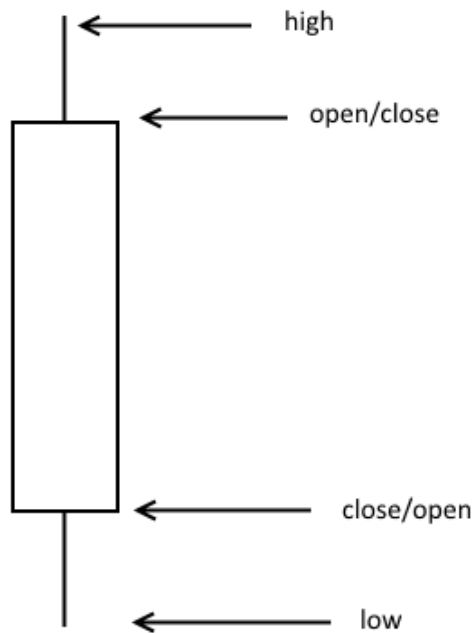


Рисунок 1.1 – «Схема японської свічки»

Роботи на криптобіржах завжди діють за алгоритмом, або інакше – стратегією. Стратегія криптобота – це сукупність параметрів, на які він орієнтується при торгівлі [5] та метод інтелектуального аналізу для дослідження статистичних даних ринку. Чим менше у бота параметрів, що налаштовуються, тим менше можна вплинути на стратегію. Відповідно, чим більше таких параметрів, тим більш прибутковим може виявитися робот в

руках досвідченого трейдера. Але якщо трейдер недосвідчений, велика кількість параметрів може його заплутати, і він виставить такі показники, при яких торгівля буде не вигідною.

Тому для новачків у криптоботах, написаних для подальшого продажу, часто пропонуються варіанти стратегій з усіма виставленими параметрами. Зустрічаються стратегії, що імітують стратегії фондових ринків; стратегії, розроблені під певні пари криптовалют, і т. д.



Рисунок 1.2 – «Графік, що використовує японські свічки. Зображення взято з сайту [tradingview.com](https://tradingview.com)»

Більшість трейдерів звикла аналізувати риночні ціни у вигляді «японських свічок» (рис. 1.1). Японська свічка, або просто «свічка» відображає ціну відкриття (open) та закриття (close), максимальну (high) та мінімальну (low) ціну інтервалу часу, до якого вона належить [3]. Якщо ціна закриття свічки вище, ніж ціна відкриття, то свічка вважається «зростаючою», якщо навпаки – «спадаючою». Необхідно, щоб заливка свічки відрізнялась, для спадаючих та зростаючих свічок.

## 2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Постановка задачі та обґрунтування критеріїв ефективності щодо створюваного метода.

У рамках атестаційної роботи необхідно виконати експертний аналіз технічних індикаторів для використання його в основі для створення метода, який можна застосовувати на торгових біржах.

Метою даної роботи є підвищення ефективності торгівлі криптовалютами через розробку торгового індикатора, який можна використовувати на онлайн-біржах, зокрема інформаційними системами для автоматизації торгівлі криптовалютами.

Технічний індикатор, як правило базується на вхідних даних, які відображають впорядкований вектор інтервалів  $I$ , кожен з яких може бути зображений у вигляді набору даних:

$$I = [O, H, L, C, T_{open}, T_{close}, V], \quad (2.1)$$

де  $C$  – останнє значення активу в інтервалі;

$O$  – перше значення активу в інтервалі;

$H$  – максимальне значення активу в інтервалі;

$L$  – мінімальне значення активу в інтервалі;

$T_{open}$  – час початку інтервалу;

$T_{close}$  – час закінчення інтервалу;

$V$  – об'єм торгів за час, який відображає цей інтервал.

Технічний індикатор можна зобразити у якості функції, яка приймає в якості аргументів вектор параметрів, які вказуються користувачем у вигляді числових констант та впорядкований за часом вектор вказаних вище інтервалів. Індикатор, як правило використовує дані за декілька останніх інтервалів, кількість цих інтервалів, як правило є одним із параметрів. Функція технічного індикатора повинна містити принаймні один результат та має

наступний вигляд:

$$f(\bar{P}, \bar{I}) = \langle R_1, R_2, \dots, R_n \rangle, \quad n > 0,$$

де  $\bar{P}$  – вектор параметрів індикатора, в якому кількість параметрів може дорівнювати нулю;

$\bar{I}$  – вектор інтервалів, впорядкований за часом початку інтервалу, вектор повинен мати хоча б один інтервал  $I$ ;

$R$  – одне з результативних значень індикатора, в якому повинен бути хоча б один результат.

Для відображення сторони тренду необхідна функція, яка отримує в якості аргументів вектор результатів індикатора  $\bar{R}$  та вектор робочих інтервалів:

$$f(\bar{R}, \bar{I}, D_{prev}) = D,$$

де  $D$  – обчислений напрямок тренду, якщо тренд зростаючий, то  $D = 1$ , якщо спадний –  $D = -1$

$D_{prev}$  – попередній напрямок тренду.

Метод, який слід розробити в рамках атестаційної роботи, повинен, в тій чи іншій мірі, володіти наступними якостями:

- бути стійким до пилкоподібних коливань тренду;
- подавати візуально чіткі ознаки для розвороту тренду;
- не був залежним від типу біржі, різних типів поведження ринку, вартості будь-якого активу;
- не був залежним від кількісного значення об'єму торгів, якщо об'єм використовується індикатором;
- не був прив'язаний до границь інтервалів, тобто міг генерувати досить стійкий сигнал на зміну тренду в будь-який час при потоковому надходженні останніх значень інструменту;
- бажано, щоб індикатор використовував вже існуючий індикатор, це може спростити його сприйняття та спростити варіанти для його покращення;

– щоб давав, якнайбільш правильні та точні сигнали на зміну тренду.

Також слід зазначити, що індикатор повинен бути легко програмовуваним, та мати досить низький час виконання однієї ітерації алгоритму при його програмній реалізації. Це необхідно для подальшого дослідження системи.

Торгівля активами проводиться за допомогою певної біржі. Бажана можливість торгувати одночасно кількома активами одночасно та незалежно від машини, з якою взаємодіє користувач.

Для використання технічних індикаторів, бажано мати програму що має можливість отримувати статистичні дані по вартості активів.

## 2.2 Аналіз та вибір криптовалютної біржі для досліджень

Оскільки обов'язкова умова для обраного об'єкту досліджування є отримання та обробка даних біржі, то головним питанням є її вибір. Звичайно, бажано мати підтримку кількох бірж, але розробка компонентів для взаємодії з кожною потребує великих зусиль, до того ж різні біржі мають різні можливості та різні інструменти та технології для взаємодії [6]. Це ще більше ускладнює можливість підтримки декількох ринків одним додатком.

Критеріями для вибору біржі є наступні показники:

- наявність доступної мови інтерфейсу;
- наявність зручного прикладного інтерфейсу для взаємодії з біржою;
- можливість відображення сайтом технічних індикаторів, для порівняння з розробленими;
- розмір комісії;
- популярність біржі;
- велика кількість пар валют.

Найбільш важливими критеріями для вибору криптовалютної біржі є наявність доступної мови інтерфейсу (української, російської або англійської) та наявність зручного та доступного прикладного інтерфейсу (API), який здатний видавати дані у вигляді вектора інтервалів, згідно з формулою 2.1. Далі за важливістю критеріїв йде наявність вбудованих технічних індикаторів

на самій біржі для того, щоб мати можливість порівняти результати індикаторів біржі та реалізованих власноруч. Також важливо знайти біржу з найменшою комісією за виконання операції купівлі та продажу щоб орієнтуватись на кращий очікуваний прибуток за вирахуванням комісії для розроблюваного методу. Велика кількість пар валют не є дуже важливим критерієм для досліджень, але важливо, щоб біржа мала як можна менше обмежень для торгівлі.

Як правило, популярність біржі можна виміряти об'ємами торгівлі. Найбільш популярні біржі зазвичай краще задовольняють вказаним критеріям виконання цих критеріїв також важливе і для трейдерів, крім критерію доступності API. Тому слід обирати біржу серед найбільш популярних.

Для вибору найбільш підходящої біржі, вирішено виставити коефіцієнти важливості вище названим критеріям та обирати серед найбільш популярних криптовалютних бірж до того, як буде знайдено біржу з оцінкою не менше за 0.9, або біржу серед десяти найпопулярніших з найбільшою оцінкою за критеріями. Функція підрахування оцінки та умова для вибору біржі найкращою оцінкою зображена в наступних формулах:

$$v^* = \begin{cases} \arg \min_i (E(\bar{v}_i), \text{if } E(\bar{v}_i) \geq 0.9) \\ \arg \max E(\bar{v}_i) \end{cases}, \quad i \leq 10,$$

$$e = E(v_i) = \sum_{j=1}^n \xi_j(v_i) \lambda_j,$$

$$\xi_j(v) = \frac{k_j(v) - k_j^-}{k_j^+ - k_j^-},$$

де  $E(v_i)$  – функція підрахунку ефективності біржі  $e$ ;

$v_i$  – варіант вибору  $i$ -ї біржі;

$n$  – кількість коефіцієнтів важливості;

$\lambda_j$  – коефіцієнт важливості  $j$ -го критерію;

$v^*$  – біржа з найкращою оцінкою;

$\xi_j(v)$  – функція корисності для всіх часткових критеріїв  $k_j$ ;

$k_j^+, k_j^-$  – найкраще та найгірше значення критерію  $k_j$ ;

$i$  – порядок біржі за популярністю.

Для вибору найбільш популярних бірж використано веб-сервіс [coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com). Цей сервіс дозволяє слідкувати за капіталізацією криптовалют та криптовалютних бірж. За його даними вибрано біржі з найбільшим об'ємом торгівлі криптовалютами (рис. 2.1), що не може не вказувати на їх велику популярність, беручи до уваги те, що їх капіталізація за останній місяць може сягати тридцяти трильйонів доларів США.

#	Name	Adj. Vol (24h)*	Volume (24h)	Volume (7d)	Volume (30d)	No. Markets	Change (24h)	Vol Graph (7d)	Launched
6	BKEX	\$768 786 847	\$768 786 847	\$6 471 695 902	\$37 124 507 752	99	-26,11%		Jun 2
4	P2PB2B	\$847 568 637	\$847 568 637	\$6 114 683 711	\$32 258 408 729	358	-8,83%		Jan 2
8	MXC	\$746 389 771	\$746 389 771	\$5 518 253 724	\$30 946 281 641	172	-15,73%		Apr 2
1	Bilaxy	\$1 036 795 966	\$1 036 795 966	\$6 806 429 079	\$30 847 695 318	170	-7,52%		Apr 2
28	LBANK	\$495 744 562	\$495 744 562	\$4 676 117 608	\$30 398 082 537	101	-32,79%		Oct 2
9	Binance	\$719 089 978	\$719 089 978	\$5 300 565 571	\$29 454 748 177	577	-15,20%		Jul 2
16	Coineal	\$631 207 858	\$631 207 858	\$5 360 805 831	\$29 333 843 216	38	-26,65%		Apr 2
2	Fatbtc	\$1 002 038 931	\$1 002 038 931	\$6 109 646 156	\$29 265 380 926	121	0,02%		May 2
19	Bitki	\$603 399 735	\$603 399 735	\$5 191 945 942	\$28 721 781 734	92	-26,09%		Jun 2
26	BW.com	\$524 574 687	\$524 574 687	\$3 652 370 410	\$28 113 406 533	105	-23,19%		Jan 2

Рисунок 2.1 – «Таблиця об'єму торгів на криптовалютних біржах, сортована за місячним об'ємом, станом на 3 грудня 2019 року. Дані взято з сайту [coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com)»

Для оцінки найбільш підходящої біржі було обрано чотири найбільш важливі критерії  $k$  та визначено для них коефіцієнти корисності  $\lambda$ :

- наявність зручного та доступного API ( $\lambda_1$ ) – 0.5;
- наявність технічних індикаторів ( $\lambda_2$ ) – 0.2;
- розмір комісії ( $\lambda_3$ ) – 0.2;
- кількість пар криптовалют ( $\lambda_4$ ) – 0.1.

Критерій «наявність доступної мови інтерфейсу» не було враховано через те, що всі біржі в першій десятці мають, принаймні, англійську мову інтерфейсу.

Таблиця 2.1 Порівняння криптовалютних бірж

Назва біржі	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$e$
ВКЕХ	+	-	0.2%	99	0.5
P2PB2B	-	+	0.2%	258	0.2332636
МХС	-	+	0.2%	172	0.21527197
Bilaxy	-	+	0.1%	170	0.41485356
LBank	+	+	0.2%	101	0.70041841
Binance	+	+	0.1%	577	1

Опираючись на ці критерії, було обрано для розробки біржу Binance, котра має критерій ефективності не менше за 0.9 серед всіх попередніх, що задовольняє умовам вибору біржі. Біржа Binance взагалі опереджає інші біржі за всіма вказаними критеріями. Binance – це глобальна біржа криптовалют, яка забезпечує платформу для торгівлі понад 100 криптовалютами. З початку 2018 року Binance вважається найбільшою біржою криптовалют у світі за обсягом торгів.

### 2.3 Опис інформаційного забезпечення

Як вже згадувалось, інформаційне забезпечення розроблюваній системі надає криптовалютна біржа. Обрано для цього було біржу Binance. Для взаємодії з Binance використовується прикладний інтерфейс, доступ до якого знаходиться за адресою <https://api.binance.com>. Опис API знаходиться за адресою <https://github.com/binance-exchange/binance-official-api-docs> та, на даний момент, складається з п'яти документів (табл. 2.2).

Слід зазначити, що API цієї біржі обширніше, та краще описане, ніж у більшості інших відомих та популярних криптовалютних бірж. Але для подальшого історичного тестування даних цієї біржі, достатньо використовувати лише базові функції.

Таблиця 2.2 Перелік документів, що описують взаємодію з біржою Binance

Назва	Опис
rest-api.md	Детальна інформація щодо використання Rest-API (/api)
errors.md	Опис помилок, які можуть виникнути при використанні Rest-API
web-socket-streams.md	Детальна інформація щодо використання потокового WebSocket-API
user-data-stream.md	Детальна інформація про виділений потоковий обліковий запис
wapi-api.md	Детальна інформація щодо API, пов'язаного з виводом та вводом грошей з біржі та на біржу.

Беручи до уваги все вищесказане у розділі, було вирішено використання наступних можливостей Rest-API біржі:

Інформація щодо торгів. Для отримання цих даних, потрібно зробити GET-запит за адресою: /api/v1/exchangeInfo. Цей запит не отримує параметрів.

Дані за цим запитом приходять у JSON-форматі. Наша система повинна використовувати деякі з них (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 Перелік отриманих параметрів запиту «інформації щодо торгів»

Ім'я параметру	Опис параметру	Приклад
symbol	Назва пари валют	ETHBTC
baseAsset	Назва основної валюти	ETH
baseAssetPrecision	Точність значення базової валюти	8
quoteAsset	Назва котированої валюти	BTC
quotePrecision	Точність значення котированої валюти	8

Продовження таблиці 2.3

orderTypes	Можливі типи замовлень	["LIMIT", "MARKET"]
minPrice	Мінімально допустима ціна яку можна виставити	0.00000100
maxPrice	Максимально допустима ціна, яку можна виставити	100000.0000
tickSize	Розмір мінімального кроку цін	0.00000100
minQty	Мінімально допустима кількість базової валюти, яку можна замовити за один раз	0.00100000
maxQty	Максимально допустима кількість базової валюти, яку можна замовити за один раз	100000.0000
stepSize	Розмір мінімального кроку кількості	0.00100000

Дані вартостей певної пари валют у вигляді свічок. Опираючись лише на ці дані можна використовувати торгові алгоритми. Для доступу до цих даних необхідно зробити GET-запит за адресою: /api/v1/klines. Також цей запит використовує наступні параметри:

- symbol – назва пари символів, цей параметр є обов'язковим;
- interval – інтервал часу для кожної свічки, також є обов'язковим параметром;
- limit – ліміт на кількість отриманих свічок; максимальне значення: 500;
- startTime – час відкриття першої свічки;
- endTime – час відкриття останньої свічки.

Якщо параметри startTime та endTime не були відправлені, то будуть отримані найостанніші свічки. Дана біржа приймає наступні значення інтервалу часу у якості констант: 1m, 5m, 15m, 30m, 1h, 2h, 4h, 6h, 12h, 1d, 3d, 1w, 1M; де m – хвилина, h – година, d – день, w – тиждень, M – місяць.

Система використовує наступні властивості цього запиту: час відкриття та закриття свічки, ціна при відкритті та закритті свічки, найвища та найнижча ціна в інтервалі, об'єм торгів в інтервалі. Дані на цей запит (табл. 2.4) приходять у вигляді JSON- масиву. Час визначається у Unix-форматі.

Таблиця 2.4 Перелік отриманих параметрів даних вартостей певної пари валют у вигляді свічок

Номер елемента масиву	Опис параметру	Приклад
1	Час відкриття інтервалу	1499040000000
2	Ціна при відкритті інтервалу	"0.01634790"
3	Максимальне значення інтервалу	"0.80000000"
4	Мінімальне значення інтервалу	"0.01575800"
5	Ціна при закритті інтервалу	"0.01577100"
6	Об'єм торгів інтервалу	"148976.11427815"
7	Час закриття інтервалу	1499644799999

2.4 Опис загального стану, щодо технічних індикаторів. Наведення основних вимог для їх програмної реалізації

Повний опис різних алгоритмів для торгівлі, або математичних технічних індикаторів можна знайти в безлічі книг по технічному аналізу. У цьому розділі основна увага приділяється найпоширенішим індикаторам і, перш за все, поясненню того, що представляють собою індикатори, чому вони працюють.

Відомо, що існують дві категорії математичних технічних індикаторів - ті, що традиційно використовують властивість ринку повертатися до середнього, наприклад осцилятори, і ті, що основані на тенденції в цінових рухах, наприклад ковзаючі середні. Хоча численні книги з технічного аналізу розглядають ці індикатори так, немов вони працюють виключно або в умовах проходження за трендом, або в умовах повернення до середнього, є можливість успішно використовувати їх в будь-якій сфері [7].

Використовуючи ковзаючі середні і інші індикатори проходження за трендом, трейдери намагаються підлаштуватися під ринкову оцінку істинної вартості активів. Ці індикатори, в свою чергу, допомагають їм подолати

психологічну спокусу торгівлі в протилежному напрямку на рівнях, які здаються історичними максимумами або мінімумами [8]. Успіх індикаторів слідування за трендом зайвий раз показує, як ринок винагороджує тих, хто навчився робити неприродні і незручні речі, і карає тих, хто прагне до визначеності, надійності і безпеки [9].

На жаль, на розробку та тестування програмного модулю, що буде комбінувати торгові алгоритми потрібно дуже багато часу, а для написання модулю, відповідаючого за управління за допомогою скриптів ще більше, то наш програмний продукт на даному етапі не зможе комбінувати алгоритми для однієї пари валют. Можна буде створювати торгову стратегію, яка складається лише з одного алгоритму.

На даний момент, головною задачею, щодо торгових алгоритмів є додання найбільш відомих алгоритмів та тестування їх роботи на предмет помилок.

#### 2.4.1 Опис індикатору Moving Average та його модифікацій

Moving Average (МА, Ковзне середнє) це індикатор ціни, відстаючий (або реактивний) індикатор який відображає середню ціну безпеки по безлічі періодів часу. Ковзне середнє (Moving Average) підтверджує тренди, і визначає області підтримки і опору. По суті, Moving Averages згладжуює "шум" при спробі інтерпретувати графіки. Шум складається з коливань як ціни, так і обсягу [10].

Оскільки Moving Average є індикатором відставання і реагує на події, які вже відбулися, він не використовується як індикатор прогнозу, а скоріше інтерпретує, який використовується для підтвердження і аналізу. Фактично, ковзаючі середні складають основу кількох інших добре відомих інструментів технічного аналізу, таких як смуги Боллінджера і MACD [11].

Moving Averages приймає ціни закриття за певний період часу і виводить їх середню ціну. Тепер, на відміну від осциляторів, Moving Average не обмежений числом в межах діапазону або заданого діапазону чисел. МА може рухатися разом з ціною.



Рисунок 2.2 – «Зображення роботи простої ковзаючої середньої з періодом 99 на пару LTC/USD. Дані сайту tradingview.com»

Для розрахунку простої ковзаючої середньої використовується наступна формула:

$$SMA(p_t) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} p_{t-i},$$

де  $SMA_t$  – значення ковзаючої середньої у час  $t$ ;

$n$  – згладжуючий інтервал;

$p_{t-i}$  – значення функції у час  $t-i$ .

Проблема використання ковзаючої середньої, в якій всім результатам спостережень присвоюються рівні ваги, полягає в тому, що в разі довгострокової кривої, наприклад 200-денної ковзної середньої, відставання індикатора призводить до запізнювання відгуку на зміну тренда. Зрозуміло, що збільшення часу відгуку на зміну тренда може знижувати винагороду і підвищувати ризик.



Рисунок 2.3 – «Зображення роботи кроссоверу з періодами 9 та 26 на пару LTC/USD. Дані сайту tradingview.com»

Одним з рішень проблеми запізнювання простий ковзної середньої є присвоєння вищої ваги останньому ціновому руху. Лінійне згладжування і експоненціальне згладжування ковзних середніх вирішують проблему рівнозначності шляхом присвоєння більш високих ваг останнім спостереженням [12].

Експоненційна ковзаюча середня розраховується наступним чином:

$$EMA(p_t) = EMA(p_{t-1}) + \frac{2}{n+1}(p_t - EMA(p_{t-1})),$$

де  $EMA_t$  – значення експоненційної ковзаючої середньої у час  $t$ ;

$n$  – згладжуючий інтервал;

$p_t$  – значення функції у час  $t$ .

Для зменшення фальшивих сигналів індикаторів можна додати ще одну ковзаючу середню. У цьому випадку ковзаючі середні повинні мати різний згладжуючий інтервал. Цей індикатор непогано ігнорує фальшиві сигнали при пілоподібній поведінці ринку, але збільшує затримку при створенні сигналу.

Тому при виборі між цими двома індикаторами слід знайти компроміс.

Сигнали або потенційні торговельні можливості виникають, коли більш короткий термін SMA перетинає вище або нижче довгострокового SMA. Якщо лінія з меншим згладжуючим інтервалом перетинає лінію з більшим інтервалом зверху, то слід генерувати сигнал на продаж. Якщо лінія з меншим згладжуючим інтервалом перетинає лінію з більшим знизу, то слід генерувати сигнал на покупку. Цей індикатор також називається «кроссовер» [13].

#### 2.4.2 Опис алгоритму MACD

Сходження/розбіжність ковзних середніх. Розроблений Джеральдом Аппелем індикатор сходження/розбіжності ковзаючих середніх, більш відомий як MACD, широко застосовується в якості інструменту проходження за трендом, що мінімізує кількість хибних сигналів в торговому діапазоні.

Лінія MACD є численною різницею між короткостроковою, 13-періодною експоненційною ковзаючою середньою  $EMA_S$ , та довгостроковою, 26-періодною експоненційною ковзаючою середньою  $EMA_L$ . Третя експоненціальна змінна середня SIG, названа сигнальною лінією MACD, являє собою 9-періодну експонентну  $EMA_a$  середню чисельної різниці між 13- і 26-періодними експонентними ковзаючими середніми. Індикатор MACD визначається за наступною формулою:

$$MACD = EMA_S(C) - EMA_L(C), \quad (2.2)$$

$$SIG = EMA_a(MACD), \quad (2.3)$$

де  $MACD$  – лінія MACD;

$SIG$  – сигнальна лінія MACD;

$EMA_S, EMA_L, EMA_a$  – коротка, довга та згладжуюча експоненційна ковзаюча середня.

Індикатор MACD зазвичай використовується як торгова система «стоп і розворот», в якій сигнали «стоп» і «розворот» генеруються, коли лінія MACD перетинає сигнальну лінію MACD [14].



Рисунок 2.4 – «Зображення роботи індикатора MACD з періодами 9 та 26 на пару LTC/USD. Дані сайту tradingview.com»

### 2.4.3 Опис алгоритму Parabolic SAR

Параболічна система часу/ціни, котра використовується для того, щоб визначити допуск в рамках якого можливий рух ціни, для того, щоб залишатися в поточному тренді.

Параболічна система автоматично визначає напрямок руху ринку на будь-якій ділянці крім першого, тому, при достатній кількості періодів для аналізу, первинно заданий напрямок руху ринку не має значення. Для початку роботи його можна визначити довільним чином. Необхідна корекція відбудеться автоматично. Автор методики і програми технічного аналізу рекомендує визначати первинний напрямок руху ринку в порівнянні цінових показників декількох перших періодів [15].

– В якості максимальної і мінімальної ціни для первинного напрямку рекомендується використовувати, відповідно максимальні (максимальний High) і мінімальні (мінімальний Low) цих періодів. В якості первинного SAR - отримані для цих періодів мінімум, в разі висхідного тренда, і максимум, в разі

спадного.

– Ключовим індикатором системи є ціна стопа і розвороту - SAR. SAR - це індикативна ціна, яку не повинні пробивати ціни поточних періодів, для того, щоб тренд вважався триваючим [16].

Для висхідного тренду, для кожного періоду SAR обчислюється як

$$SAR_n = SAR_{n-1} + \alpha \cdot (H - SAR_{n-1}),$$

для спадного тренду:

$$SAR_n = SAR_{n-1} - \alpha \cdot (SAR_{n-1} - L),$$

де  $SAR_{n+1}$  ціна стопа і розвороту в період  $n+1$ ;

$SAR_n$  ціна стопа і розвороту в період  $n$ ;

$H$  – новий максимум ціни (High періоду), зафіксований з відкриття поточної довгої позиції;

$L$  – новий мінімум ціни (Low періоду), зафіксований з моменту відкриття поточної короткої позиції;

$\alpha$  – фактор прискорення.

Крім того, слід врахувати, що SAR для наступного періоду не повинен бути вище мінімумів поточного і попереднього періодів (для висхідного тренду) і нижче максимумів поточного і попереднього періодів (для спадного тренду).

Таким чином, остаточна формула для зростаючого тренду:

$$SAR = \min(SAR_{n-1} + \alpha \cdot (H - SAR_{n-1}), L, L_{n-1}), \quad (2.4)$$

для спадного тренду:

$$SAR = \max(SAR_{n-1} - \alpha \cdot (SAR_{n-1} - L), H, H_{n-1}), \quad (2.5)$$

де  $L, H$  - мінімум та максимум ціни в періоді;

$L_{n-1}, H_{n-1}$  – мінімум та максимум ціни в попередньому періоді.

Для обчислення фактору прискорення використовуються наступні правила:

Як тільки ціна на поточному ділянці досягне нового екстремального значення по тренду (новий максимум High на зростаючий тренд, або новий мінімум Low на падаючий), значення фактора прискорення збільшується на крок зміни (в оригіналі рівний 0,02). Якщо ціна не показує нових екстремальних значень фактор прискорення не змінюється.

При досягненні фактором прискорення його максимального значення (в оригіналі 0,2) його ріст припиняється.

– У разі зростаючого тренду стоп та розворот настає, коли мінімальна ціна періоду стане менше, ніж SAR.

– У разі нисхідного тренду стоп та розворот настає, коли максимальна ціна періоду стане більше, ніж SAR.

На рисунку 2.5 видно, що головним недоліком індикатора є можливість дуже невчасної генерації сигналу. Це пов'язано з відсутністю згладжуючих факторів типу ковзаючої середньої. Також дуже сильним недоліком є велика кількість невдалих сигналів у ситуації, коли ціна ринку стоїть на місці. Тому слід використовувати цей на довгих інтервалах часу [17].

На рисунку 2.6 наведена спрощена блок-схема алгоритму, на якій не показана перевірка помилок, наприклад, при пустому масиві вхідних даних.

Умовні позначення змінних:

trend – напрямок тренду, якщо його значення – true, то в даний час ринок зростає, інакше – падає,

step – значення приросту фактору прискорення  $\alpha$ ,

maxStep – максимальне значення  $\alpha$ ,

data – масив значень ринку,

SAR – значення алгоритму в розглядуваний момент часу,

ex – екстремумне значення для даної ділянки з моменту стопу і розвороту індикатора,

h – найвища ціна попереднього періоду,

l – найнижча ціна попереднього періоду.



Рисунок 2.5 – «Зображення роботи індикатора Parabolic SAR з кроком прискорення 0.02 та максимальним прискоренням 0.2, на пару LTC/USD. Дані сайту tradingview.com»

Для вчасного відкриття, або закриття позицій при використанні індикатора в реальному часі, слід розробити поведження алгоритму не тільки по завершенню періоду, а й всередині.

Таким чином, при кожному отриманні даних про зміну стану «японської свічки», але не при її закритті, буде лише перевірятись:

а) у разі зростаючого тренду – чи нижче ціна при нових даних останнього значення SAR;

б) у разі спадаючого тренду – чи вище ціна при нових даних останнього значення SAR;

при виконанні однієї з цих умов настає розворот тренду. Наступна формула зображає ці правила:

$$D = \begin{cases} 1, & \text{if } SAR < H \text{ and } D = -1 \\ -1, & \text{if } SAR > L \text{ and } D = 1. \\ D & \end{cases}$$

По завершенню часового інтервалу свічки, виконується одна ітерація алгоритму (рис. 2.6).

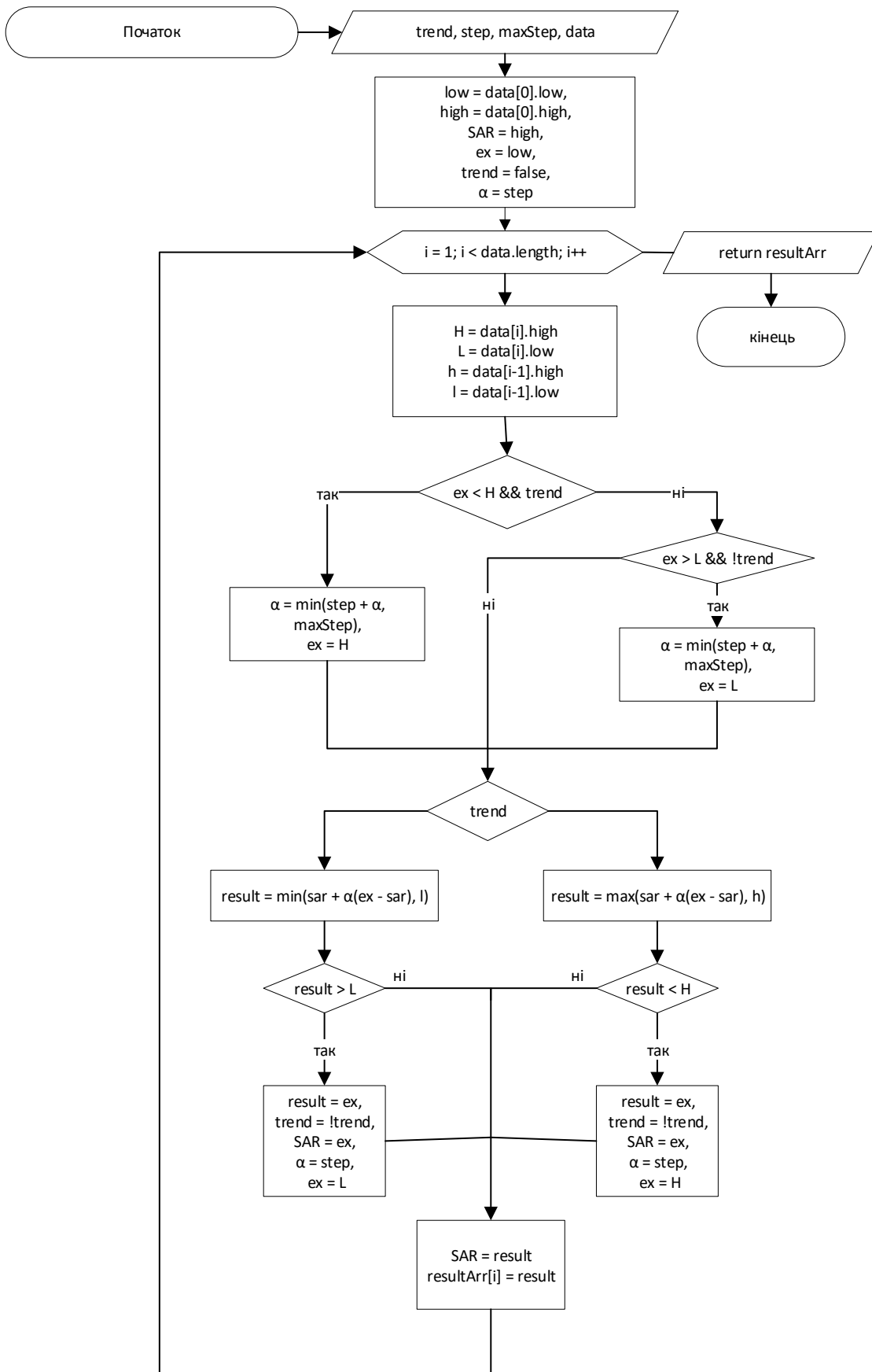


Рисунок 2.6 – «Блок-схема алгоритму індикатора Parabolic SAR»

#### 2.4.4 Опис індикатора Average True Range

Індикатор Average True Range (Середній істинних діапазон) часто досягає високих значень в заснуванні ринку після стрімкого падіння цін, викликаного панічними продажами. Низькі значення індикатора часто відповідають тривалим періодам горизонтального руху, які спостерігаються на вершинах ринку і під час консолідації [18].

Його можна інтерпретувати по тим же правилам, що і інші індикатори волатильності. Принцип прогнозування з допомогою Average True Range формулюється так: чим вище значення індикатора, тим вище ймовірність зміни тренду; чим нижче його значення, тим слабкіше спрямованість тренду.

Істинний діапазон (True Range) є найбільша з таких трьох величин:

- різницю між поточними максимумом і мінімумом;
- різницю між попередньою ціною закриття і поточним максимумом;
- різницю між попередньою ціною закриття і поточним мінімумом.

Індикатор Середнього Істинного Діапазону (Average True Range, ATR) являє собою ковзне середнє значень істинного діапазону.

Перший крок підрахунку ATR - це знайти ряд справжніх значень діапазону для активу. Діапазон цін на актив для даного торгового дня просто його високий мінус його низький. Тим часом справжній діапазон є більш охоплюючим і визначається як:

$$TR = \max[(H - L), \text{abs}(H - C_{prev}), \text{abs}(L - C_{prev})],$$
$$ATR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TR_i, \quad (2.6)$$

де  $TR$  – частковий справжній діапазон;

$C_{prev}$  – останнє значення попереднього робочого інтервалу;

$n$  – період ковзаючої середньої.

Трейдери можуть використовувати коротші періоди, ніж 14 днів, щоб генерувати більше торгових сигналів, тоді як довші періоди мають більшу ймовірність генерувати менше торгових сигналів. Наприклад, припустимо, що

короткостроковий трейдер бажає лише проаналізувати мінливість акції протягом п'яти торгових днів. Тому трейдер міг обчислити п'ятиденний ATR.



Рисунок 2.7 – «Зображення роботи індикатора ATR з періодом ковзаючої середньої 14 на парі EOS/USD. Дані сайту [tradingview.com](https://tradingview.com)»

Ці розрахунки справжнього діапазону робляться протягом п'яти останніх торгових днів і потім усереднюються для обчислення першої величини п'ятиденного ATR.

#### 2.4.5 Огляд індикатора On Balance Volume (OBV)

On Balance Volume – це технічний індикатор імпульсу торгівлі, який використовує об'ємний потік для прогнозування зміни ціни акцій. Джозеф Гранвілл вперше розробив метрику OBV у книзі 1963 року «Новий ключ до прибутку на фондовому ринку» Granville. Гранвілл вважав, що обсяг є ключовою силою для ринків, і створив OBV для проектування, коли на ринках відбудуться основні зрушення на основі змін обсягу. У своїй книзі він описав

прогнози, породжені OBV, як "пружину, що завдає міцну рану". Він вважав, що коли різко збільшиться обсяг без суттєвої зміни ціни на акції, з часом ціна підскочить вгору або впаде вниз [19].



Рисунок 2.8 – «Зображення роботи індикатора OBV на пару EOS/USD. Дані сайту tradingview.com»

Ключові моменти:

- OBV - це технічний показник імпульсу, який використовує зміни обсягу для прогнозування цін.
- OBV показує настрої натовпу, які можуть передбачити бичачий чи ведмежий результат.
- Порівнюючи відносну дію між ціновими барами та OBV генерує більше діючих сигналів, ніж гістограми зеленого або червоного обсягу, які зазвичай зустрічаються в нижній частині цінових діаграм.

Розраховується цей індикатор за наступною формулою:

$$OBV = OBV_{prev} + \begin{cases} V, \text{ if } C > C_{prev} \\ 0, \text{ if } C = C_{prev} \\ -V, \text{ if } C < C_{prev} \end{cases} ,$$

де  $OBV$  – останній обсяг балансу;

$OBV_{prev}$  – обсяг балансу за попередній період;

$V$  – об'єм торгівлі за останній період.

## 3 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ МЕТОДА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

### 3.1 Опис програмного забезпечення для досліджень та розробки методу

Опираючись на особливості розглянутого об'єкта та постановку задачі щодо створення метода, було вирішено, використовувати розроблену в рамках бакалаврської атестаційної роботи систему для розробки метода, яка має вигляд клієнт-серверного веб-додатка, тобто складатись з двох компонентів: серверного та клієнтського.

Серверна частина взаємодіє з API криптовалютних бірж для виконання наступних дій:

- отримання вартості обраної валюти у певних інтервалах часу;
- отримання списку всіх пар валют, якими можна торгувати, можливі типи замовлень та фільтри для відповідної пари валют;
- можливість торгувати валютою з біржою.

Крім того на сервері виконується обраний алгоритм для торгівлі, згідно з правилами та параметрами, які вказує користувач. Клієнтська частина відображає отримувані дані від серверу.

Розроблена програма має наступний функціонал:

- відображення інформації по вартості валют на графіку певного інтервалу часу у вигляді японських свічок, як показано на рисунку 3.1;
- відображення значення обраного алгоритму на графіку;
- відображення часу та вартості виконаних операцій купівлі та продажу на графіку;
- взаємодія з біржою Binance;
- симуляції купівлі та продажу валют за допомогою технічних індикаторів;
- симуляція автоматичної купівлі та продажу валют, за допомогою обраного алгоритму;
- відображення рахунку користувача;
- можливість реєструватись в системі у якості «несправжнього користувача», який не використовує справжні кошти;

- наявність декількох алгоритмів;
- можливість змінювати сторону торгівлі;
- можливість виставляти певні параметри для алгоритму.



Рисунок 3.1 – «Інтерфейс користувача. Зображено графік пари BTC/USDT на годинному інтервалі та роботу індикатора PSAR»

Також програма здатна відображати статистичну інформацію, яка збирається під час історичного тестування технічного індикатора, як показано на рисунку 3.2. В таблиці 3.1 зображено пояснення до кожного параметра.

Таблиця 3.1 Перелік та опис статистичних параметрів:

Назва параметра	Опис параметра
Order count	Кількість операцій купівлі або продажу
Estimated profit	Прибуток, який міг користувач міг би отримати, використовуючи цей індикатор. Комісія біржі не враховується.
Estimated profit after tax	Прибуток, за вирахуванням комісії біржі.

### Продовження таблиці 3.1

Maximal profit	Максимальний прибуток, зафіксований під час торгівлі.
Average profit	Середній прибуток за операцію купівлі/продажу. Комісія не враховується.
Drawdown	Найбільша просадка, зафіксована під час торгівлі. Фіксується, якщо прибуток був менше за нуль.
Profit/Drawdown	Відношення прибутку щодо просадки.
Trade volume	Об'єм торгів.

**Order count: 35;**

**Estimated profit: 1703.7199999999984 USDT;**

**Estimated profit after tax: 1459.9298799999985;**

**Maximal profit: 3749.6299999999999 USDT;**

**Average profit: 48.67771428571424 USDT;**

**Drawdown: -944.0300000000007 USDT;**

**Profit/drawdown: 1.804730781860743;**

**Trade volume: 243790.11999999999 USDT;**

Рисунок 3.2 – «Відображення статистичної інформації, зібраної під час тестування на історичних даних торгівлі одним BTC в парі BTC/USDT за допомогою індикатора PSAR»

### 3.2 Наведення вимог до технічного забезпечення

Беручи до уваги особливості предметної області та типу програмного забезпечення, було вирішено, що прийнятним вибором для технічного забезпечення буде використання будь-якого комп'ютеру з доступом до мережі.

Серверна частина додатка є дуже легковажною, та навіть при великій

кількості працюючих одночасно контролерів, використовуває, щонайбільше, 20 мегабайтів оперативної пам'яті, а потреба в ресурсах процесору настільки мала, що за неї не слід перейматись. Звичайно, потреба апаратних ресурсів у системі залежить від використовуваного алгоритму, але відома більшість технічних індикаторів не потребує значних обчислень.

Таким чином було вирішено, що для нормального функціонування системи, за умовою, що пристрій буде використовуватись лише як сервер, достатньо пристрою, який виконує наступні мінімальні потреби:

- 512 МБ оперативної пам'яті;
- процесор з частотою від 700 МГц;
- підтримувана компілятором операційна система (протестовано на Windows, Linux та macOS);
- стабільне інтернет з'єднання з швидкістю від 5 Мб/с;
- 10 МБ вільного місця на жорсткому диску.

При запуску сторінки додатка в браузері передбачається використання додатком до 30 МБ оперативної пам'яті. Таким чином більшу частину оперативної пам'яті потребуватиме сам браузер. Тому важко розрахувати кількість необхідної оперативної пам'яті для оптимального використання. Але максимальну частоту процесора слід збільшити до 1ГГц, через можливі проблеми з відрисовкою графіку. Необхідно, щоб браузер мав підтримку мови JavaScript.

Додаток також можна запускати комп'ютері та використовувати локально, або впровадити на cloud-платформу, запакувавши програму у Docker-контейнер. Завдяки тому, що система має монолітну форму та не використовує додаткові з'єднання, наприклад з базою даних, впровадження додатка не потребує великих зусиль. Для збору коду необхідно мати лише код програми та компілятор мови Golang. Щоб зібрати виконуючий exe-файл, треба лише виставити значенням змінної GOPATH шлях до проекту, та ввести в термінал наступні команди:

```
cd /<шлях>/<до>/<проекту>  
go build -o <ім'я файлу>.exe src/main/main.go
```

для того, щоб зібрати код у вигляді shell-скрипту, потрібно при вводі імені файлу замість формату «.exe», ввести «.sh».

### 3.3 Опис процесу та результатів дослідження

Перед тим, як починати дослідження, слід вивчити поведінку кожного з запропонованих існуючих індикаторів шляхом візуального порівняння. Для подолання цієї мети можна використати сервіс [tradingview.com](https://tradingview.com). На рисунку 3.1 зображена робота чотирьох індикаторів: Parabolic SAR (PSAR), ATR, MACD, OBV.



Рисунок 3.3 – «Порівняння роботи індикаторів PSAR, ATR, MACD та OBV зі стандартними вхідними параметрами на однакових вхідних даних»

Згідно з результатами роботи технічних індикаторів, можна зробити наступні висновки:

– Індикатор PSAR дає досить чіткий сигнал на зміну тренду, який не повинен змінюватись впродовж одного робочого інтервалу декілька разів, що робить його дуже стабільним, але цей індикатор не є досить ефективним при великих коливаннях, які характерні для криптовалютних бірж.

– Індикатор ATR дає швидкі та явні сигнали при стрімкому зростанню/спаду ціни, оминаючи незначні або пологі рухи ринку. Не генерує явних сигналів на зміну тренду.

– Індикатор MACD досить точно вказує на сторону руху тренду, але іноді з запізненнями. Сигнали індикатора не є чіткими, тому можуть змінювати напрямок тренду впродовж одного інтервалу. Цей індикатор має схожий діапазон значень з ATR, тому може його доповнювати.

– Індикатор OBV як і ATR дає явні сигнали при різкій зміні тренду, завдяки використанню значення об'єму торгів, що значно більше при різкій зміні тренду. Недоліком OBV перед ATR є те, що з ним важче працювати через високі значення індикатора та його різкі зміни. Не генерує явних сигналів на зміну тренду.

Згідно з цими висновками вирішено запрограмувати алгоритми PSAR, MACD та ATR щоб детальніше їх вивчити та мати можливість вносити деякі правки в їх алгоритм для того, щоб за їх прикладом створити власний технічний індикатор, або для того, щоб використати їх у новому індикаторі.

За основу для розробки використано алгоритм PSAR через його високу стабільність. Як і PSAR, розроблюваний індикатор також буде відокремлювати поведінку при різному напрямі тренду. Для цього індикатор матиме дві лінії – одна, як правило, нижче тренду, друга – вище. Це зроблено для того, щоб зробити індикатор з якнайбільш стабільним сигналом. Підкріплюючими сигналами для кожної лінії є сигнал індикатора ATR за формулою (2.6) та результуюче значення у індикатора MACD, що є різницею двох функцій: MACD та SIG за формулами (2.2), (2.3). Можна використовувати стандартні параметри цих індикаторів. У індикаторів ATR та MACD використовується коефіцієнт значущості (вага), для обох коефіцієнтів

індикаторів ( $\alpha$  та  $\beta$ ) рекомендоване стандартне значення 3.

Для визначення напрямку тренду в реальному часі, рекомендується порівнювати значення ліній  $A$  та  $B$  на попередньому робочому інтервалі з максимальним та мінімальним значенням поточного інтервалу. Результуюча формула має наступний вигляд:

$$D = \begin{cases} 1, & \text{if } D_{prev} = -1 \text{ and } B_{prev} < C \\ -1, & \text{if } D_{prev} = 1 \text{ and } A_{prev} > C, \\ D_{prev} & \end{cases} \quad (3.1)$$

$$A = \begin{cases} \max \left( (M - ATR * \alpha - MS * \beta), A_{prev} \right), & \text{if } A_{prev} \leq C_{prev} \\ M - ATR * \alpha - MS * \beta & \end{cases},$$

$$B = \begin{cases} \min \left( (M + ATR * \alpha - MS * \beta), B_{prev} \right), & \text{if } B_{prev} \geq C_{prev} \\ M + ATR * \alpha - MS * \beta & \end{cases},$$

$$M = \frac{H + L}{2},$$

$$MS = MACD - SIG,$$

$$\alpha > 0, \beta \geq 0$$

де  $D$  – новий напрямок тренду;

$D_{prev}$  – напрямок тренду на попередньому інтервалі;

$M$  – середнє значення між максимальним та мінімальним значенням робочого інтервалу;

$A$  – значення нижньої лінії індикатора;

$B$  – значення верхньої лінії індикатора;

$ATR$  – значення індикатора  $ATR$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт значущості  $ATR$ ;

$MACD$  – значення індикатора  $MACD$ ;

$SIG$  – значення сигналу індикатора  $MACD$ ;

$MS$  – результуюче значення сигналу  $MACD$ ;

$\beta$  – коефіцієнт значущості індикатора  $MACD$ .

Для тестування на історичних даних рекомендується трохи змінити формулу (3.1), та використовувати для порівняння найвище  $H$  на найнижче  $L$

значення робочого інтервалу:

$$D = \begin{cases} 1, & \text{if } D_{prev} = -1 \text{ and } A_{prev} < H \\ -1, & \text{if } D_{prev} = 1 \text{ and } B_{prev} > L, \\ D_{prev} & \end{cases}$$

таким чином ми можемо використовувати значення ліній  $A_{prev}$  та  $B_{prev}$  як ціну покупки та продажу відповідно.

### 3.4 Огляд отриманих результатів, порівняння їх з аналогами

За допомогою програми, яку ми використовували для досліджень, можна зробити порівняння існуючих індикаторів та розробленого. Як зазначалося раніше, програма здатна відображати графік зі статистичними даними біржі у вигляді свічок та значення індикатора, який перевірявся на зображених даних. Також програма здатна підраховувати можливий прибуток та ряд інших параметрів. Код розробленого індикатора та кодбору статистики наведено у додатку А.

На рисунку 3.4 зображено роботу розробленого індикатора, на рисунку 3.5 зображена робота індикатора MACD, на рисунку 3.6 – PSAR.



Рисунок 3.4 – «Зображення роботи розробленого індикатора з параметрами  $\alpha=3$  та  $\beta=1$  на даних пари BTC/USDT з інтервалом в один день»

Для порівняння результатів роботи розробленого індикатора з MACD та PSAR для кожного були підбрані параметри індикаторів так, щоб мати найбільший прибуток.



Рисунок 3.5 – «Зображення роботи індикатора MACD з параметрами (12 26 12) на даних пари BTC/USDT з інтервалом в один день»



Рисунок 3.6 – «Зображення роботи індикатора PSAR з кроком прискорення 0.02 та максимальним прискоренням 0.2 на даних пари BTC/USDT з інтервалом в один день»

На рисунках 3.7, 3.8 та 3.9 зображені результати історичного тестування на даних пари BTC/USDT (Bitcoin проти Tether USD) розробленого метода та

індикаторів MACD і PSAR. Сумма кожної операції купівлі або продажу дорівнює 1 BTC. Програма використовує історичні дані останніх 500 інтервалів, в даному випадку – днів. На момент тестування 1 BTC коштував 7161.16 USDT, на початку тестування, тобто 499 днів назад – 8171.4 USDT. Як видно на рисунках, кожний індикатор міг би принести прибуток, але розроблений нами метод найкраще впорався би з цією задачею.

```
Order count: 24;  
Estimated profit: 4949.508441602861 USDT;  
Estimated profit after tax: 4777.248446545999;  
Maximal profit: 5222.47137637912 USDT;  
Average profit: 206.22951840011922 USDT;  
Drawdown: -1097.8000887338203 USDT;  
Profit/drawdown: 4.508569904846265;  
Trade volume: 172259.9950568623 USDT;
```

Рисунок 3.7 – «Результат тестування на історичних даних розробленого метода»

```
Order count: 33;  
Estimated profit: 2163.75 USDT;  
Estimated profit after tax: 1950.12823;  
Maximal profit: 4029.9000000000015 USDT;  
Average profit: 65.56818181818181 USDT;  
Drawdown: -1666.7600000000002 USDT;  
Profit/drawdown: 1.2981773020710838;  
Trade volume: 213621.76999999993 USDT;
```

Рисунок 3.8 – «Результат тестування на історичних даних індикатора MACD»

Слід зазначити те, що розроблений індикатор використав менше торгових операцій, що робить його найбільш влучним на обраних статистичних даних. Найбезпечнішим виявився індикатор PSAR, тому що він мав найменшу просадку. Також у PSAR був зафіксований найбільший максимальний прибуток.

```
Order count: 56;  
Estimated profit: 3682.2699999999995 USDT;  
Estimated profit after tax: 3286.4996099999994;  
Maximal profit: 6154.290000000001 USDT;  
Average profit: 65.75482142857142 USDT;  
Drawdown: -783.8399999999988 USDT;  
Profit/drawdown: 4.697731679934687;  
Trade volume: 395770.3900000001 USDT;
```

Рисунок 3.9 – «Результат тестування на історичних даних індикатора PSAR»

Згідно з результатами тестування можна зробити висновок, що розроблений метод здатен конкурувати з найпопулярнішими у світі технічними індикаторами на криптовалютних ринках. Звичайно, дані результати можуть бути лише збігом, або в функції підрахунку прибутку могла бути помилка, тому було проведено тестування на історичних даних з іншими активами та на інших робочих інтервалах. Результати перевірок наведені у графічному матеріалі атестаційної роботи.

Відповідно до постановки задачі, розроблений індикатор володіє такими якостями:

- стійкий до пилкоподібних коливань тренду;
- не залежний від типу біржі, різних типів поведіння ринку, вартості будь-якого активу;
- не прив'язаний до границь інтервалів;

- індикатор комбінує існуючі індикатори;
- генерує досить правильні та точні сигнали на зміну тренду;
- досить важка програмна реалізація;
- алгоритм досить легко сприймається;
- дуже важко розрахувати без спеціальних програмних засобів.

### 3.4 Перевірка достовірності результату розробки

Для того, щоб бути впевненим в достовірності отриманого результату розробленого методу, слід поррахувати власноруч очікуваний прибуток за допомогою цього методу та порівняти його з результатом історичного тестування. Формула для підрахування прибутку виглядає наступним чином:

$$p = a * \sum_{i=0}^{\min(m,n)} (s_i - b_i), \quad (3.2)$$

де  $p$  – розрахований прибуток;

$a$  – кількість базової валюти у кожній операції;

$b_i$  – ціна, за якою здійснилася  $i$ -та купівля;

$s_i$  – ціна, за якою здійснився  $i$ -й продаж;

$m, n$  – кількість операцій купівлі та продажу.

Для більшої достовірності візьмемо ті самі параметри розробленого методу, що ї в попередньому досліді, проте тестування буде проходити на великих інтервалах, щоб вмістити на аркуш всі операції торгівлі. На рисунку 3.10 зображено результат тестування.

Розрахований системою прибуток  $P$  приблизно дорівнює  $-7.72$ . Зверху під білою лінією зображені ціни операцій торгівлі. Ціни, які вище та жовтого кольору є цінами продажу, ті, що нижче та синього – купівлі. На вертикальному рівні з надписом цін, зображені хрестики відповідного до сторони торгівлі кольору. За допомогою таких хрестиків можна дізнатися, в якому інтервалі та за яку вартість була виконана торгова операція. Як видно на рисунку, всі операції знаходяться в межах діапазону свічки.



Рисунок 3.10 – «Результат тестування на історичних даних розробленого індикатора з параметрами  $\alpha=3$  та  $\beta=1$  на даних пари EOS/USDT з інтервалом в три дні. Кількість валюти у кожній операції: 1 EOS»

За формулою (3.2) ми можемо розрахувати зображений прибуток з торгових операцій на графіку:

$$P \approx -7.72,$$

$$p = 9.320 - 12.82 + 6.865 - 8.622 + 4.919 - 6.179 + 4.980 - 6.214 + 4.678 - 2.516 + 5.559 - 5.867 + 3.166 - 4.058 + 2.647 - 3.578 = -7.72$$

$$\rightarrow P \approx p,$$

де  $P$  – розрахований системою прибуток;

$p$  – розрахований вручну прибуток.

Згідно з розрахунками, результати історичного тестування розробленого методу є цілком достовірними.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання атестаційної роботи був проведений огляд сучасного стану і проблеми щодо торгів на біржі та тримання криптовалюти. Було визначено, на які проблеми може натрапити людина, яка тримає криптовалюту, торгує криптовалютами або будь-яких інших біржах, на яких дані подаються у форматі японської свічки. Після чого були знайдені та описані вже існуючі способи вирішення цих проблем.

Далі був описаний розглянутий об'єкт та його загальна характеристика, а також функціональні й структурні особливості розглянутої проблеми. У рамках постановки задачі визначились початкові умови для створення методу інтелектуального аналізу даних для дослідження ринків криптовалют та його критерії ефективності. Опираючись на постановку задачі були сформовані вимоги до дослідження.

Був визначений набір вимог до торгової системи, яка необхідна для дослідження технічних індикаторів. Для дослідження індикаторів, необхідно створити або знайти систему, яка здатна взаємодіяти з криптовалютною біржою, відображати статистичні дані по обраній парі активів у вигляді свічок та мати можливість створювати в ній власні технічні індикатори. В результаті для досліджень була обрана інформаційна система, яку автор створив в рамках бакалаврської роботи. Вона цілком відповідала наведеним вимогам.

Були розглянуті існуючі рішення, в нашому випадку, інші технічні індикатори. Вони були інтегровані в торгову систему для того, щоб детальніше вивчити їх поведінку, визначити на що впливає та чи інша математична операція індикатора та підрахувати їх ефективність.

За допомогою програмно реалізованих індикаторів вдалося створити новий технічний індикатор та порівняти його ефективність з іншими. За основу було взято індикатор Parabolic SAR. ATR та MACD також використовувались новим методом. За результатами тестування розроблений метод виявився достатньо ефективним, щоб використовувати його для торгівлі. Результати були перевірені та є достовірними.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алексей Лагутенков Криптовалюты. Правила применения // Наука и жизнь. – 2018. – № 2. – С. 22–26.
2. Путь трейдера: Как стать миллионером, торгуя на финансовых рынках / Дмитрий Черемушкин. – М.: АльпинаПаблицер, 2015. – 140 с.
3. Пол Винья и Майкл Кейси. Эпоха криптовалют. Как биткоин и блокчейн меняют мировой экономический порядок – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.– 432 с.
4. Investor Bulletin: Initial Coin Offerings. SEC (July 25, 2017) [https://www.sec.gov/oiea/investor-alerts-and-bulletins/ib\\_coinofferings](https://www.sec.gov/oiea/investor-alerts-and-bulletins/ib_coinofferings).
5. Боты для торговли криптовалютой: стоит ли использовать на биржах (15.12.2017) <https://cryptonet.biz/ru/boty-dlya-torgovli-kriptovalyutoj-stoit-li-ispolzovat-na-birzhah>.
6. J. Welles Wilder, Jr. – New Concepts in Technical Trading Systems – Trend Research. P.O. BOX 450. Greensboro, N.C. 27402. June 1978. 130 p.
7. Механические торговые системы: Психология трейдинга и технический анализ/ Ричард Вайсман; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблицерз, 2011. –229 с.
8. Томас Н. Булковски. Полная энциклопедия графических ценовых моделей. – М.: SmartBook, 2015. – 696 с.
9. Томас Р. Демарк. Технический анализ - новая наука. – М.: Евро, 2008. – 288 с.
10. Moving Average – TradingView wiki (15.10.2016) [https://www.tradingview.com/wiki/Moving\\_Average](https://www.tradingview.com/wiki/Moving_Average)
11. Andrew W. Lo; Jasmina Hasanhodzic (2010). The Evolution of Technical Analysis: Financial Prediction from Babylonian Tablets to Bloomberg Terminals. Bloomberg Press. p. 150.
12. Appel, Gerald (2005). Technical Analysis Power Tools for Active Investors. Financial Times Prentice Hall. p. 166

13. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997.- 112 с.

14. Стивен Б. Акелис. Схождение/расхождение скользящих средних (Moving Average Convergence Divergence – MACD) // Технический анализ от А до Я. Полный набор инструментов торговли... от «Абсолютного индекса ширины» до «Японских свечей» = Technical Analysis from A to Z: Covers Every Trading Tool... from the Absolute Breadth Index to the Zig Zag / Пер. с англ. М. Волкова, А. Лебедева. – М.: Диаграмма, 1999. – С. 30–34, 224–225. – 376 с.

15. Стивен Б. Акелис. Параболическая система SAR (Parabolic SAR) // Технический анализ от А до Я. Полный набор инструментов торговли... от «Абсолютного индекса ширины» до «Японских свечей» Пер. с англ. М. Волкова, А. Лебедева. – М.: Диаграмма, 1999. – С. 246–247. – 376 с.

16. Joel G. Siegel (2000). International encyclopedia of technical analysis. Global Professional Publishing. p. 341.

17. Стив Нисон. Японские свечи: графический анализ финансовых рынков. – М.: И-Трейд, 2011. – 292 с.

18. Hayes, Adam. "Average True Range - ATR". Investopedia.

19. Joseph E. Granville, Granville's New Strategy of Daily Stock Market Timing for Maximum Profit, Prentice-Hall, Inc., 1976.