

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерних наук \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ Штучного інтелекту \_\_\_\_\_  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

Розробка та дослідження інтелектуального торгового робота  
для ринку криптовалют  
(тема)

Виконав:  
студент 2 курсу, групи \_\_\_\_\_ СШМ-20-3 \_\_\_\_\_  
Маринич Р.В.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки \_\_\_\_\_  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-наукова \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи штучного інтелекту \_\_\_\_\_  
(повна назва спеціалізації)

Керівник \_\_\_\_\_ проф. Філатов В.О. \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

В.О. Філатов \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)  
Кафедра Штучного інтелекту  
(повна назва)  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва)  
Тип програми освітньо-наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)  
Освітня програма Системи штучного інтелекту (СШІ)  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Мариничу Роману Васильовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та дослідження інтелектуального торгового робота для ринку криптовалют

затверджена наказом університету від 24 березня 2022 р. № 414Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Вихідні дані до роботи Науково-технічні публікації, дані Інтернет-джерел та відомих наукових проектів

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

1) Аналіз предметної області

2) Проектування системи прийняття рішень

3) Апробація методу

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

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

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	28.03.2022	Виконано
2	Огляд та аналіз сучасного стану проблеми	29.03.2022–04.04.2022	Виконано
3	Постановка задачі	05.04.2022	Виконано
4	Класифікація інформаційних технологій	06.04.2022–09.04.2022	Виконано
5	Аналіз реалізованих систем аналогів	10.04.2022–12.04.2022	Виконано
6	Математичний опис обраного алгоритму	13.04.2022–17.04.2022	Виконано
7	Проектування системи прийняття рішень	18.04.2022–23.04.2022	Виконано
8	Підготовка пояснювальної записки	24.05.2022–01.05.2022	Виконано
9	Надання пояснювальної записки на перевірку	02.05.2022	Виконано
10	Рецензування	07.05.2022	Виконано
11	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання 28 березня 2022 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис) \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 с., 6 рис., 2 дод., 26 джерел.

### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТОРГОВА СИСТЕМА, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, МЕХАНІЧНА ТОРГОВА СИСТЕМА.

Об'єктом досліджень є розробка інтелектуального торгового робота.

Предметом досліджень кваліфікаційної роботи є інформаційні технології і методи створення інтелектуальних торгових роботів.

Мета досліджень: провести огляд та дослідження предметної області, дослідити існуючі методи розробки торгових роботів.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та дослідження методів, які дозволять зменшити збитки та збільшити прибуток при торгівлі на ринку криптовалют.

Методи дослідження – системний аналіз (для виділення окремих блоків для роботи з розробкою системи та дослідження алгоритмів розробки), аналогія (для дослідження роботи та визначення недоліків подібних систем прогнозування), емпіричний метод (ознайомлення з експертними оцінками, даними провідних вчених та дослідниками теорій прогнозування, статистики, аналізу часових рядів та алгоритму його створення).

## **ABSTRACT**

Explanatory note: 79 p., 6 fig., 2 ann., 26 sources.

**INTELLECTUAL TRADING SYSTEM, MATHEMATICAL MODEL,  
MECHANICAL TRADING SYSTEM.**

The object of research is the development of intelligent trade robot.

The subject of research qualification work is information technology and methods of creating intelligent trading robots.

The purpose of research: to conduct a survey and research of the subject area, to explore existing methods of developing trade robots.

The purpose of the qualification work is to develop and study methods that will reduce losses and increase profits when trading in the cryptocurrency market.

Research methods – system analysis (to select individual blocks to work with system development and research development algorithms), analogy (to study the work and identify the shortcomings of such forecasting systems), empirical method (acquaintance with expert assessments, data of leading scientists and researchers of theories of forecasting, statistics, time series analysis and the algorithm of its creation).

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз предметної області.....	8
Поняття ринку криптовалют .....	8
Сутність програмного трейдингу. Переваги і недоліки механічних торгових систем .....	9
Концепції, що лежать в основі механічних торгових систем .....	14
Аналіз реалізованих систем аналогів .....	27
Постановка задачі.....	32
2 Проектування системи прийняття рішень .....	34
Формулювання торгової ідеї та визначення базових елементів механічної торгової системи.....	34
Методи та порядок тестування механічної торгової системи.....	37
Оптимізація параметрів та показники ефективності стратегії.....	46
Управління ризиками у програмному трейдингу.....	51
3 Апробація методу .....	58
Вирішення задачі .....	58
Характеристика механічної торгової системи та результати її використання на ринку криптовалют.....	60
Висновки .....	63
Перелік джерел посилання .....	65
Додаток А Текст програми.....	68
Додаток Б Відомість кваліфікаційної роботи.....	79

## ВСТУП

Актуальність теми. Криптовалютний ринок належить до ринків, що розвиваються, тому поняття програмного трейдингу недостатньо висвітлено та недостатньо популярно. Разом з тим, трейдерами широко використовується системний підхід для забезпечення постійних позитивних результатів торгівлі. Ефективна робота на криптовалютному ринку досягається шляхом використання механічної торгової системи.

Перед трейдером стоїть завдання розробки та наступного використання власної механічної торгової системи, відповідної інвестиційним цілям, що відповідає уявленням про функціонування ринку, переважному часовому інтервалі торгівлі, очікуваного прибутку та прийнятих ризиків.

Механічна торгова система надає можливість отримувати прибуток на криптовалютному ринку в довгостроковому періоді, дозволяє уникнути суб'єктивізму, має характерний і повторюваний набір результатів, що піддається тестуванню.

Метою дослідження є вивчення можливості застосування програмного трейдингу на ринку криптовалют та вироблення рекомендацій щодо створення та використання ефективної механічної торгової системи.

Завдання дослідження:

- розкрити суть програмного трейдингу;
- розробити рекомендації щодо проектування механічної торгової системи та її застосування на ринку криптовалют;
- дати характеристику та дослідити практичні результати використання механічної торгової системи.

Об'єктом досліджень є розробка інтелектуального торгового робота для ринку криптовалют.

Предметом досліджень є інформаційні технології і методи створення інтелектуальних роботів.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### Поняття ринку криптовалют

Ринок криптовалют – це міжнародний ринок, на якому здійснюється торгівля криптовалютами між покупцями та продавцями від центральних банків до приватних осіб. Основні учасники торгівлі криптовалютою – це приватні особи та хедж фонди, які використовують криптовалютний ринок безпосередньо для обміну валют.

Інші учасники – це трейдери, головна мета яких – заробити на різниці криптовалютних курсів. Трейдери відслідковують динаміку ринку та здійснюють операції купівлі-продажу криптовалют, одержуючи прибуток від угод. На спрощеному, побутовому рівні торгівля на крипторинку – це спекулятивні угоди виду «купити дешевше, продати дорожче», проте їх успішність вимагає наявності базових економічних знань, логічного мислення та аналітичних навичок.

Трейдинг криптовалютою здійснюється за допомогою спеціалізованих бірж, які надають фізичним особам доступ до операцій над ринком валют.

Трейдер – особа, яка торгує фінансовими інструментами для отримання прибутку.

У світі фінансових ринків саме трейдери є ключовими фігурами, що рухають попит та пропозицію. Для укладання вдалої угоди трейдеру необхідно помічати фактори, що впливають на ситуацію на ринку, розуміти, як їх інтерпретувати, а також вміти читати графіки рухи цін на активи.

## Сутність програмного трейдингу. Переваги і недоліки механічних торгових систем

Мета будь-якого інвестора, який працює на криптовалютному ринку, отримувати прибуток. Складність застосування технічного та фундаментального аналізу, чутки, оманливий внутрішній голос, і багато інших факторів здатні ввести в оману, а значить сприяти отриманню серйозних збитків. Природа людини така, що під дією цих почуттів вона неминуче приймає хибне рішення на спекулятивній арені. Цілком позбавити цих емоцій може лише план торгівлі. Рано чи пізно, пройшовши через етап пошуків та експериментів, трейдер набуває певних уявлень про те, як слід діяти на ринку. Іноді вони інтуїтивні, однак ці уявлення часто можуть бути виражені у вигляді жорстких правил, які підлягають неухильному виконанню. У такому разі, використовуючи будь-яку програму технічного аналізу, ці конкретні правила купівлі та продажу криптовалюти можна перетворити у формули, отримавши в результаті торгову систему.

Такий підхід має низку переваг. Сучасні програми технічного аналізу здатні працювати в режимі реального часу, будуючи графіки та індикатори на основі поточних біржових даних. Вони негайно повідомляють трейдера про виникнення сигналів на відкриття або закриття позицій, тобто купівлю чи продаж акції, і йому залишається лише швидко та дисципліновано їх виконувати. В цьому випадку знімаються основні психологічні напруження. Вся робота полягає в дослідженні графіків та формулюванні торгових правил.

Програмний трейдинг – це торгівля на ринку за допомогою механічної торгової системи.

Головна перевага програмного підходу полягає в тому, що сформульована у вигляді конкретних формул механічна торгова система може бути протестована на минулих цінових даних. Тестування дозволяє переконатися, наскільки ці правила були б ефективні у реальній торгівлі.

Механічна торгівля базується на об'єктивних автоматизованих правилах, заснованих для їх баченні ринку чи філософії. Трейдери суворо дотримуються цих правил (використовуючи комп'ютерні програми) при вході чи виході з ринку. Механічна торгова система полегшує життя, виключає роль емоцій у прийнятті рішень і примушує дотримання правил та дисципліни.

Повністю механічна торгова система, яка може тестуватися та застосовуватися абсолютно об'єктивним чином без втручання людини, повинна містити точні правила для входів та для виходів із ринку. Щоб бути справді повною, система повинна давати таку інформацію:

- коли, як і за якою ціною входить у ринок;
- коли, як і за якою ціною виходити з ринку зі збитками;
- коли, як і за якою ціною виходити з ринку із прибутком.

Механічна торгова система – суворо певний набір правил, які говорять трейдеру, що і коли робити. Вона автоматично генерує сигнал про відкриття чи закриття позицій.

Механічна торгова система – це набір взаємозалежних правил по входу на ринок та виходу з нього.

Торгова система – група певних специфічних правил чи параметрів, що визначають точки входу чи виходу для даного капіталу. Ці точки, відомі як сигнали, часто зображуються на графіку в реальному часі та пропонують негайно здійснити угоду.

Торгова система – це формалізовані правила, що описують закономірності цінових коливань, які помічені або знайдені за певним методикам. На підставі цих правил визначаються моменти купівлі та продажу, підраховується дохід. Для наочності на ціновому графіку розставляються спеціальні символи в місцях купівлі та продажу, а також малюється крива стану передбачуваного рахунку. Існують програми, у яких передбачені можливості роботи із системами. Це можуть бути як звичайні програми технічного аналізу, і спеціалізовані.

Торгова система – сучасний інструмент роботи на криптовалютному ринку, що дозволяє отримати максимальний ефект від інвестицій. Це план, який точно каже, що робити у будь-якій ситуації. Найчастіше такі торгові плани комп'ютеризовано. Будь-яка торгова система складається з певних правил, ґрунтується на різних видах аналізу, фундаментального, технічного, математичного чи психологічного. Ефективність правил торгової системи тестується на історичних цінових даних. Вона дозволяє інвестору мінімізувати час необхідний прийняття торгового рішення, а як і впевнено почуватися на ринку. Впевненість базується на основному правилі – якщо система прибутково працювала раніше, то вона з високою ймовірністю прибутково працюватиме і в найближчому майбутньому.

Торгова система – набір правил, які можуть бути використані для створення торгових сигналів.

Основним правилом успішної торгівлі є виключення впливу емоцій на трейдинг. Це означає, що потрібна деяка механічна торгова система. Найбільш успішними є механічні торгові системи, які дають користувачу три ключові елементи:

- ясна основа входу в позицію;
- певна основа для виходу з позиції при несприятливому розвитку подій;
- ясна та певна підстава для виходу з позиції при сприятливий розвиток подій.

Для розуміння мотивації дій трейдера слід звернутись до дослідженням прибічників «поведінкових фінансів». «Гарячої» галуззю фінансових досліджень у 90-ті роки стали «поведінкові фінанси», що пов'язують соціокультурні стандарти інвесторів, їх психологію та прийняття інвестиційних рішень.

Однією з головних помилок приватних інвесторів є занадто часте проведення угод з на ринку, сподіваючись, що прибуток перевищить торгові витрати. Наступною помилкою інвесторів є небажання інвесторів

ліквідувати відкриті позиції, коли розвивається падаючий тренд. «Психологи називають цю особливість «огидою до програшу»: біль, що зазнає навіть від невеликої втрати грошей, переважає задоволення від прибутку. Саме через психологічні фактори інвестори не диверсифікують портфель достатньою мірою. Втім, знання психологічних особливостей поведінки нерациональних інвесторів ще не означає, що їх легко обіграти на ринку криптовалют». На ціну впливає величезна кількість різноманітних факторів, та простежити навіть найзначніші не завжди стає можливим. Таким чином, припустимо, що рухи ціни в значною мірою випадкові. Припустимо, ринок є ймовірнісний процес і звичайна логіка не завжди застосовна до роботи на ньому. Для прийняття оптимальних рішень тут потрібна абсолютно інша логіка – імовірнісна. Віра у краще, надія на сприятливий результат подій, страх втрат, прагнення видати бажане за дійсне – все це починає сильно впливати на механізм ухвалення рішень. З'являється безліч психологічних пасток, коли приймаються абсолютно неоптимальні та збиткові рішення. Те, що є випадковим, розум прагне розкласти на причини та наслідки, виявити закономірності, встановити порядок. Однак, коли цього не вдається зробити розуму, у гру вступають почуття та емоції.

Механічна торгова система може допомогти інвесторам уникнути помилок, про які говорять прихильники поведінкової теорії. Механічна торгова система є концентрацією досвіду, знань та зусиль трейдера та допомагає йому стабільно заробляти. Говорячи про торгові системи, маємо на увазі комп'ютерні програми, які, маючи спеціальні функції аналізу ринку, будуть давати трейдеру сигнали купівлі або продажу того чи цінного активу. Трейдери, що працюють з системою повинні бути дійсно впевнені у своїй системній методиці. Це дозволяє тривалий час дотримуватись торгової дисципліни. Важко, не замислюючись, слідувати інструкціям програми з невідомою логікою, особливо в несприятливі періоди ринку, тому слід чітко знати, на підставі чого треба приймати те чи інше рішення.

Основні переваги механічних торгових систем:

- відсутність впливу людських емоцій;
- підвищення дисципліни та послідовності дій трейдера;
- укладання угод лише у напрямі тенденції;
- прогнозування ризику збитків. Адекватна оцінка параметрів системи, як у процесі тестування, так і в процесі торгівлі, яка дозволяє з'ясувати слабкі місця системи та скоригувати їх;
- здатність торгувати на більшій кількості ринків, витрачаючи мінімально потрібні зусилля. Як наслідок, можливість отримувати переваги за рахунок різних типів диверсифікації та управління капіталом;
- при довгостроковій торгівлі зведення ризику до мінімуму та висока можливість отримання прибутку. Теоретична прибутковість системного трейдингу прагне прибутковості тридцять – сорок відсотків річних.

При створенні системи необхідно пам'ятати про її недоліки:

- надійне функціонування системи можливе, коли ринок слідує сильної, яскраво вираженої тенденції;
- торгові системи часто збиткові на короткострокових періодах, оскільки для ринків характерні періоди, коли рух цін не визначається чіткою тенденцією;
- неможливість оперативного реагування на події та новини. Як правило, будь-яка механічна торгова система запізнюється, в першу черга тренд – стежить, вона йде за фактом зміни ринку і тільки потім вже робить угоду;
- втрата певної інтелектуальності під час торгівлі за системою;
- необхідність регулярного контролю позицій;
- механічна торгова система не обганяє за прибутковістю зростаючий ринок, за винятком ситуацій торгівлі «з плечем».

Маржинальна торгівля укладається в придбання інвестором криптовалюти на кошти, надані брокером, або продажу криптовалюти, наданих біржею. Купуючи криптовалюти «з плечем» клієнт оплачує

частину вартості угоди власними коштами, а решта суми надається біржою у позику.

Якщо мислення трейдера не відповідає ринку, він ігнорує зміни масової психології натовпу, то шансів на виграш немає. Всі Фахівці, які виграють, розуміють величезне значення психології у біржовий грі. Усі любителі, які програють, ігнорують її.

### Концепції, що лежать в основі механічних торгових систем

З тих пір, як набув широкого поширення інтернет – трейдинг, у відкритому доступі розміщується безліч механічних торгових систем, обіцяють прибуток двісті відсотків річних і вище, але їхня серйозність залишається під питанням. Критерієм їх оцінки вважатимуться показник співвідношення прибутковості до максимального просідання капіталу. Після оцінки всіх методик і порівняння результатів можна робити висновки про їх ефективності та застосування у реальній торгівлі.

Найчастіше використовується класифікація механічних торгових систем залежно від напрямку руху ринку МТС поділяються на два види: контр-трендові та трендові.

Тренд – це основний напрямок руху ціни активу над ринком. Тренди можуть відрізнятися за термінами короткострокові, довгострокові та середньострокові. Приблизно одна третина загального обсягу часу падає на коливання цін вгору - вниз, коли піки та спади залишаються приблизно на одному рівні. Така горизонтальна модель називається «торговий або ринковий» коридор. Найчастіше можна зустріти термін «безтрендовий ринок».

Контр-трендові системи орієнтовані на отримання прибутку при безтрендовому ринку. Цей підхід передбачає, що ціна коливається всередині деякого «каналу». Трейдер припускає купувати дешево на нижньому кордоні цього каналу та продавати дорожче на максимумі. Проте, значний

трендовий рух зруйнує цей канал. і позиції, відкриті на нижньому кордоні каналу, доведеться зі збитком закривати, коли з'явиться сильний тренд униз. Тому головну роль таких системах грають механізми визначення стану ринку. До недоліків контр-трендових систем можна віднести емпіричне прийняття рішень, наприклад, одним із факторів, який має визначити розробник системи – це кількість пунктів. У таких системах не ясно точний час виходу. Що може призвести до втрат. Контр-трендові механічні торгові системи можна розділити на безліч підвидів, залежно від інструментів технічного аналізу, що застосовуються у них. Ідея полягає в тому, щоб купувати, коли імпульс у цьому напрямі починає зникати. Це обчислюється з допомогою осциляторів. Усі підвиди контр-трендових МТС мають в основі принцип – купувати дешево та продавати дорого. Ефективність осциляторів не обмежується межами «Бестрендового ринку». У період сильної певної тенденції осцилятори здатні пророкувати короткочасні періоди в динаміці ринкової активності – так звані стани перекупленого та перепроданого ринку. Дані індикатори дозволяють заздалегідь побачити ослаблення ринкової тенденції – до того, як це явно позначиться на динаміці цін. Наприклад, розбіжність між напрямком руху кривої осцилятора та динамікою цін показує, що слідування ринку певної тенденції підходить до кінця.

Контр-трендові механічні торгові системи, що базуються на індексі Відносної Сили. Слід купувати, якщо RSI, опустившись нижче за свою нижню межу, потім підніметься над нею. Продавати на зниження, якщо RSI, піднявшись над своєю верхньою лінією, опуститься потім нижче за неї. Купувати на підставі цих сигналів слід тільки коли тижнева тенденція йде вгору, а починати продаж на зниження – тільки коли вона йде вниз.

Стохастичний індекс поділяється на «швидкий» та «повільний». Даний індекс вимірює співвідношення між кожною з кінцевих цін та недавнім діапазоном мінімумів та максимумів. Виявивши середньострокову тенденцію до підвищення, необхідно почекати, коли короткострокові

стохастичні лінії опустяться нижче за нижню межу. Не чекаючи їх перетину, або повороту вгору, необхідно відкрити довгу позицію над останнім максимумом.

Коли Відсоток Вілльямса досягає рівень перепродажу вперше чи повторно, потрібно купувати. Правила продажу протилежні. Момент – МТС, побудовані на підставі цього індикатора, можуть бути як трендові, так і контр-трендові, різниця полягає у його використанні. Коли момент використовується як індикатора слідування за трендом, сигнал купівлі виникає, коли графік ціни перетинає нульову лінію знизу вгору, продаж – у зворотному напрямку. Оскільки момент вимірює прискорення та уповільнення ринку, то він є індикатором купівлі та перепродажу. Продавати у цьому випадку необхідно відразу після прориву верхньої зони, а покупка при прорив нижньої зони. До осциляторів також відносяться: швидкість зміни, округлена швидкість зміни, релятивносилловий індекс, біржовий рентген, індекс сили, індекс коридору біржі та інші. Індикатори цієї групи подають випереджаючі або синхронні сигнали і часто виникають до зміни цін. Трендовий підхід передбачає «купувати дорого та продавати дешево». Тренд – МТС чекають на суттєвий рух ціни, а потім купує чи продає у цьому напрямку. Цей вид систем базується на надії, що рух ціни переросте у тренд. Вони купують дорого за зростаючою ціною, щоб потім продати ще дорожче і продають дешево на падаючою ціною, щоб потім купити ще дешевше. До недоліків трендових механічних торгових систем можна віднести такі моменти:

- при створенні МТС є емпіричний елемент для визначення тренду. Наприклад, ковзна середня може бути як за дев'ять годин, так і за п'ять років, тому розробник винен визначити, який період найкращий для системи;
- трендові системи можна віднести до запізнюваних, тому що з них допомогою неможливо купити на мінімумі та продати на максимумі;

– при використанні трендових систем потрібна жорстка система ризик-менеджменту, тому що дані системи не можуть швидко зреагувати на різку зміну ціни.

Трендові системи, як і контр-трендові, можна класифікувати, залежно від технічних індикаторів, застосовуваних у них:

– класичні трендові лінії. Сигнал про відкриття позиції з'являється при перетині ліній підтримки чи опору. Застосовуються у довгостроковому періоді;

– системи, засновані на динаміці простих та складних ковзаючих середніх. Ковзаючі середні показують середню ціну акції за певний період. Ковзаючі середні поділяються на прості (moving average – MA), виважені (WMA), експонентні (EMA). При створенні МТС за допомогою ковзних середніх, слід слідувати загальному напрямку середньої та відкривати позиції в цьому напрямку. Також можлива покупка на підставі перетину ціни та середньої, або перетину швидкої та повільної ковзних середніх, при цьому повільна ковзна середня дає напрямок торгівлі, а швидка визначає момент входу. Зворотні перетину сигналізують про закриття позиції;

– смуги, конверти, канали. Ідея, що лежить в основі даних індикаторів, полягає в тому, що, коли ціною досягнуто нового максимуму або мінімуму, ціна швидше всього продовжуватиме рухатися у напрямку прориву. Індикаторами, використовуються в системах пробивання, можуть бути Смуги Боллінжера, в честь Дж. Боллінджера, ринкового аналітика з CNBC/Financial News Network. Смуги Боллінджер характеризують різке відхилення ціни від тренда. Є середньоквадратичним відхиленням від ковзної середньої, але не паралельні їй. Рішення про відкриття позиції виникає, коли ціна знаходиться вище верхньої лінії опору та перетинає їх, повертаючись у коридор. Позиція закривається за дотримання протилежних умов. Відсоткові конверти являють собою смуги, паралельні середньої. Відкриття позиції відбувається при перетині ціною ковзною середньої та

закривається при досягненні фактичною ціною кордону конверт. Канали засновані на принципі зміни цін, тобто волатильності. Рішення про вхід приймається при перетині ціною кордону каналу, вихід відбувається на зворотних умовах;

– МТС, що використовує MACD (moving average convergence-divergence). Індикатор розроблений Д. Аппелем у 1979 році. Сигнали до покупки на підставі даного індикатора генеруються, коли швидша лінія перетинає більш повільну середню, а сигнали до продажу у протилежному випадку [14];

– параболічна система (Parabolic). Торгівля ініціюється за фактичному перетині графіком ціни лінії індикатора;

– механічна торгова система, заснована на індикаторі спрямованого руху. Ідентифікує довготривалу тенденцію ринку. Одна лінія рухається у напрямку динаміки ціни, а друга у протилежному. Чим більша відстань між ними, тим більше тренд. Купувати актив слід, коли DM позитивно, продавати коли негативно.

Індикатори цієї групи подають синхронні або запізнювальні сигнали, тобто. одночасно чи після розвороту тенденції.

Механічні торгові системи можуть бути засновані як на кожному з перелічених вище індикаторів, і на їх комбінації.

В даний час понад дев'яносто відсотків трейдерів використовують у торгівлі трендовими механічними торговими системами. Існує кілька причин тому.

Трендові системи ефективні в середньостроковому та довгостроковому періоді, в той час як контр-трендові системи добре діють лише у короткостроковому періоді. По-друге, трендові механічні торгові системи обмежують збитки та дозволяють необмежено зростати прибутки, на відміну від контр-трендових систем, які обмежують і збитки та прибуток. Практика показує, що, використовуючи контр-трендову механічну систему, необхідно зробити максимальну кількість угод для отримання суттєвого

прибутку, у той час як за правилами трендового системи за той же період часу буде відкрито лише одну угоду в напрямок руху ціни. При торгівлі за допомогою контр-трендової МТС у зв'язку з великою кількістю угод виникають високі торгові витрати на комісію. Побудувати успішну та стійку трендову систему на порядок простіше, ніж контр-трендову. Недоліком контр-трендових систем є те, що вони генерують збиткові сигнали при бічному русі ринку. Проте, прибуток від успішної угоди нерідко перевершує загальний збиток від кількох невдалих угод.

Механічна торгова система Чарльза Лебо та Девіда В. Лукаса Найбільш популярні системи йдуть за трендом і відстають від ринку. Система ковзних середніх, така як методика Чарльза Лебо та Девіда В. Лукаса, описана в книзі «Комп'ютерний аналіз ф'ючерських ринків». Механічна торгова система генерує сигнали входу на перетині двох ковзних середніх, де ковзна середня – усереднене значення цін певний період. Довга позиція відкривається, коли дев'ятиденна ковзна середня перетинає знизу вгору вісімнадцятиденну середню. Позиція закривається при зворотному перетині. Довга позиція – купівля криптовалюти, товару або валюти, очікуванням, що вартість активу зросте. Коротка позиція – продаж запозичених криптовалюти, товару чи валюти, з очікуванням, що ціна активу впаде. У цій системі використовуються захисні стоп-ордери, ордер на продаж акції, коли її ціна падає на певну величину, обмежуючи збитки інвестора чи фіксуючи отриманий прибуток. Захисні ордери ставляться на один мінімальний рух ціни нижче западини коливань за двадцять днів, що передують входження на ринок. Ця система має на увазі відкриття позиції на наступний день за ціною закриття дня, коли надійшов сигнал. Але якщо відкривати чи закривати позицію на закритті дня, коли прийшов сигнал, можна виключити з підрахунку статистичних даних негативне прослизання – відмінність між передбачуваними операційними витратами та фактично сплаченою ціною.

Механічна торгова система Ларрі Вільямса Розглянемо трендову механічну торгову систему Л. Вільямса. Фігури – комбінації з декількох денних барів. Бар – це набір котирувань, що включають ціни відкриття, закриття, максимум та мінімум за певний період. Дана система пробійна, тобто вводить у ринок при пробіі рівня. Ларрі Вільямс, автор книги

«Довгострокові секрети короткострокової торгівлі», вважає, що «кращі фігури мають спільний елемент, що зв'язує їх разом: фігури, що представляють екстремальні ринкові емоції, надійно генерують угоди для цінових коливань у протилежному напрямку. Іншими словами, те, що багато

хто «бачить» на своїх графіках як негативне явище, найчастіше може виявитися позитивним для короткострокових ринкових рухів, і навпаки». Ларрі Вільямс запроваджує поняття «зовнішнього дня». Цей день легко визначити – він має вищий, ніж у попередній день, максимум, і нижчий мінімум. Максимум дня вище, ніж максимум попереднього дня, а мінімум – нижче, ніж мінімум попереднього дня, причому закриття – нижче за мінімум попереднього дня. Якщо завтра відкриття нижче закриття зовнішнього дня, то необхідно купувати на відкритті наступного дня встановлюється доларовий стоп. Позиція закривається за першому прибутковому відкритті.

Потрібно шукати будь-якого дня, що закривається вище максимуму попереднього дня і має два послідовно попередніх закриття вгору, що робить його третім вдень поспіль. «Сценарій ударного дня продажу – тут треба шукати день, що закривається вище максимуму попереднього дня і, найбільш ймовірно, «проривається» вгору, щоб закритися вище торгового діапазону». Продавати необхідно, якщо вже наступного дня ціна йде до мінімуму ударного дня.

Фігура на покупку виглядає так само як і фігура на продаж, тільки перевернута.

«Продажна пастка» – це стійкий зростаючий тренд, що рухається в один бік протягом п'яти – десяти днів, а потім проривається вгору із закриттям вище всього діапазону торгівлі. Справжній мінімум дня прориву

стає критичною точкою. Якщо вона проривається вниз або взята в наступні один – три дні, є велика ймовірність, що прорив, спрямований нагору, був хибним.

Продавати рекомендується, якщо ціна минає мінімум ударного дня. Для обмежень ризику використовується доларовий стоп. Вихід – за першого прибуткове відкриття.

Ще одна «пастка спеціалістів» – «покупна пастка», протилежна «продажній пастці».

Фігура «Уупс!» заснована на надмірно емоційній реакції ринку, а потім – швидкому розвороті, супутньому надмірному цінової реакції. Переважна нормальну, реакція відбиває великий розрив у ціні між останнім закриттям та відкриттям наступного ранку. Цю ситуацію необхідно використовувати як сигнал на купівлю: відкриття, що відбувається нижче за мінімум попереднього дня. Такий рідкісний випадок вказує на потенційний розворот ринку. Час для входу настає, коли після нижчого відкриття ціни починають знову йти тому, до мінімуму попереднього дня. Найімовірніше, що буде різке зростання ринку.

Під час продажу здійснюються протилежні дії.

Три правила, які треба слідувати при виході з короткострокових торгових угод:

- вавжди використовувати стоп – наказ для обмеження втрат;
- використовувати техніку «катапультивання» із прибутком.

Основне правило – виходити першому прибутковому відкритті;

– виходити та розгортатися, якщо отримано протилежний сигнал. Якщо відкрита коротка позиція, і отриманий сигнал для придбання, слідувати новому сигналу.

Механічна торгова система Білла Вільямса є пробійна систему, засновану на ковзних середніх. Вхід у ринок відбувається при пробиванні попередніх мінімумів або максимумів. Використовуються фільтри та ковзні

стоп-накази, що обмежують збиток, що встановлюються нижче за ринкову ціну на певний відсоток.

Алігатор – це комбінація ліній балансу, які використовують фрактальну геометрію та нелінійну динаміку. Синя лінія – це лінія балансу для тимчасового періоду, що використовується для побудови графіка. Червона лінія – це лінія балансу для значущого тимчасового періоду, який значно нижче. Зелена лінія – це лінія балансу для значного часового періоду, який ще один порядок нижче. Губи, зуби і щелепа Алігатора показують взаємодію різних тимчасових періодів. Оскільки тренди на ринку можна виділити лише протягом п'ятнадцяти-тридцяти відсотків часу, то бажано слідувати трендам і не працювати на ринках, що змінюються тільки в межах певних цінових періодів.

Алігатор складається з трьох ковзних середніх: синій, червоної та зелений.

Синя лінія – тринадцятиперіодна згладжена ковзна середня, зміщена на вісім барів у майбутнє. Червона лінія – восьмиперіодна згладжена ковзна середня, зміщена на п'ять барів майбутнє. Зелена лінія – п'ятиперіодна згладжена ковзна середня, зсунута на три бари у майбутнє.

Умова фільтра – коли ковзні середні перетнуті в одній точці, позицію відкривати не слід. Сигнал на покупку – серія з п'яти послідовних барів, де до і після бару з найвищою вершиною знаходяться бари з меншими вершинами.

Сигнал на продаж – серія з п'яти послідовних барів, де до і після бару з найнижчим денцем знаходяться бари з денцями вище.

Купівля: якщо утворився локальний максимум (фрактал) вище перетину ковзних середніх, слід входити в ринок, коли ціна долає попередній локальний максимум на одне мінімальне значення. Продаж відбувається на протилежних умовах.

Стоп – позиція закривається, якщо ціна перетнула червону лінію, та тимчасовий інтервал закрився нижче червоної лінії або розміщується стоп ордер на один мінімальний рух ціни нижче протилежного фактал.

Вихід з ринку відбувається, якщо ціна перетнула червону лінію, та тимчасовий інтервал закрився нижче за червону лінію.

МТС Білла Вільямса передбачає збільшення попередньої позиції, якщо виконуються умови входу.

Наступна система, що досліджується, називається «система черепашок». Механічна торгова система заснована на пробої цінового каналу, та складається із двох систем. Перша система – короткострокова система, заснована на двадцятиденний прорив. Друга система – довгострокова система, заснована на п'ятдесятиденному прориві

Відкриття позиції за першою системою – коли ціна виходить на один тик за межі максимуму попередніх двадцяти днів. Якщо ціна перевищувала двадцятиденний максимум, необхідно купувати один контракт, відкриваючи довгу позицію щодо відповідного фінансового інструменту.

Відкриття позиції у другій системі відбувається, коли ціна виходить на один тик за межі максимуму попередніх 55 днів. Якщо ціна перевищувала 55-денний максимум, слід купувати один контракт, відкриваючи довгу позицію щодо відповідного фінансового інструменту. Якщо ціна падала на один тик нижче 55-денного мінімуму, то слід продавати один договір, відкриваючи коротку позицію. Усе прориви у другій системі призводять до відкриття позицій, незалежно від того, яким був попередній прорив – прибутковим чи ні.

По «системі черепашок» контракти додаються. Рекомендується входити у довгу позицію одним контрактом на прориві та збільшувати розмір відкритої позиції після того, як ціна зросла на піввідсотка з моменту входу.

Вихід за першою системою – десятиденний мінімум для довгих позицій та десятиденний максимум для коротких. Усі контракти виводяться

з ринку, якщо ціна йде проти відкритої позиції до десятиденного прориву. Вихід за другою системою – двадцятиденний мінімум для «long» та двадцятиденний максимум для short position. Усі контракти виводяться з ринку, якщо ціна йде проти відкритої позиції до двадцятиденного прориву. Допустимий ризик по угоді – два відсотки.

Механічна торгова система Томаса Р. Демарка характерна тим, що автор бере середнє значення тривалості трендів. Визначає початок тенденції та відкладає від неї кількість днів, яку він вважає історичним розміром тенденції

Визначення початку тренду – складається з трьох основних етапів: Початкова стадія. Початкова стадія передбачає наявність послідовності з дев'яти або більше днів, ціна закриття кожного з яких нижче, ніж ціна закриття торгової сесії на чотири дні раніше. Ціна закриття в торговий день, що безпосередньо передує першому дню дев'ятиденного настановного набору на покупку, має бути більше або рівною ціною закриття чотири торгові дні тому. Якщо ціна закриття будь-якого торгового дня дорівнює ціні закриття торгового дня чотири дні тому, настановний набір переривається і слід почати побудова нового набору.

Точка перетину. Ця умова вимагає, щоб максимум будь-якого дня, починаючи з восьмого дня початкової стадії і далі, перевищував ціновий мінімум, зазначений на ринку три дні тому чи раніше. Фактично, це мінімально необхідна умова, що забезпечує початкова стадія покупки не буде розглядатися як завершена в ситуації обвального падіння цін.

Запуск лічильника. Лічильник запускається після виконання двох попередніх умов. Рахунок починається з нуля і збільшується на одиницю кожен із днів, закриття якого нижче мінімуму двома днями раніше, дев'ятий день встановлення також входить у фазу відліку. При значенні лічильника, що дорівнює тринадцяти, подається сигнал покупки. Слід підкреслити, що на відміну від початкової стадії дні відліку не обов'язково повинні слідувати

один за одним. Лічильник обнулюється, якщо виникає будь-яка з наступних умов:

– торгова сесія закривається за ціною, що перевищує денну максимум початкової стадії;

– виникає початкова стадія продажу (дев'ять послідовних) закрить вище відповідних закрить чотирма днями раніше);

– до досягнення лічильником значення тринадцяти починається ще одна початкова стадія покупки. У цій ситуації перевагу набуває нова початкова стадія, і рахунок знову починається з нуля, як тільки утворюється точка перетину.

Відповідно до першого з них входження на ринок здійснюється за ціною закриття того дня, коли завершився відлік – це найбільш ризикований метод.

Другий метод входження на ринок гарантує від зациклювання ціни, і, отже, при такому вході активний сигнал не буде втрачено. Однак при цьому потрібен якийсь «підскок» ціни: у разі покупки ціна закриття повинна бути більшою за ціну закриття чотири дні тому, а у разі продажу ціна закриття повинна бути меншою від ціни закриття чотири дні тому.

Останній метод входження в ринок полягає в очікуванні дводенного «підскоку» ціни після того, як визначено тринадцятий день. Іншими словами, після завершення відліку купувати слід, як тільки ціна закриття перевищить максимальну ціну два дні тому, і, навпаки, продавати слід, як тільки ціна закриття виявиться меншою, ніж мінімальна ціна два дні тому.

Згідно з першим методом позиція закривається, якщо закінчується формування нового настановного набору та ціні не вдається подолати ціновий рівень, зафіксований у процесі формування найближчого неактивного настановного набору.

В іншій методиці виходу з ринку також порівнюються два настановного набору, але в цьому випадку позиція зберігається до появи сигналу про перелом тенденції, якщо будь-яка з цін, зареєстрованих у

протягом поточного активного настановного набору, що долає ціновий рівень неактивного настановного набору.

Рівень стоп-наказу визначається шляхом віднімання величини справжнього діапазону із мінімальної ціни цього дня.

Отже, для аналізу вищенаведених механічних торгових систем їх необхідно оцінити. Для об'єктивної оцінки проводиться не менше тридцяти спостережень, хоч би по п'яти криптовалютах. Оцінювані показники повинні відображати два моменти – прибутковість системи і пов'язаний з цією прибутковістю ризик, що є функціями від низки параметрів. Наприклад, ризик є функцією від часу знаходження системи на ринку, відсотка збиткових угод, середнього розміру збиткової угоди, середнього розміру просідання капіталу і т.д.

Для порівняння результатів торгових систем представляється доцільною є наступна послідовність дій:

Визначення достовірності даних на основі:

- оцінки достатності кількості угод;
- оцінки впливу даних, що «вискакують» на розраховані показники;
- порівняння показників прибутковості та ризику різних систем між собою та вибір системи з найкращим співвідношенням прибутковості та ризику.

При «інших рівнях» проводиться додатковий аналіз набору показників, що характеризують більш тонкі механізми формування прибутковості та ризику:

- математичне очікування прибутковості угоди;
- стандартне відхилення прибутковості угоди;
- співвідношення середніх прибуткових та збиткових угод;
- максимальне просідання капіталу та інші.

Проаналізувавши отримані результати, можна говорити про ефективності тієї чи іншої механічної торгової системи Якщо параметри

системи влаштовують, то можна брати її на озброєння при створення власної механічної торгової системи.

### Аналіз реалізованих систем аналогів

Розглянемо аналоги, які надають послуги розробки роботів, а саме: TSLab [1], Zenbot [2], HUMMINBOT [3]. Нижче наведено основний інтерфейс робтів та короткий опис.

Платформа TSLab призначена для розробки, тестування на історичні дані та запуску робота в реальну торгівлю. Створення торгових алгоритмів вимагає спеціальних навичок. Стратегії створюються з допомогою функціоналу TSLab.

Торгове середовище платформи передбачає:

- розробку користувачем своїх алгоритмів. Складність нічим не обмежена;
- інтеграцію з власними індикаторами та графіками;
- розробка візуальних блоків з технічними індикаторами.

Платформа має усі стандартні функції, які присутні в терміналах брокерів: можливість перегляду котирувань, побудови графіків, використання графічного інструментарію, індикаторів технічного аналізу.

Основа обслуговування. Дозволяє створювати торгових роботів TSLab із простих кубиків. Кубики з'єднуються між собою та передають один одному важливу інформацію. Через війну конструюється алгоритм торгівлі. Якщо кубиків не вистачає, то їх можна додати.

Вбудований платформу модуль оптимізації тестує створену стратегію на історичних даних. Шляхом прямого перебору параметрів досягається оптимальне рішення. На рисунку 1.1 показано як виглядає інтерфейс додатку.

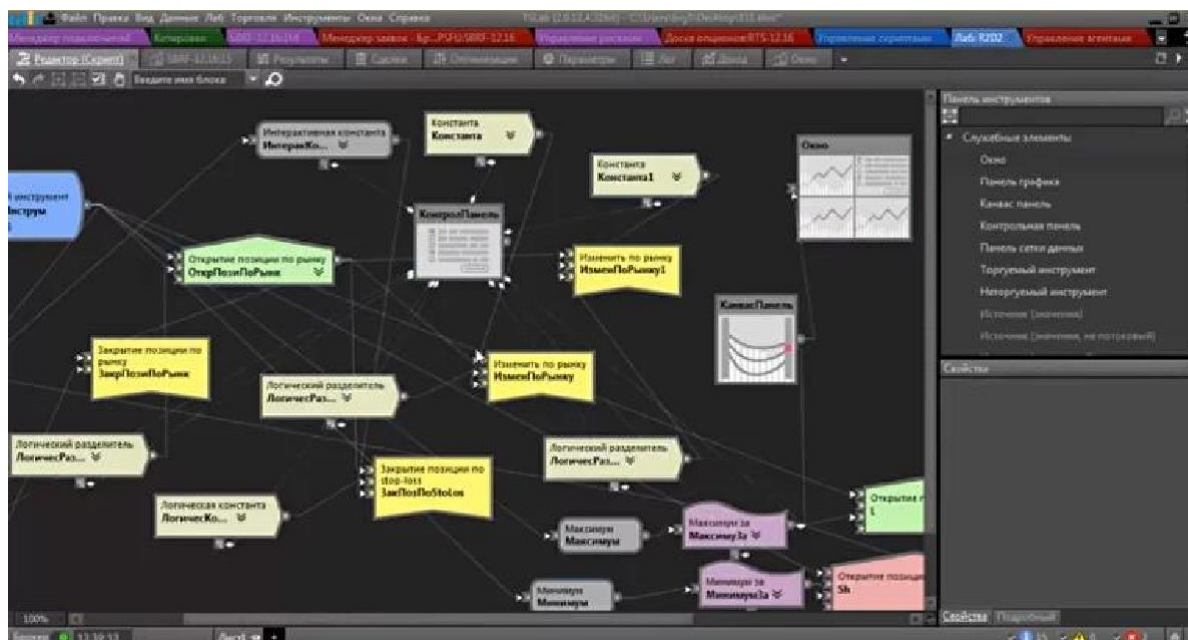


Рисунок 1.1 – Интерфейс платформы TSLab

Проект Hummingbot запущено у 2019 році. Він орієнтований на високочастотну торгівлю (HTF) та маркет-мейкінг. Криптовалютний бот має відкритий вихідний код та повністю безкоштовний для використання.

Також Hummingbot управляє платформою з видобутку ліквідності децентралізованих бірж Hummingbot Miner. Користувачі цієї платформи можуть отримувати винагороду від проектів типу Solana, Algorand і Zilliqa, запускаючи криптовалютних роботів маркет-мейкерів за певними торговими парами.

Концепція майнінгу ліквідності (децентралізованої моделі надання ліквідності) була розроблена командою Hummingbot та вперше представлена у white paper проекту.

Hummingbot працює у форматі командного рядка і запускається через локальний десктопний додаток. За допомогою браузера можна відкрити пробну версію програми. Вся кодова база доступна для публічного аудиту Github.

Всі дії Hummingbot виконуються за допомогою команд. Для виконання дії необхідно ввести командне слово та натиснути Enter для

підтвердження. Також є функція автозаповнення через кнопку Tab або перші літери команди.

Команда help виводить на екран усі доступні робочі команди з коротким описом їхніх функцій. За допомогою Ctrl + X можна вийти з поточної конфігурації.



Рисунок 1.2 – Інтерфейс платформи Hummingbot

Zenbot написаний незалежним розробником мовою програмування Node.js. Бот підійде досвідченим алготрейдерам із навичками програмування. Код Zenbot знаходиться у відкритому доступі на сайті GitHub. Програма сумісна із системами Windows 10, macOS та Linux.

Для запуску та налаштування Zenbot необхідно вивчити команди, зазначені у директорії документів (docs). Також до системи додані гарячі клавіші, що дозволяють швидко управляти угодами над ринком.

У Zenbot можна використовувати готові алгоритми або створити власні стратегії, використовуючи мову програмування Node.js. Глибоке налаштування дозволяє встановити гнучкі умови торгівлі: від 1-2 угод на

день на годинному таймфреймі, до 100 угод на хвилинному таймфреймі. Доступно ручне створення заявок: Limit, Market, Stop-Limit та ордери з параметрами SL/TP.

Крім торгових інструментів, можливості робота включають бектестинг, paper trading з віртуальним балансом на реальному ринку, підключення повідомлень. У тестовому середовищі підтримується графічний інтерфейс.

Zenbot орієнтований на просунутих користувачів, які розуміють принципи роботи з командним рядком та основи теханалізу. Для освоєння програми потрібно вивчити документацію проекту. При цьому бот безкоштовний: користувачу не потрібно сплачувати абонентську плату. Інтерфейс додатку зображено на рисунку 1.3, який нічим не відрізняється від подібних собі додатків.



Рисунок 1.3 – Інтерфейс Zenbot

Екосистема Cryptotrader.org пропонує кілька інструментів трейдингу: простір для створення та налаштування ботів Cryptotrader Bot, маркетплейс, тестове середовище, панель статистики та внутрішній форум для обговорення торгових стратегій. Також передбачено розділ документації для детального вивчення протоколів Cryptotrader.

Платформа надає доступ до криптовалютних бірж через АРІ-ключі. Доступна спотова та маржинальна торгівля. Дані про графіки та угоди передаються безпосередньо.

У Cryptotrader представлено понад 30 безкоштовних алгоритмів. Реалізовано інтерфейс для створення власних роботів мовою програмування Python. Для створення ботів через спрощену систему операторів та класів підключено бібліотеку TA-lib.

Додаткові можливості Cryptotrader: автоматичні сповіщення, запустити кілька торгових інструментів одночасно і підключення робота-радника. На форумі є докладний посібник з налаштування алгоритмів та інформація про оновлення системи.

Cryptotrader – торгова платформа, орієнтована на новачків без досвіду програмування. Також підійде і досвідченим алготрейдерам, які мають нові програми (рисунок 1.4).

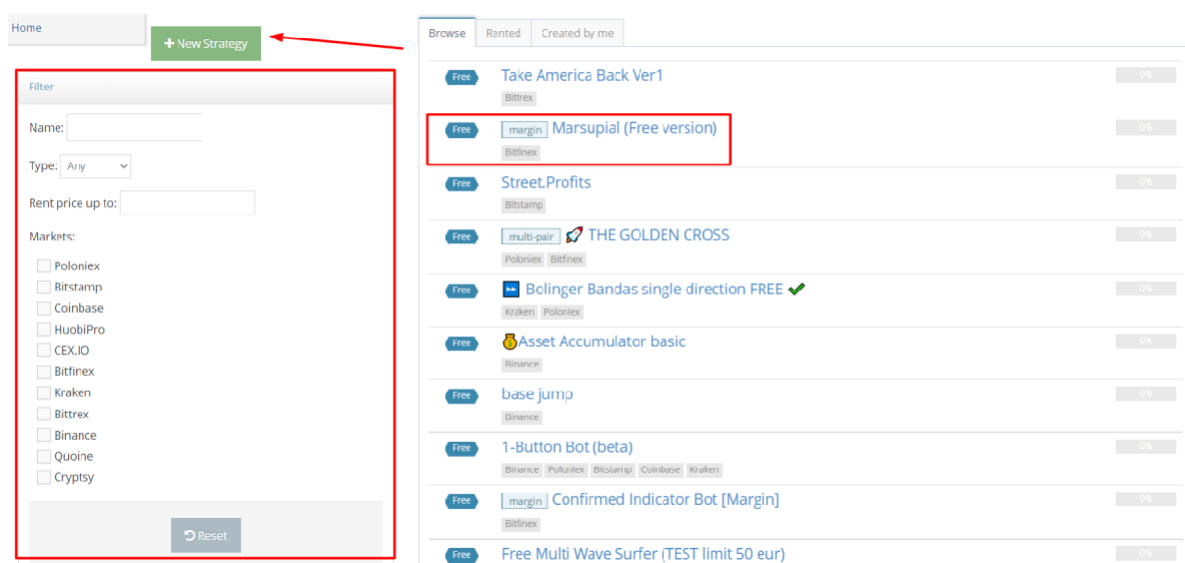


Рисунок 1.4 – Інтерфейс Cryptotrader

Провівши аналіз реалізованих систем було виявлено, що користувачам не вистачає такого функціоналу в додатку, як:

- торгівля об'єму;

- додавання своїх формул;
- швидкість обробки даних;

Основним недоліком є торгівля тільки індикаторами. Переглянувши функціонал не знайшов можливість пошуку великих заявок на біржі.

### Постановка задачі

Торговий робот – це програма чи ціла система, яка робить торгівлю криптовалютою більш прибутковою. Торгові роботи призначені для більш комфортного процесу торгівлі.

Саме чинник прибутковості робота ставиться перше місце. Адже все інше – зручність торгівлі, відсутність стресів під час проведення торгових операцій та інші будуть марними без збільшення фінансової віддачі від прибуткового робота.

Незважаючи на це, кожна автоматизована система має виконувати додаткові вимоги. Для торгового робота це:

- швидкість реакції на зміну ціни має бути максимально швидкою;
- відсутність зависань, тобто під час роботи торгового робота не має виникати ситуацій, за яких відбувається зациклювання або рівноправне роздвоєння алгоритму, що не дозволяє програмі продовжити роботу;
- всі параметри програми та реакція на них торгового алгоритму повинна залишатися однозначною;
- торговий робот повинен базуватися на певній психологічній манері поведінки людей чи машин, тому що у торгівлі разом з людьми беруть участь найпотужніші торгові системи великих банків та інвестиційних фондів;
- у торговельній стратегії мають читатися лінії підтримки та опору.

В рамках проведеного дослідження необхідно розробити біржового робота для торгівлі на ринку криптовалют. Торговий робот повинен реалізовувати короткострокові торгові угоди, автоматично визначати точки

входу на ринок та моменти закриття позицій, приймати рішення щодо збільшення торгового лоту процесі торгівлі. За користувачем має залишатися можливість регулювання ступеня ризику.

У зв'язку з цим необхідно вирішити такі завдання:

- розробити структуру торгового робота, виділити основні компоненти та описати механізм їх взаємодії;
- адаптувати або розробити математичний апарат для прийняття рішень у різних компонентах радника;
- реалізувати розроблені алгоритми функціонування;
- провести чисельне дослідження отриманої торгової моделі та порівняти результати з роботою існуючих роботів.

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Формулювання торгової ідеї та визначення базових елементів механічної торгової системи

Розробка механічної торгової системи – складний процес, що складається з кількох взаємозалежних кроків. Існує два підходи до створення механічної торгової системи Перший підхід використовує логіку та систематичну перевірку. Трейдер, використовуючи цей підхід, має повне розуміння того, як функціонує МТС і чому вона є успішним. Другий підхід – емпіричний пошук без теоретичного обґрунтування та пояснення.

Незважаючи на те, що цей підхід може приносити прибуткові угоди, для нього не характерне розуміння того, чому механічна торгова система працює?

Основна сутність наукового підходу така:

– об'єкт дослідження, у разі механічна торгова система повинна бути доступна для прямого або опосередкованого спостереження переважно незалежно від суб'єктивних суджень, що можна досягти за допомогою відповідних програм тестування повністю механічні торгові системи;

– потрібна впорядкована методика оцінки поведінки досліджуваних показників, у разі механічних торгових систем - тестування на тривалих вибірках історичних даних спільно з використанням статистичної обробки даних для оцінки можливості системи ефективно діяти у майбутньому та інших вибірках даних;

– потрібен метод обмеження обсягу обчислень, що складається фіксації більшості параметрів при концентрації уваги на ефекти, що виникають від зміни одного-двох критичних параметрів у кожному тесті.

Під трейдерами ми розуміємо всіх учасників ринку криптовалюти, які самостійно приймають рішення щодо своїх торгових дій. При цьому не

важливо, наскільки тривалий термін вони купують або продають криптовалюту, важливим є те, що вони приймають рішення самостійно.

Перед початком торгівлі слід визначитись, яку стратегію використовувати: індексне інвестування чи активне управління. Індексне інвестування передбачає, що все інвестування складається з покупки портфеля акцій початкової точці та її продажу в кінцевій. Як правило, структура активів у портфелі відповідає індексу, головною ознакою є відсутність торгової активності між точкою початкового створення портфеля та точкою його ліквідації. В результаті використання такої торгової стратегії крива інвестованого капіталу стає близькою до кривої еталонного індексу. Оскільки в практичному плані ринковий ризик нічим не обмежений, то індексне інвестування має необмежений ризик та несприятливі умови можна втратити практично весь інвестований капітал.

Активне управління портфелем має на увазі періодичні зміни структури активів в залежності від зміни ринкової ситуації. Більшість механічних торгових систем збудовано на виявленні нехай і слабких, але закономірностей, що існують у рухи ринкових цін. Фіксація ризику на певному рівні стратегії активного управління дозволяє підвищити прогнозованість прибутковості.

Є думка, що максимально допустима агресивність на ринку криптовалют становить тридцять відсотків ризику, подальше нарощування ризику не тільки не призводить до збільшення прибутковості, а й може призвести до її зменшення.

Після того, як зроблено вибір стилю торгівлі, тимчасового періоду та структури портфеля, можна розглядати індивідуальні вимоги до торгової системи.

Щоб зрозуміти систему, необхідно слідувати крокам її побудови. Система починається з ідеї. Правила, що утворюють механічну торгову систему повинні бути чітко сформульовані і послідовно викладені.

Наприклад, займати довгу позицію, якщо графік ціни перетне дев'ятиденну ковзну середню знизу вгору. Виходити з позиції за сигналу протилежному сигналу на вхід. Чим більше умов прописано у торговому плані і що чіткіше вони прописані, тим більше результативною та більш стійкою до змін ринку стає торгівля.

Дві мінімальні умови для створення механічної торгової системи – правила входу в ринок та виходу з нього. Гарний наказ на вхід – це наказ, з відносно низьким ризиком та високою ймовірністю потенційного прибутку. Ефективний вихід має захищати капітал трейдера від несприятливої ринкової ситуації. Важливо захистити капітал від збиткових угод, але при цьому не закривати надто рано потенційно прибуткові угоди. Ефективний вихід повинен утримувати позицію для отримання значного прибутку від будь-якого великого руху, тобто «Осідлати хвилю і триматися на ній до потрібного моменту».

Для відкриття позиції потрібне виконання заданих умов. Чим простіше та чіткіше будуть прописані умови входу, тим краще. Можна ввести додаткову умову відкриття позиції, що дозволяє уникнути зайвих угод, на основі первинної умови. Така умова називається фільтром. Найпростіші фільтри вживають заходів для виключення сигналу до торгівлі, якщо тренд чи інші фактори несприятливі. На вищому рівні, фільтрація може включати відхилення торгових угод або вибір між сигналами на користь найсильнішого. Основне призначення простих фільтрів: відсівати та зменшувати кількість помилкових сигналів. Відомими фільтрами систем торгівлі є індикатори технічного аналізу, такі як індекс відносної сили або обсяг.

Механічна торгова система повинна включати управління ризиком, що обмежує можливі збитки під час входження на ринок. Зазвичай, це встановлення захисних стоп-наказів. Наприклад, довга позиція щодо ZECUSDT була відкрита за ціною \$110.16, система встановлює максимальний ризик по угоді 0.6 відсотка, отже, одночасно з відкриттям

позиції встановлюється захисний одер на продаж за ціною \$109.9. Можна запланувати певні специфічні вимоги до системи, наприклад, обмежити максимальне просідання капіталу певним відсотком. Це є звичайним для систем, мета яких полягає у збереженні грошей.

Механічна торгова система включає керування прибутком. Умовою закриття позиції та фіксацією прибутку може бути або стоп-сигнал чи сигнал на розворот, у якому закривається попередня позиція та відкривається нова позиція у протилежний бік. Типовий підхід – встановлення плаваючого стоп – наказу на фіксовану величину або встановлення випереджаючого цільового ордера відкрити позицію «за ціною або краще».

В остаточному вигляді сформульована механічна торгова система є набір чітких правил і формул, які можуть бути описані трьома способами: звичайною мовою, за допомогою правил і формул та комп'ютерним кодом.

Існують програми технічного аналізу, які дозволяють перевіряти роботу МТС на вже здійсненій історії цін. Як приклад програмування логіки механічної торгової системи розглянемо TradeStation, популярний інтегрований пакет від Omega Research, який містить інтерпретатор для власної мови програмування, званого Easy Language, що забезпечує проведення тестів на історичні дані. Easy Language – власний мова фірми, що базується на Pascal.

Методи та порядок тестування механічної торгової системи

Тестування – наступна стадія створення механічної торгової системи після формулювання торгової ідеї. Комп'ютерне тестування дає можливість побачити, як система працювала б на даних минулого. Воно не дає гарантії того, що в майбутньому результат повториться, проте дозволяє оцінити різні торгові гіпотези та відсіяти ті, які не задовольняють заданим умовам. У процесі тестування необхідно перевірити правильність обчислення всіх

формул та правил, оцінити чи працюють вони відповідно до теорії, сформулювати попередні наміри щодо доходів на широкому діапазоні ринкових умов.

Коли стратегія відома, необхідно визначити параметри МТС, які тестуватимуться. Параметри в межах стратегії можуть бути змінені з метою зміни самої МТС. Наприклад, параметри включають:

- швидкість ковзної середньої (у годинах, днях, тижнях);
- величина стандартного відхилення;
- величина стоп - наказу (у відсотках чи пунктах).

Необхідною якістю механічної торгової системи для проведення серйозного тестування має бути її абсолютним автоматизм. Єдиним елементом, який потребує втручання, має бути рішення торгувати чи повністю за цією системою чи ні. Всі інші рішення мають бути вбудовані у МТС.

«Період тестування має бути досить тривалим для проведення щонайменше тридцяти торгів на кожному ринку. Коротший період порушує одне з основних правил теорії вибірок, яке свідчить, що має існувати щонайменше тридцять точок даних для того, щоб набір даних відповідав нормальному розподілу. Будь-яке число менше тридцяти зробить статистично ненадійні результати.

Не менш важливо, щоб ринкові періоди включали як можна більше прикладів різноманітних ринкових умов. Досліджуваний період повинен містити якнайбільше прикладів».

Існує кілька типів тестування механічної торгової системи. Найменш ефективними методами є проста оптимізація та «прогінна оптимізація».

«У контексті технічного аналізу, оптимізація – процес налагодження параметрів системи торгівлі в програмі, що тестує, типу вибору усереднення періодів ковзних середніх значень, для отримання кращих результатів».

Проста оптимізація – оптимізація системи доти, доки будуть отримані найкращі результати. Сукупне випереджальне тестування являє собою

оптимізацію системи на періоді початку даних, а потім тестування результатів щодо невеликій подальшій ділянці. Потім потрібна повторна оптимізація на періоді, що включає обидва набори даних, та повторення циклу. Цей Метод також є припасуванням даних і не дає достовірних результатів.

Оптимальним вважається просте випереджаюче тестування, яке є розробкою системи на початкових даних, а потім тестування кращої комбінації параметрів та правил на більш свіжий час. Якщо результат не влаштовує, процес повторюється. Важливим є утримання кількості змінних на невеликому рівні. Найважливіше, що будь-яка МТС, що піддається простому тестуванню або оптимізації без випереджаючого тестування, швидше всього, буде приречена на провал.

Багато авторів рекомендують проводити мультиринковий та мультиперіодний тест системи прийняття рішень. Так Р. Пардо дає визначення цього тесту: «Мультиринковий мультиперіодний тест – це поширення перевірки ефективності на інші ринки та інші Історичні дані. Мета мультиринкового мультиперіодного тесту – отримати попереднє уявлення про стійкість моделі та більше широкий погляд на її прибутковість, аніж на попередніх тестах».

Слід зазначити, що деякі автори проводять тестування виходів та виходів незалежно один від одного. «Існує низка цікавих способів, які дозволяють проводити тестування ізольованих компонентів системи. Один із них – використання набору стандартних стратегій входу та виходу, які залишаються фіксованими, у той час як цей вхід, вихід або інший компонент змінюється. Наприклад, при вивченні моделей входу використовується стандартизована модель виходу без змін для різних входів та їх модифікацій, і таким же чином вивчення виходів використовуватиметься стандартизована модель входу. Для трейдера буде несподіванкою використання для дослідження входів генератора випадкових чисел, що спонтанно відкриває довгі та короткі позиції на різних ринках, але насправді

такі входи підходять для твердого тестування стратегій виходу. Тестування слід проводити так, щоб різні методи входу та виходу можна було осмислено порівнювати».

Сучасні програми технічного аналізу дозволяють проводити тестування торгової системи як мінімум у трьох режимах: «тільки довгі позиції», «лише короткі позиції» та «long and short positions». При розробці торгових систем необхідний роздільний аналіз коротких та довгих позицій. Будь-яка система, на будь-якому ринку матиме різні прибутковості та ризики для довгих та коротких позицій. Як правило, ці значення дуже різняться і прийняття результатів торгової системи, протестованої в режимі «і довгі та короткі позиції», може призвести до дуже суттєвих помилок. В основному це помилки, пов'язані з недооцінкою ризиків, властивих системі коротких позицій.

Слід виходити з того, що система довгих позицій та система коротких позицій – це дві самостійні системи, які мають аналізуватися окремо, а тестування в режимі і довгі та короткі позиції дає можливість простого підсумовування двох систем, що є насправді лише одним із можливих варіантів об'єднання систем у портфель.

Одним з найважливіших статистичних параметрів, отриманих при тестуванні систем, є відсоток вигравів щодо програшам. За інших рівних високий відсоток вигравів краще низького відсотка вигравів. Якщо відносини середнього доходу до середніх втрат встановлені правильно, це може принести на тривалий період прибуток, навіть якщо відсоток вигравів впав до дуже малої величини. Незважаючи на те, що у сукупній схемі виходи важливіше за входження, набагато простіше знайти хороші виходи, позиція була відкрита правильно.

Найкращий спосіб ефективно протестувати будь-який окремий елемент торгової системи – ізолювати його, наскільки це можливо. Проте ізолювання елементів МТС значно складніше, ніж міг би здатися, тому що механічна торгова система, за визначенням, складається з набору

взаємозалежних компонентів. Зміна одного компонента на невелику величину може змінити результати несподіваним чином. Для того, щоб уникнути цього, вирішено застосувати покроковий підхід, який дозволяє ізолювати входження від інших елементів торгової системи.

Необхідно налаштувати торгову систему і потім видалити нормальні виходи та замінити виходи методом, який автоматично виходить із ринку через задану кількість днів після входження. Наприклад, встановити вихід тесту після десяти, двадцяти, тридцяти та сорок годин. Вибір годинника дає деяке розуміння сили та напрямки ринку після входження. Наприклад, якщо десятигодинні виходи дають кращі результати, можливо, отримано хороший метод відкриття позицій для короткострокової торгівлі, але не довгострокових завдань. Таким чином, трейдеру слід встановити тимчасові періоди виходу відповідно до власним стилем торгівлі.

Для того, щоб тест показав відсоток вигравів, заснований на правильності напрямку входження та завдання часу входження без обліку інших міркувань, необхідно видалити всі прослизання та комісійні витрати та не використовувати стоп-ордери. Бо не використовуються стоп - накази чи інші реальні виходи, показники сукупного доходу, отримані в результаті тестування такого типу, по суті, не мають сенсу. На цьому етапі доходи та втрати розглядаються як випадковість ринку. Коли механічна система буде являти собою єдине ціле з усіх елементів, поточні зупинки та виходи фіксації доходу визначають значення цих величин. На даному етапі Важливою величиною для порівняння входжень є відсоток вигравів.

Відкриття позиції вважається кращим, ніж випадкове, якщо воно прибутково, щонайменше, п'ятдесят п'ять відсотків часу на діапазон ринків. Торги повинні показувати відсоток, що підвищується вигравів із збільшенням часового інтервалу. Входження має давати більш ніж випадковий потенціал прибутку. При дотриманні цієї умови, тільки від стратегії виходу залежить, чи зможе система отримати стільки доходу, скільки можливо, підтримуючи при цьому збитки на розумному рівні.

На підтвердження вищесказаного, аналогічно дослідженню Ч. Лібо у книзі «Комп'ютерний аналіз ф'ючерсних ринків», були протестовано кілька методів входження. Результати тестування відносяться до періоду з 20 листопада 2001 до 8 березня 2005 року (три роки та чотири місяці). В тестах використовувалися годинникові дані, а саме: відкриття, максимум, мінімум та закриття кожної години торгів. Входження здійснювалося на відкритті наступної години. Стоп-накази не застосовувалися. Прослизання та комісійні були прийняті рівними нулю. Виходи відбувалися на закритті через 10, 20, 30 або 40 годин після входження. Тестувалися п'ять найбільш ліквідних криптовалют: SOL, ETH, AVE, BTC та ETC.

Перетину ковзних середніх є самою поширеною технікою входжень. Для тестування було вибрано одне із стандартних досліджень ковзних середніх: перетин дев'яти та вісімнадцятиденних середніх. Як і для більшості досліджень ковзаючих середніх, входження в довгу позицію генерується, коли дев'ятигодинна ковзна середня перетинає знизу вгору вісімнадцятигодинну.

Релятивносилловий індекс ввів в практику Дж. В. Уайлдер-молодший. RSI вимірює «силу» ринку, обчисливши зміни його кінцевих цін. Це популярний контр-трендовий метод, що подає сигнали для входу на ринок з випередженням цін. RSI коливається від нуля до ста. Впавши на денце і розвернувшись нагору, RSI цим відзначає мінімум. «Прикордонні лінії» повинні перетинати максимуми та мінімуми RSI, вони наносяться на рівнях у двадцять і вісімдесят відсотків. Правило для входу звучить так: купуйте, якщо 14-періодний RSI, опустившись нижче за свою нижню межу, потім підніметься над нею.

Моментум – індикатор відстежує прискорення тренду, зростання чи зниження швидкості його руху. Дослідження моментуму використовує просте обчислення, яке представляє відношення між сьогоднішньою ціною закриття та ціною закриття  $n$  днів тому, виражене в відсотках. «Наприклад, семиденний моментум цін закриття дорівнює різниці між сьогоднішньою

ціною та ціною сім днів тому. Моментум позитивний, якщо сьогодні ціна вище, негативний, якщо нижче, і дорівнює нулю, якщо ціни однакові. Нахил лінії, що з'єднує моменти кожного дня, показує, зростає значення моменту чи падає. Ми використали десяти годинний момент, і відкривали довгу позицію на перетині нульової лінії знизу нагору».

Перераховані вище методи входження не можуть істотно перевершити спосіб випадкових входжень. Такий висновок було зроблено на підставі результатів тестів, де випадковим чином було проведено перша покупка. Вихід із позиції проводився так само за часом, через десять, двадцять, тридцять чи сорок годин. Наступні входження проводилися на відкритті через день, що прямує за виходом з Попередня позиція.

Результати тестування показали, що жодне із протестованих технічних досліджень не показало результатів, суттєво перевершують випадкові випробування. Серії випадкових входжень виробляють Іноді разюче хороші результати.

При створенні механічної торгової системи правилам відкриття позиції приділяється кілька рядків програмного коду, але стратегія виходу та її код часто бувають дуже складними. Можна мати МТС з одним дуже простим входом та з безліччю стратегій виходу. Причина витрат стільки зусиль і уваги на отримання правильного виходу полягає в що важко створити дійсно точний і правильний вихід.

Незалежне тестування виходів набагато складніше за тестування входів. Оскільки входження та виходи часто взаємодіють непередбачуваними шляхами тести, розроблені для демонстрації відносних переваг різних стратегій виходів, будуть знаходитися під впливом способу входження. Ч. Лебо наводить процедуру тестування, яка дає деяке розуміння відносних переваг популярних різних стратегій закриття позицій. Незважаючи на недоліки, вона дозволяє порівняти різні виходи за однакових ринкових умов.

Для тестування неможливо ізолювати вихід так само ефективно, як входження. Метод Ч. Лебо полягає у тестуванні всіх стратегій виходу з використанням одного і того ж простого методу входження. Був обраний метод відкриття позицій, що дає розумні результати як системи для гри на підвищення, а потім тестувався кожен з методів виходу на однакових даних із ідентичними входами. Таким чином, можна зробити обґрунтовані порівняння результатів. Виходи, які добре працюють з однією системою входження, не обов'язково будуть так само добре працювати з іншого, але якщо входження носить загальний характер, то можна отримати деяке уявлення про відносну ефективність різних виходів.

«В якості методу входження підійде практично будь-яка проста система слідування за трендом. Було обрано систему перетину п'яти годинний та десяти годинний ковзних середніх (п'ятигодинний/двадцятигодинний, 5/30 і 5/40) як час входжень. Відкриття позиції буде сигналізовано перетином короткострокової середньої знизу вгору довгострокової ковзної середньої. Виходами для еталонного тесту продуктивності прийняті зворотні перетину ковзних середніх, відкриття наступної години. Оскільки метод входження має бути незмінним для безпосереднього порівняння виходів, то торгівля буде здійснюватись лише на перетинах».

В тестах вихід генерується перед перетином ковзних середніх. Таким чином, усі тести генерують близьке з еталонною системою кількість торгів над ринком. За інших рівних буде просто порівняти одні виходи з іншими та знайти стратегію виходу з кращою продуктивністю.

Звісно, ідеальної процедури тестування немає. Коли тестуються входження, можна розумно визначити їх ефективність шляхом простого виміру відсотка вигравів. У тестуванні виходів відсоток вигравів та інші результати встановлюються майже на постійному рівні загальним шляхом входження, і навіть тим фактом, що значна частина виходів відбувається за сигналами еталонної системи, а не тими виходами, які зараз тестуються. Як

міра загальної ефективності торгової системи сукупний дохід не є найкращим індикатор. Однак у цьому випадку сукупний дохід та відсоток вигравішів буде використовуватися як величини для порівняння.

Усі результати тестування, показані в цьому розділі, стосуються періоду з 20 листопада 2001 до 8 березня 2005 року (три роки та чотири місяці). В тестах використовувалися годинні дані: відкриття, максимум, мінімум та закриття. Усі входження проводилися на відкритті години. Тестувалися ті п'ять криптовалют, які використовувалися вище: SOL, ETH, AVE, BTC та ETC.

Результати еталонної системи не дуже вражають, але цілком підходять для поставленої мети. Вразливість системи ковзних середніх полягає у її виходах. Коли ціни змінюють напрямок, можна очікувати втрати великої частини доходів, перш ніж буде сигналізований розворот. Теоретично виходи, є більш чутливими, ніж входження, повинні зловити більшу частину кожного ринкового руху. Нижче наведено опис стратегій виходу, протестованих. Параболічна зупинка (Parabolic).

Для тестування використовувався індикатор Parabolic SAR з коефіцієнтом прискорення 0.02 та його максимальним зростанням до 0.2.

Один з найбільш поширених та зрозумілих виходів – це вихід, який відстежує щонайменше останніх  $n$  днів. Було проведено тест з використанням мінімуму останніх десяти годин.

Використовується RSI визначення перекупленности ринку. Коли дев'ятиперіодний RSI піднімається вище за сімдесят п'ять, ринок закривається у напрямку протилежному напрямку нашої торгівлі, вихід відбувається на відкритті наступної години. Ідея полягає в тому, щоб вийти з все ще сильного ринку замість того, щоб чекати серйозної корекції.

Виходи показали різні результати, але жоден із них не покращив еталонну систему. Підбиваючи підсумки цього тестування, можна зробити висновок, що:

- необхідно протестувати окремо стратегії відкриття та закриття позицій перед тим, як інтегрувати їх в систему;
- вихід з найбільшим відсотком виграшних торгів необов'язково є найприбутковішим;
- вибір стратегії виходу може мати величезний вплив на прибутковість системи входження;
- відкриття позиції визначає діапазон прибутковості, а закриття позиції відповідає за кінцевий результат.

### Оптимізація параметрів та показники ефективності стратегії

«Оптимізація означає процес пошуку набору параметрів, який призводить до максимальної ефективності даної системи на певному ринку. Основне припущення оптимізації полягає в тому, що набір параметрів, який виявив себе найкращим чином у минулому, має велику ймовірність хорошої результативності і в майбутньому».

В «Енциклопедії торгових стратегій» Д. Каца та Д. МакКорміка наведено таке визначення: «Оптимізація – це процес покращення ефективності торгової системи за допомогою підбору таких значень параметрів, за яких система дає найкращий результат на вибірці даних. Якщо система не працює при тестуванні на даних поза межами вибірки чи реальному ринку, кажуть, що з оптимізації мала місце припасування під історичні дані. Підгонка буває корисною та шкідливою. Корисне припасування – це випадок, коли модель підігнана під достатньо велику та представницьку популяцію і відображає всі достовірні Показники реальної популяції у системі. Припасування шкідливе, якщо МТС відповідає лише деяким випадковим характеристикам, обов'язково відбиває властивості всієї популяції».

Метою багатьох трейдерів стає розробка механічних торгових систем, що вичавлюють максимум можливих доходів з історичних даних

Припущення полягає в тому, що чим краще вони працювали у минулому, тим краще вони функціонуватимуть у майбутньому.

Оптимізація не в змозі прогнозувати набір параметрів, який давав би дохід на портфелі кращий за випадкову торгівлю. Очевидним моментом є сумнівна цінність оптимізації практично у будь-якій формі. Будь-який набір індикаторів покаже високий дохід, оптимізований для отримання кращої комбінації параметрів навіть при використанні випадкового набору даних.

Закони ймовірності показують, що якщо протестовано достатня кількість наборів параметрів, навіть у випадковій торговій системі виявляться деякі набори з кращою результативністю в минулому. Оцінка системи, що ґрунтується на оптимізованих наборах параметрів (тобто набори з найкращою результативністю на аналізованому періоді), є припасуванням цієї системи під минулі результати, а не тестування системи.

Чим більше технічних досліджень чи торгових правил вводиться у МТС, тим менш надійні результати. Слід мати від двох до п'яти змінних в правилах механічної торгової системи. Імовірність того, що система виявиться підігнаною, безпосередньо залежить від кількості змінних, що використовуються під час тестування. Чим більша кількість технічних досліджень та правил, тим більше модель підігнана.

Уникнути припасування можна за допомогою відмови від створення механічні торгові системи, налаштовані на специфічні ринки. Ефективна механічна торгова система має працювати на більшості ринків з невеликою кількістю змін від ринку до ринку. Ринки змінюються, і найкращим способом домогтися впевненості, що система буде працездатна, буде її тестування у незмінній формі на можливо більшу кількість різноманітних ринків.

Результати тестування механічної торгової системи мають включати деяку свободу для прослизання та комісійних. Ці складові дуже суттєво змінюють результати.

Ці спостереження припускають такі висновки щодо оптимізації:

- для багатьох механічних торгових систем оптимізація не покращуватиме майбутню результативність або покращить її незначно;
- від будь-якої МТС, за допомогою оптимізації можна домогтися того, щоб вона була дуже прибутковою на історичних даних;
- значення оптимізації зазвичай полягає у визначенні широких меж діапазону, з яких слід вибирати значення наборів параметрів для МТС

Створення механічної торгової системи є жорсткою процедурою, розроблену для того, щоб уникнути отримання спотворених результатів. Лінія доходу дає графічне уявлення про те, як МТС прогресує протягом її торгового життя. Ефективна система буде мати плавну лінію, що рівномірно піднімається від лівого нижнього до правого верхнього кута діаграми.

Більш детально оцінити ефективність механічної торгової системи можна, порівнюючи такі показники.

Чистий прибуток (net profit) – являє собою накопичений прибуток у відсотках від початкових вкладень. Показник повний прибутку потрібно оцінки результативності. Необхідно порівняти чистий дохід, отриманий за підсумками року з альтернативними джерелами доходу, наприклад, банківськими депозитами.

Максимальний прибуток за одну угоду (maximum profit) – максимальний прибуток (у відсотках), отриманий у одному угоді. Показник максимального прибутку за одну угоду показує, що якщо одна сама прибуткова угода принесла більше половини прибутку, то для подальшого аналізу треба виключити цю угоду із розрахунків. Якщо, після виключення найприбутковішої угоди з розрахунків, рахунок пішов у негативну зону, це означає, що і при прибутку рахунок все одно знаходиться в зоні ризику та в майбутньому може лише втрачати гроші.

Середній прибуток на одну угоду – відношення повного прибутку кількості угод. Важливо, щоб середня прибуткова угода була більшою за середню збиткову угоду.

Альтернативний щодо середньомісячної прибутковості спосіб оцінки прибутковості торгових систем через математичне очікування прибуток від угоди. Часто також вживають термін «середня величина доходності угоди». Математичне очікування є сума творів ймовірностей вигравів, помножених на величину вигравів, мінус сума творів ймовірностей програшів, помножених на величину програшів:

$$E = \text{сумма (Вірогідність виграшу * виграш)} - \text{сумма (Вірогідність програшу * програш)}$$

У спрощеному вигляді математичне очікування можна оцінити як ймовірність виграшу, помножена на середній виграш, мінус ймовірність програшу, помноженого на середній програш. Помилково ототожнюючи можливість виграшу з математичним очікуванням виграшу, гравці шукають методи гри з високою ймовірністю виграшу. Однак такі методи часто мають негативне математичне очікування. Як стверджує Р. Вінс: «Не має значення, наскільки позитивне чи наскільки негативне очікування; важливим є лише те, позитивне воно чи негативне».

Кількість угод – повна кількість закритих угод на кінець аналізованого періоду угод. Вважається, що угод має бути більше тридцяти.

Частка прибуткових угод – відсоткове відношення кількості прибуткових угод до повної кількості угод. Показник частки прибуткових угод у відсотках необхідний, щоб зрозуміти, у якому співвідношенні перебувають прибуткові угоди до збиткових. Головне щоб кількість прибуткових угод було більше або дорівнює кількості збиткових угод.

Максимальне падіння капіталу – найбільші сукупні втрати за період, що аналізується. Показник максимального падіння капіталу говорить про те, наскільки торгівля стійка. Якщо капітал упав на п'ятдесят відсотків, то для того, щоб повернути заощадження необхідно подвоїти капітал. Розрізняють відкритий дродаун та закритий. Відкритий дродаун угоди – це максимальне відхилення кривої доходу вниз за весь час існування відкритої позиції,

закритий дродаун – це зафіксований збиток. Зворотній величина називається гуп/ур -максимальний рух цін убік відкритої позиції.

Також необхідно звернути увагу на тривалість просідання капіталу. Психологічно трейдеру буде нелегко витримати тривалий збитковий період.

Максимальний збиток одну угоду. Показник максимального збитку за одну угоду та показник Максимальна серія негативних угод знадобиться в майбутньому. Якщо врахувати, що надалі будуть і максимально збиткові угоди, і серія поспіль збитків, що йдуть, то необхідно бути готовим до несприятливого розвитку подій.

Середній збиток однією угоду – ставлення сукупних збитків у відсотках кількості угод.

Частка збиткових угод – відсоткове відношення кількості збиткових угод до повної кількості угод. Кількість прибуткових має бути більше або дорівнює кількості збиткових угод, а середня прибуткова угода має бути більшою за середню збиткову угоду.

Профiт-фактор – це відношення суми всіх виграшів до суми всіх програшів. Система прибуткова, якщо profit factor більше одиниці.

Важливим показником оцінки результативності механічної торгової системи є коефіцієнт Шарпа, про який докладно буде розказано у наступному відділі. Чим вище відношення Шарпа, тим краще система, оскільки її прибутки стабільні.

Вибір МТС, що проводиться на підставі оптимального співвідношення прибутковості та ризику. Зазвичай як вибір розглядаються механічні торгові системи з найбільшою прибутковістю, звертаючи при цьому увагу на те, щоб дохідність не досягалася за рахунок високого ризику. Слід зазначити, що є сенс уважніше поставитися до механічним торговим системам не з максимальними значеннями доходу, а з нижчими значеннями ризику.

## Управління ризиками у програмному трейдингу.

В інвестуванні прибутковість та ризик існують одночасно. Прибутковість - це потенційна прибутковість від інвестування в ту чи іншу торгову стратегію над ринком криптовалюти за певний період. Ризик – можливі втрати, у відсотках до загального капіталу, несприятливий для обраної торгової стратегії період. Ризик- один з найбільш важко зрозумілих моментів і багато інвесторів виявляються до цієї особливості ринку криптовалюти психологічно не готові. Тому необхідно зупинитися на цьому питанні докладніше.

Сукупність жорстко формалізованих правил, повністю що описують умови відкриття та закриття п озицій трейдера на ринку, називається механічною торговою системою. Зазвичай МТС доповнюються системою управління капіталом (money management), що визначає скільки купувати чи продавати. Трейдери формують «портфелі» криптовалюти, роблячи диверсифікацію за активами. При розміщенні активів використовуються методи управління ризиками, спрямовані на вибір такого складу портфеля активів та механічних торгових систем, що максимально відповідає інвестиційним уподобанням трейдера.

Ризики, пов'язані з роботою на ринку криптовалюти, можна розділити на дві групи:

- ризики, пов'язані з реалізацією торгової стратегії;
- ризики інфраструктури.

До ризиків, пов'язаних із реалізацією торгової стратегії, належать:

– принципово непереборний ризик торгових стратегій. Будь-яка механічна торгова система має певний ризик у майбутньому опинитися у збитку. Проте ефективні системи дозволяють знизити ризик до дуже незначного рівня;

- ризик, що з особливостями конкретних торгових стратегій.

Усі трейдери по відношенню до механічних торгових систем можуть бути віднесені до одного з двох класів.

Одним класом є повна відсутність торгових систем. Саме нездатність проконтролювати свої емоції є основною причиною програшів на ринку.

Другий клас – це повністю системний підхід до ринку. Такий підхід передбачає розробку певних правил торгівлі, суворо визначальних умов, у яких виробляється купівля чи продаж.

Вся діяльність на ринку криптовалюти пронизана ризиками. Будь-які рішення, операції на цьому ринку означають, що його учасник приймає себе ту чи іншу величину ризиків. Очікування втрат, порівняння їх ймовірності з очікуваною вигодою становлять основу мислення і навіть несвідомих реакцій людини, що діє на ринку криптовалют.

Головне у практичному аналізі ринку для трейдера – правильно оцінити ризик. При цьому ризик має бути:

- визначеним;
- мінімізованим;
- обмеженим;
- керуєним.

Ризик визначається запланованим тимчасовим горизонтом угоди, волатильністю активу, що купується, поточним значенням ціни, розташуванням щодо ціни рівнів підтримки та опору, а також існуючими трендами. Мінімізація ризику досягається правильним вибором точки входу щодо рівня підтримки або опору при відомому тренді, а також величиною задіяного в угоді капіталу.

Обмеження ризику проводиться виставленням стоп-наказів фіксацію прибутку чи можливих допустимих збитків.

Нарешті, управління ризиком здійснюється регулюванням величини позиції під час руху ціни активу та переміщенням точок виходу, тобто стоп-наказів.

Для визначення ризиків існує два основних способи: простий з використанням ліній підтримок опорів та існуючих трендів, а також складніший – з використанням понять волатильності та інструментів математичної статистики».

Управління ризиком належить до стратегії прийняття рішень, яка має на меті максимізацію ставлення потенційного прибутку до потенційного ризику при певному прийнятному рівні ризику.

Оскільки кожна угода зазнає певного ступеня ризику, застосування деяких загальних принципів управління ризиком зменшить потенційний збиток.

По-перше, рівень ризику можна виміряти та зменшити його за допомогою диверсифікації.

У статті Саймона Вайна «Проблеми зі стандартними методами боротьби з ризиком» диверсифікація представлена як комбінація горизонтальних та вертикальних варіантів. «Горизонтальна диверсифікація – це класична диверсифікація, яка досягається збільшенням кількості керованих активів, наприклад, покупка кількох акцій. Вертикальна диверсифікація – це поділ ризиків в межах одного активу. Наприклад, замість того, щоб купити все кількість акцій за однією ціною, можна купити різну їх кількість та за різною ціною. Вертикальна диверсифікація передбачає різні рівні входу та виходу, різну їх кількість та на різних рівнях для одного і того ж активу».

Щоб бути ефективним, диверсифікація повинна включати криптовалюти, які не сильно корелюють один з одним. Висока позитивна кореляція зменшує користь від диверсифікації.

Важлива причина для торгівлі на широкому спектрі ринків. це управління ризиком через диверсифікацію. Ще одна причина торгувати на великій кількості ринків: страхівка проти перепустки сильні рухи.

Якщо дозволяють торгові активи, диверсифікація може бути поширена як на ринки, а й у механічні торгові системи. Торгівля за

допомогою кількох механічних систем могла б допомогти покращити загальну результативність. Є думка, що найбільший рівень диверсифікації буде досягнуто, якщо використовувати одночасно контр-трендові та системи слідування за трендом.

Важлива частина механічної торгової системи полягає встановлення обмеження на суму, яку можна втратити. Слід дотримуватися системи торгівлі та уникати імпульсних угод. Механічна торгова система допомагає ідентифікувати та оцінювати ключові фактори, що впливають на угоди, і може бути важливим навчальним інструментом для подальших угод. МТС вселяє також необхідне почуття впевненості.

По-третє, необхідним правилом у торгівлі є застосування стоп-наказів.

Заздалегідь визначені стоп-ордери обмежують розмір ризику та зменшують втрати на ринках, що швидко змінюються. Трейдер повинен прийняти суворе правило стоп-лосу, наприклад, закрити позицію, якщо збиток за угодою досяг двох відсотків. При розгляді питання про стоп-сигнали зустрічається низка різних концепцій, які можна застосовувати чи окремо, чи серією всередині системи торгівлі. Повне розміщення стоп-сигналів викликає розбіжності.

Найбільш популярні стоп-сигнали, які використовуються творцями механічних торгових систем:

Вихідний стоп – ордер: сигнал, що відноситься до початкового рівня входу – це може бути відсоток або фіксована кількість валюти, що перебуває у обігу.

«Плаваючі» стоп-наказ: закриття позиції, коли зумовлена кількість поточного прибутку втрачено, тобто стопсигнал слідує за ринком, коли прибуток зростає.

Зняття прибутку: цей стоп-наказ закриває позицію, коли досягнуто певної кількості прибутку.

Рівень безбитковості дозволяє користувачеві визначити рівень поточного прибутку, і коли ринок перевершує цей рівень, вартість відкриття позиції стає стоп-сигналом до виходу.

Відсутність активності або стоп-сигнали часу: цей тип стоп-наказу запускається, коли ринок не в стані забезпечувати певний відсоток доходу у напрямі відкритої позиції протягом зазначеного періоду.

Перш ніж відкрити позицію, треба переконатися, чи є в розпорядженні достатньо капіталу, щоб компенсувати несподіваний збиток. Якщо ринок повертається проти відкритої позиції, то розумно мати у своєму розпорядженні певний капітал, щоб компенсувати невеликі збитки або вимоги щодо внесення додаткової маржі.

При визначенні методів аналізу управління ризиком, простіше оцінити максимальне просідання капіталу. Якщо вона більша, ніж капітал, інвестований для роботи за системою, то ця система в даному вигляді марна. Не рекомендується торгувати за системою з меншим капіталом, ніж її максимальна втрата капіталу.

Слід враховувати, що зв'язок між прибутковістю та ризиком не є лінійною. На кожен додаткову одиницю ризику припадає все меншу винагороду як дохідності. Пов'язано це з так званім ефектом «асиметричності левериджу». Суть його в тому, що при збільшенні просадок рахунку прибутковість, яка необхідна для закриття збитку, зростає не лінійно, а по параболі, тому що всі великі за величиною просідання необхідно відпрацьовувати все меншим капіталом – і це різко зменшує віддачу як дохідності зі збільшенням ризику.

В даний час найбільш популярним виміром під час аналізу управління ризиком є коефіцієнт Шарпа.

Коефіцієнт Шарпа – цей індекс був запропонований нобелівським лауреатом Вільямом Шарпом у 1966 році для оцінки співвідношення прибутковості та ризику. Чим вищий індекс, тим вищий дохід по

відношенню до його мінливості. Вважається, що індекс вищий за одиницю свідчить про хорошу продуктивність системи.

Необхідний для оцінки якості управління, тобто коефіцієнт Шарпа показує прибутковість стратегії на одиницю ризику. Найбільш відомий показник - коефіцієнт Шарпа, альтернативний – коефіцієнт Сортіно, який, на відміну від коефіцієнта Шарпа, як ризик приймає не будь-яку волатильність рахунку, а лише ту, що виявилася нижчою безризикової ставки де – середня дохідність безризикового активу.

Необхідний для оцінки якості управління, тобто коефіцієнт Шарпа показує прибутковість стратегії на одиницю ризику. Найбільш відомий показник – коефіцієнт Шарпа, альтернативний – коефіцієнт Сортіно, який, на відміну від коефіцієнта Шарпа, як ризик приймає не будь-яку волатильність рахунку, а лише ту, що виявилася нижчою безризикової ставки.

Оцінюючи ризику можуть використовуватися різні показники. Один з них – волатильність, яка враховує як «позитивні», так і «негативні» відхилення від середнього значення прибутковості портфеля. Однак, ризик можна оцінювати і лише як негативні відхилення, тому що позитивні відхилення – це, додатковий дохід, водночас час негативні відхилення – це потенційне недоотримання доходу, і його необхідно враховувати. Волатильність, розрахована тільки за негативними відхиленнями, називається «волатильність вниз». Коефіцієнт Сортіно відповідає коефіцієнту Шарпа, у знаменнику якого волатильність замінено на «волатильність вниз». Більше значення коефіцієнта відповідає кращим результатам.

При управлінні ризиком необхідно звернути увагу на стандартне відхилення. Стандартне відхилення вимірює ризик відхилення реальної доходності від середньої, проте люди часто не готові прийняти відхилення прибутковості у велику сторону за ризик. Класичне статистичне визначення ризику базується на стандартному відхиленні від середнього. Логічна

пастка полягає в тому, що будь-яке відхилення від середньої прибутковості у більшу сторону надалі врівноважується таким самим за величиною відхиленням в одній або серії негативних угод. Тому будь-яке відхилення кривої доходу від прямої лінії є ризик, незалежно від знаку відхилення.

Ефективні методики ризик – менеджменту мінімізують негативне вплив емоцій, які впливають трейдера.

### 3 АПРОБАЦІЯ МЕТОДУ

#### Вирішення задачі

Для апробації було обрано контр трендову стратегію, яка абсолютно відрізняється умовами роботи з позиціями. Стратегія заснована на одному з класичних контр-трендових алгоритмів – відскок від об'єму (рисунок 3.1).

Було розроблено ряд формул для ефективної роботи системи прийняття рішень.

Формула визначення часу за який може бути виконаний об'єм:

$$time = \frac{P}{N_{max}} : 5, \quad (3.1)$$

де  $P$  – об'єм валюти;

$N_{max}$  – максимальний об'єм за останні півгодини.

Формула визначення відстані до об'єму

$$percent = \left| \frac{100 - P_v}{price} \right|, \quad (3.1)$$

де  $P_v$  – ціновий рівень на якому знаходиться об'єм;

$price$  – поточна ціна інструменту.

Для прибуткової торгівлі робот повинен насамперед повинен чітко визначити, який він шукає об'єм, як треба входити для прибуткової угоди та інші чинники. При торгівлі на відскок щільність об'єм повністю відповідати сильному рівню. Винятком може стати дуже великий об'єм.

Також для прибуткової торгівлі цієї стратегії потрібно визначити, скільки разів поточна ціна підходила до об'єму та як довго він стоїть в стакані заявок.

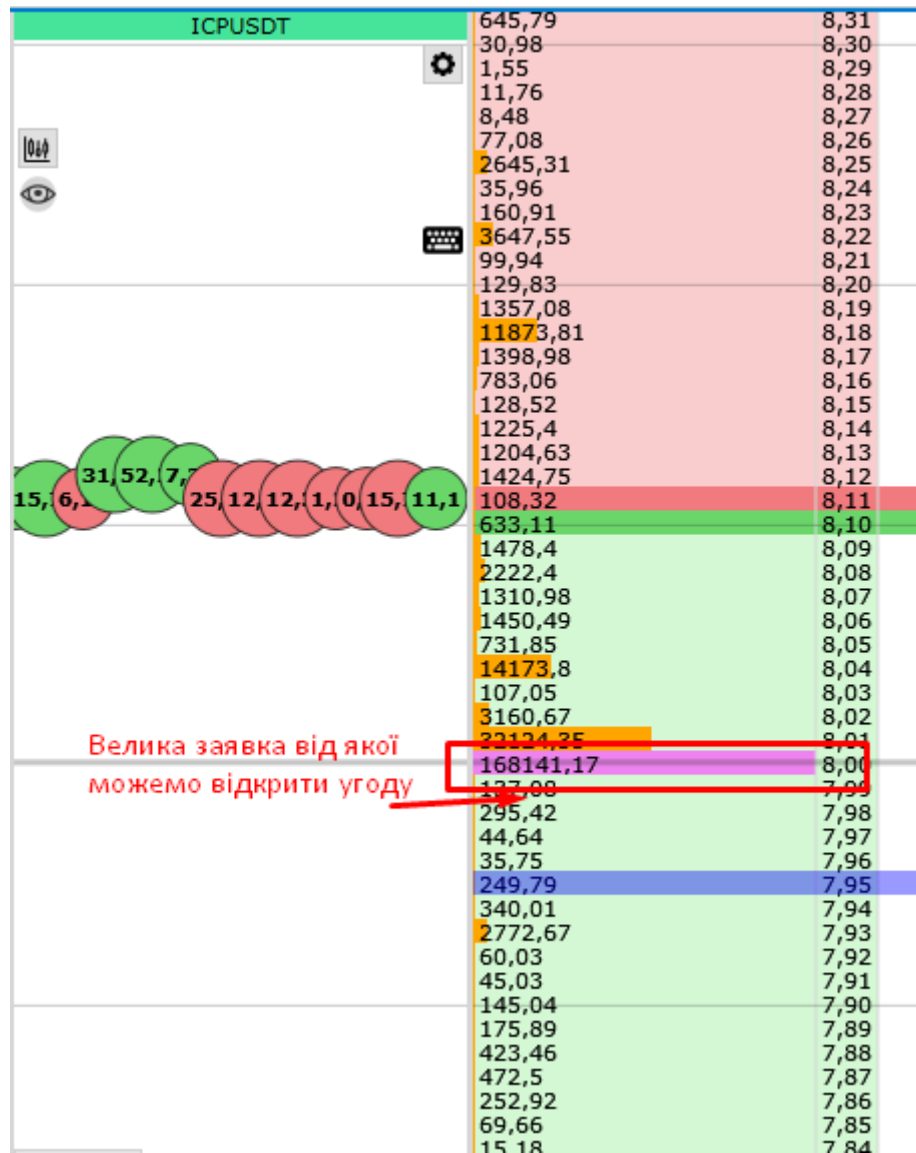


Рисунок 3.1 – Великий об'єм в стакані

Якщо ціна декілька раз за останні вісім годин проходила через ціну об'єму то він стає непригодним до торгівлі (рисунок 3.2).

Отже щоб стратегія вправно приносила прибуток, об'єм має пройти такі фільтри:

- дві години об'єм повинен стояти в стакані;
- ціна об'єму має перевищувати сто тисяч доларів;
- time повинен будти не менше ніж 10 хвилин;
- за останні вісім годин ціна не повинна була приближатися до об'єму.



Рисунок 3.2 – Непригодний для торгівлі ціновий рівень

Характеристика механічної торгової системи та результати її використання на ринку криптовалют

Розроблена механічна торгова система представляє собою контр-трендову систему, засновану на використанні стратегії відскоку від великого об'єму. Ця система може використовуватися на будь-яких ринках, але найефективніша на «спокійному» ринку.

Розроблена механічна торгова система була протестована на реальному ринку. Підсумки тестування МТС показали, що дана механічна торгова система за заданими параметрами показує хороший результат щодо співвідношення ризику та доходності, і може використовуватися для прийняття рішень про купівлю або продаж криптовалюти на біржах.

Передбачувана річна прибутковість даної механічної торгової системи приблизно сто сорок відсотків річних, допустимий рівень просідання капіталу у процесі тестування не перевищив десяти відсотків.

Отримавши результати тестування, які відповідають заданим критеріям, було вирішено використати власну механічну торгову систему для прийняття рішень про купівлю або продаж криптовалюти на біржі Binance. Угоди на підставі розробленої МТС здійснювалися протягом місяця – з 04 квітня 2022 року до 5 травня 2022 року. Портфель був диверсифікований також як і при тестуванні - до всіх ліквідних криптовалют які торгуються на ф'ючерсах. Валюти даних емітентів були обрані мною для здійснення угод купівлі або продажу, виходячи з обсягів їхнього ринкового обороту.[9]

У процесі торгівлі щотижня проводилася оцінка портфеля, та аналізувалася дохідність МТС, коефіцієнти Шарпа та Сортіно. На кінець звітнього періоду початкова сума збільшилася на дванадцять відсотків. У процесі використання механічної торгової системи максимальне значення капіталу у процентному вираженні становило 114,4 відсотки. Максимальне просідання капіталу не перевищило 1 відсоток, тобто залишалася в межах допустимого рівня ризику.

Таким чином, використання механічної торгової системи показало кращу динаміку рахунків, ніж використання стратегії «buy and hold» за аналогічний період. Ризики були суворо обмежені і не наближалися до межі допустимого просідання капіталу. Була досягнута передбачувана прибутковість, що було обумовлено наявністю ренжу на криптовалютному ринку, але в процесі щотижневих спостережень коефіцієнти Шарпа та Сортіно показували достатньо високі значення.

Використання цієї системи на криптовалютному ринку показало також її слабкі сторони. Підтвердилося припущення, що при використанні великого капіталу система може отримувати більший збиток, якщо на інструменті різко збільшується волатильність.

Підтвердилася думка, що контр-трендові системи не ефективні на трендовому ринку. Відомо, що тренди існують на ринках близько семидесяти відсотків часу, саме в ці періоди досягається висока

прибутковість контр-трендових механічних торгових систем, оскільки вони дозволяють відкривати позиції на початку руху ціни та закривати в кінці контр-тренду, дозволяючи отримати весь можливий прибуток.

Підсумовуючи, можна сказати, що розроблена механічна торгова система відповідає заданим параметрам, таким як максимально допустимий ризик та заданий розмір капіталу, та є ефективною на боковому ринку, але потребує подальшого допрацювання.

Розроблена механічна торгова система проект, який потребує вдосконалення для усунення виявлених недоліків. Для зменшення втрат капіталу на трендовому ринку та для фільтрації хибних сигналів необхідно додати правило, що визначає силу короткострокового тренду, наприклад, купувати, тільки якщо індикатор ADX знаходиться вище певного рівня.

Щоб уникнути бездіяльності механічної торгової системи на трендовому ринку, слід розробити другу МТС, ефективну на падаючому чи зростаючому ринку, і використовувати обидві системи в комплексі.

Після успішної трансформації даної механічної торгової системи чи використання кількох систем, можливе збільшення прибутковості за допомогою торгівлі з плечем, але слід врахувати, що це спричинить збільшення ризику.

Отже, представлена механічна торгова система у процесі її використання на ринку криптовалют довела свою ефективність і є готовою до використання систему прийняття рішень про купівлю чи продажу криптовалюти на біржі Binance. Ця МТС може використовуватися як ефективний інструмент отримання доходу на криптовалютному ринку, а також може бути вдосконалена для досягнення кращих результатів, у тому числі для отримання оптимального співвідношення ризику до прибутковості для заданого капіталу.

## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи є вивчення можливості застосування програмного трейдингу на ринку криптовалют та вироблення рекомендацій щодо створення та використання механічної торгової системи. Для досягнення основної мети було вирішено поставленні завдання:

- розробити структуру торгового робота, виділити основні компоненти та описати механізм їх взаємодії;
- адаптувати або розробити математичний апарат для прийняття рішень у різних компонентах радника;
- реалізувати розроблені алгоритми функціонування;
- провести чисельне дослідження отриманої торгової моделі та порівняти результати з роботою існуючих роботів.

Об'єктом дослідження стала механічна торгова система. Розглянуто сутність програмного трейдингу, зокрема дані визначення МТС провідних фахівців ринків та визначено переваги та недоліки системного трейдингу, а також концепції, лежать у основі механічних торгових систем.

Спроектовано механічну торгову систему, наведено методику формулювання торгової ідеї, вивчення можливості оптимізації параметрів та порядок тестування МТС. Розглянуто показники, за якими оцінюється ефективність роботи стратегії та методи управління ризиком при використанні МТС.

Проведено тестування розробленої механічної торгової системи, результати якого досліджувалися на предмет її подальшого використання над ринком криптовалют. Оцінивши показники, отримані в результаті тестування розробленої механічної торгової системи, було прийнято рішення про застосуванні МТС, у процесі торгівлі криптовалютою на біржі Binance.

Розроблена механічна торгова система дає можливість здійснювати угоди купівлі або продажу криптовалюти на біржі Binance, які можуть забезпечити трейдеру необхідну дохідність за прийнятної ризику.

На основі отриманих результатів використання даної механічної торгової системи на криптовалютному ринку протягом місяця був зроблений висновок, що застосування цієї системи оптимально для спокійного ринку. Розроблена МТС може використовуватись як самостійний інструмент прийняття рішень на ринку акцій, також може бути основою для створення більш ефективної механічної торгової системи, що показує найкращі результати.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Алгоритмическая торговая платформа TSLAB: подробный обзор. URL: <https://fsr-develop.ru/algoritmicheskaja-torgovaja-platforma-tslab-podrobnyj-obzor> (дата звернення: 04.04.2022).
2. Обзор на торгового бота ZENBOT. URL: <https://fsr-develop.ru/obzor-na-torgovogo-bota-zenbot> (дата звернення: 06.04.2022).
3. Обзор на бота криптовалют HUMMINBOT. URL: <https://fsr-develop.ru/obzor-na-bota-kriptovaljut-humminbot> (дата звернення: 07.04.2022).
4. Миркин Я.М. Ценные бумаги и финансовый рынок: Профессиональный курс в Финансовой Академии М.: Перспектива, 1995. 536с.
5. IT-технології що це таке? Для чого потрібні IT-технології? URL: <https://itstatti.in.ua/internet-marketing/91-it-tekhnologiji-shcho-tse-take-dlya-chogo-potribni-it-tekhnologiji.html> (дата звернення: 14.04.2022).
6. Курс лекций по дисциплине «Основы системного анализа и моделирование технологических процессов». URL: [https://www.rsatu.ru/upload/medialibrary/e40/Konspekt-lektsiy\\_Osnovy-sistemnogo-analiza-i-modelirovanie-tekhnologicheskikh-protsesov.pdf](https://www.rsatu.ru/upload/medialibrary/e40/Konspekt-lektsiy_Osnovy-sistemnogo-analiza-i-modelirovanie-tekhnologicheskikh-protsesov.pdf) (дата звернення: 04.04.2022).
7. Математическое моделирование технических систем. URL: <http://pgsha.ru:8008/books/study/%C0%FE%EF%EE%E2%20%C2.%C2.%20%CC%E0%F2%E5%EC%E0%F2%E8%F7%E5%F1%EA%EE%E5%20%EC%EE%E4%E5%EB%E8%F0%EE%E2%E0%ED%E8%E5%20%F2%E5%F5%ED%E8%F7%E5%F1%EA%E8%F5%20%F1%E8%F1%F2%E5%EC.pdf> (дата звернення: 14.04.2022)
8. Лебо Ч. Компьютерный анализ фьючерсных рынков: Перевод с англ. М.: Альпина, 2000. 304 с.

9. Лефевр Э. Воспоминания биржевого спекулянта. М.: Олимп- Бизнес, 2004. 544 с.
10. Мэрфи Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. М.: Сокол, 1996. 592 с
11. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг. ред. Субботіна С.О. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с.
12. Пардо Р. Разработка, тестирование и оптимизация торговых систем для биржевого трейдера. М.: Минакс, 2002. 224 с.
13. Индикатор Аллигатор. URL: <https://academyfx.ru/article/indikatory/426-indikator-alligator> (дата звернення: 11.04.2022)
14. Индикатор MACD. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80\\_MACD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_MACD) (дата звернення: 14.04.2022).
15. Moving Average (EMA). URL: [https://brestprog.by/topics/mst/https://www.investopedia.com/ask/answers/122314/what-exponential-moving-average-ema-formula-and-how-ema-calculated.asp#:~:text=The%20exponential%20moving%20average%20\(EMA\)%20is%20a%20technical%20chart%20indicator,importance%20to%20recent%20price%20data.](https://brestprog.by/topics/mst/https://www.investopedia.com/ask/answers/122314/what-exponential-moving-average-ema-formula-and-how-ema-calculated.asp#:~:text=The%20exponential%20moving%20average%20(EMA)%20is%20a%20technical%20chart%20indicator,importance%20to%20recent%20price%20data.) (дата звернення: 05.04.2022).
16. Расстояния и теорема Пифагора. URL: <https://matemonline.com/2013/08/rasstojanija-i-teorema-pifagora/> (дата звернення: 09.04.2022).
17. Решение задачи коммивояжера алгоритмом Литтла с визуализацией на плоскости. URL: <https://habr.com/ru/post/332208/> (дата звернення: 14.04.2022).
18. Доклад Храпцова А. URL: [https://www.hugedomains.com/domain\\_profile.cfm?d=tsresearchgroup.com](https://www.hugedomains.com/domain_profile.cfm?d=tsresearchgroup.com) (дата звернення: 12.04.2022).

19. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики / О. Г. Аврунін, Є. В. Бодянський, М. В. Калашник, В. В. Семенець, В. О. Філатов. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 236 с. doi: 10.30837/978-966-659-234-0
20. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань / О. Г. Аврунін, С. Б. Безшапочний, Є. В. Бодянський, В. В. Семенець, В. О. Філатов. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 236 с. doi: 10.30837/978-966-659-236-4
21. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання / О. Г. Аврунін, Є. В. Бодянський, В. В. Семенець, В. О. Філатов, Н. О. Шушляпіна. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 132 с. doi: 10.30837/978-966-659-235-7
22. Filatov, V. On the Approach to Searching for Functional Dependences of Data in Relational Systems / S. N. Doskalenko, V. A. Filatov. // Innovative technologies and scientific solutions for industries. Kharkiv. 2018. No. 3 (1). P. 54–58. doi:10.30837/2522-9818.2018.3.054
23. Комп'ютерне планування малоінвазивних втручань в офтальмології та нейрохірургії / О.Г. Аврунін, В.О. Філатов, М.Ю. Тимкович, Д.В. Кухаренко, В.О. П'ятикоп. – Харків: ХНУРЕ, 2020. –160 с. DOI: 10.30837/978-966-659-283
24. Філатов В. О. Реінжинірінг інформаційної системи на підставі пошуку і аналізу функціонально-залежних атрибутів реляційної бази даних / В. О. Філатов, О. В. Золотухін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжн. наук.-практ. конф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019р. – Харків: НТУ «ХП». – 2019. – С. 201.
25. Filatov, V. Model of semantic integration of information systems properties in relay database reengineering problems / O. Avrunin, O. Vlasov, V. Filatov. // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, 2020 - (4 (14)), 5-12. doi:10.30837/itssi.2020.14.005
26. Filatov, V., Semenets, V. and Zolotukhin, O. (2020) “Data mining in relational systems”, Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, (3 (13), pp. 65-76. doi: 10.30837/ITSSI.2020.13.065