

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Системотехніки  
(повна назва)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження та розробка трендових індикаторів технічного аналізу для  
інтернет-платформи з продажу комерційної нерухомості  
(тема)

Виконав:  
студент II курсу, групи ІТІМ-21-2  
Завтур І.Ю.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва спеціальності)  
Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології  
проектування  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Тітов С.В.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри СТ \_\_\_\_\_ Гребеннік І. В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

2022 р.

# ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

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

Кафедра \_\_\_\_\_ *Системотехніки* \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ *другий (магістерський)* \_\_\_\_\_

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

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

Освітня програма \_\_\_\_\_ *Інформаційні технології проектування* \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові \_\_\_\_\_ *Завтуру Ігорю Юрійовичу* \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження та розробка трендових індикаторів технічного аналізу для інтернет-платформи з продажу комерційної нерухомості»

затверджена наказом університету від «21» листопада 2022 р. №1504 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «21» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження – використання технічних індикаторів для виявлення поточної ситуації на ринку комерційної нерухомості. Предмет дослідження – ефективність трендового технічного індикатора щодо прогнозування ціни на комерційну нерухомість. Предмет розробки – трендовий індикатор для інтернет-платформи з продажу комерційної нерухомості. Функція – оптимізація та спрощення аналізу та прогнозування тенденцій ринку. Технічне забезпечення: IBM-сумісний персональний комп'ютер. Перелік використовуваних програмних засобів: ОС Windows; MS Office Word, MS Office PowerPoint, Python IDLE

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ. Аналіз предметної області. Аналіз ринку комерційної нерухомості у світі та Україні. Методи технічного аналізу змін цін на ринку. Аналіз технології трендових індикаторів. Аналіз технології індикаторів-осциляторів. Аналіз існуючих трендових індикаторів. Методи ковзних середніх. Постановка задачі дослідження. Аналіз експериментального застосування індикаторів бази ковзних середніх відносно тестового набору даних ринку нерухомості. Математичний опис обраного алгоритму. Реалізація трендового індикатора. Тестування та наведення результатів реалізації індикатора. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (\*.ppt) на аркушах формату А4 (19 сторінок).

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, аналіз завдання, уточнення плану роботи	01.09.22	Виконано
2	Аналіз ринку комерційної нерухомості у світі та Україні	08.09.22	Виконано
3	Огляд методів технічного аналізу змін цін на ринку	15.09.22	Виконано
4	Аналіз технології трендових індикаторів	01.10.22	Виконано
5	Аналіз технології індикаторів-осциляторів	15.10.22	Виконано
6	Аналіз існуючих трендових індикаторів	01.11.22	Виконано
7	Огляд методів ковзних середніх	17.11.22	Виконано
8	Постановка задачі	01.12.22	Виконано
9	Аналіз експериментального застосування індикаторів на базі ковзних середніх відносно тестового набору даних ринку	03.12.22	Виконано
10	Математичний опис обраного алгоритму	05.12.22	Виконано
11	Реалізація трендового індикатору	15.12.22	Виконано
12	Тестування та наведення результатів реалізації індикатору	17.12.22	Виконано
13	Оформлення пояснювальної записки	19.12.22	Виконано
14	Подання роботи до екзаменаційної комісії	21.12.22	Виконано

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завтур І.Ю. \_\_\_\_\_

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Тітов С.В. \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи: 63 с., 28 рис., 2 додатки, 25 джерел інформації.

ЕКСПОНЕНЦІЙНЕ КОВЗНЕ СЕРЕДНЕ, ІНДИКАТОРИ ОСЦИЛЯТОРИ, КОВЗНІ СЕРЕДНІ, КОМЕРЦІЙНА НЕРУХОМІСТЬ, РИНОК НЕРУХОМОСТІ, ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ, ТЕХНІЧНІ ІНДИКАТОРИ, ТРЕНДОВІ ІНДИКАТОРИ, DASH, PLOTLY, PYTHON.

Об'єктом дослідження даної роботи є використання технічних індикаторів, а саме трендових індикаторів для виявлення поточної ситуації на ринку комерційної нерухомості.

Предметом дослідження є ефективність трендового технічного індикатору щодо прогнозування ціни на комерційну нерухомість.

Метою даної роботи є дослідження та розробка трендових індикаторів технічного аналізу для інтернет-платформи з продажу комерційної нерухомості.

Методи дослідження - аналіз літератури, інтернет джерел, технічної документації та інструментарію розробки для реалізації трендових індикаторів та подальшого їх інтеграції до інтернет платформи.

Проведено аналіз основних класів технічних індикаторів та аналіз найпопулярніших існуючих трендових індикаторів.

На основі проведеного аналізу було обрано метод трендового індикатору, розглянуто його математичний опис та обрано технології на основі яких було розроблено програмну реалізацію та результуючу візуалізацію оброблених тестових даних. Результати роботи можуть бути інтегровані у майбутньому до інтернет платформ з продажу комерційної нерухомості або інших веб-додатків.

## ABSTRACT

Master's Thesis: 63 pages, 28 figures, 2 appendices, 25 title.

COMMERCIAL REAL ESTATE, DASH, EXPONENTIAL MOVING AVERAGE, INDICATORS OSCILLATORS, MOVING AVERAGES, TECHNICAL ANALYSIS, TECHNICAL INDICATORS, TREND INDICATORS, REAL ESTATE MARKET, PLOTLY, PYTHON

The object of research of this work is the use of technical indicators, namely trend indicators to identify the current situation in the commercial real estate market.

The subject of the study is the effectiveness of the trending technical indicator in terms of forecasting the price of commercial real estate.

The purpose of this work is the research and development of trend indicators of technical analysis for the Internet platform for the sale of commercial real estate.

Research methods - analysis of literature, Internet sources, technical documentation and development tools for the implementation of trend indicators and their further integration into the Internet platform.

The analysis of the main classes of technical indicators and the analysis of the most popular existing trend indicators was carried out.

Based on the analysis, the method of the trend indicator was chosen, its mathematical description was considered, and the technologies were chosen on the basis of which the software implementation and the resulting visualization of the processed test data were developed. The results of the work can be integrated in the future to Internet platforms for the sale of commercial real estate or other web applications.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП .....	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Аналіз ринку комерційної нерухомості у світі та Україні.....	10
1.2 Методи технічного аналізу змін цін на ринку .....	12
1.2.1 Аналіз методу «фігури на графіках цін» .....	14
1.2.2 Аналіз методу прямування за трендом .....	17
1.3 Аналіз технології трендових індикаторів .....	17
1.4 Аналіз технології індикаторів-осциляторів.....	19
2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ПРЕДМЕТНІЙ ОБЛАСТІ.....	22
2.1 Аналіз існуючих трендових індикаторів .....	22
2.1.1 Ковзні середні.....	22
2.1.2 Смуги Боллінджера.....	24
2.1.3 Алігатор Білла Вільямса.....	26
2.1.4 Індикатор ADX.....	29
2.2 Методи ковзних середніх .....	31
2.2.1 Просте ковзне середнє.....	32
2.2.2 Зважене ковзне середнє .....	34
2.2.3 Експоненційне ковзне середнє .....	36
3 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	38
3.1 Постановка задачі.....	38
4 РОЗРОБКА ТРЕНДОВОГО ІНДИКАТОРУ .....	40
4.1 Аналіз експериментального застосування індикаторів на базі ковзних середніх відносно тестового набору даних ринку нерухомості.....	40
4.1.1 Індикатор Просте ковзне середнє (SMA) .....	40
4.1.2 Зважене ковзне середнє (WMA) .....	45
4.1.3 Експоненційне ковзне середнє (EMA).....	46

4.2 Математичний опис обраного алгоритму.....	49
4.3 Реалізація трендового індикатору .....	51
4.3.1 Вибір технологій .....	51
4.3.2 Реалізація трендового індикатору .....	54
4.4 Тестування та наведення результатів реалізації індикатору .....	54
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	61
ДОДАТОК А ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	64

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

MA – Moving Average

SMA – Simple Moving Average

EMA – Exponential Moving Average

WMA – Weight Moving Average

P&F – Point and Figure

ADX – Average Directional Index

## ВСТУП

Нестійкий стан сучасної економіки змушує задуматися про збереження накопичених коштів і створення резервів, тому інвестиції в нерухомість так затребувані. Інвестування в нерухомість - це придбання об'єктів нерухомості з метою отримання пасивного або активного доходу. Невід'ємною умовою інвестицій в нерухомість є аналіз стану ринку нерухомості, від якого залежить рівень інвестиційних ризиків і можлива ціна об'єкта нерухомості в майбутньому. Моніторинг змін ринку нерухомості дозволяє більш точно оцінити інвестиційну привабливість об'єкта нерухомості, а також дає можливість спрогнозувати тенденції розвитку цін на нього в ході реалізації.

Як раніше, так і зараз, вкладення капіталу в різні види нерухомості майже завжди справа безпрограшна. Відносно кажучи, дах над головою, потрібен всім: заводам, фабрикам, компаніям, торгово-розважальним центрам, супермаркетам, ресторанам, спортивним залам, сфері послуг і, звичайно, людям, охочим мати свою фортецю. Хорошим провідником в складному і різноманітному світі нерухомості є аналітичний огляд ринку нерухомості.

Для оцінки привабливості та перспективності об'єкта інвестування, зазвичай використовують технічний аналіз, який дозволяє передбачити зміни ціни в майбутньому на основі аналізу змін цін у минулому. Він заснований на аналізі часових рядів ціни. Найчастіше методи технічного аналізу використовуються для аналізу цін, які вільно змінюються залежно від середовища та глобальних інвестиційних настроїв. Найпоширеніший метод аналізу часових рядів ціни вважається трендовий індикатор, який підтверджує існування тенденції на ринку. Саме з його допомогою інвестор може оцінити поточний стан ринку і майбутні ризики, пов'язані з прибутком або збитком.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Аналіз ринку комерційної нерухомості у світі та Україні

За останні десятиліття придбання нерухомості в європейських країнах серед українців набула популярності. Така ситуація пояснюється просто – це надійне капіталовкладення. Для когось – можливість розвивати бізнес, для інших – бажання облаштувати місце для власного відпочинку або отримувати стабільний пасивний дохід від оренди, для деяких громадян – прагнення мати впевненість у завтрашньому дні і «запасний аеродром».

Аналітики регулярно проводять аналіз ринку, в тому числі, і житлової, і торгово-офісної нерухомості в Україні. У недавніх дослідженнях було проаналізовано структура ринку нерухомості України, а також визначено першопричини, що впливають на розвиток ринку. Результати опитування експертів ринку житлової і торгово-офісної нерухомості України, констатують, що в цілому, в 2019 році ринок продемонстрував позитивну динаміку, і вона повинна зберегтися і в 2020 році. Потенційним покупцям є з чого вибирати. Дослідження ринку нерухомості вказує на те, що зараз на ринку спостерігається перенасичення.

В розвитку економік окремо узятих країн світу важливе місце займає ринок нерухомості, виключна роль і значення якого полягає у формуванні інвестиційної привабливості країни та основи існування пересічних громадян, створенні бази ведення господарської діяльності та розвитку підприємств і організацій усіх форм власності. Порівнюючи і аналізуючи ринки нерухомості різних країн світу, інвестори звертають увагу на структурні зміни попиту за об'єктами купівлі-продажу на ринках нерухомості, динаміку цін на нерухомість, зміну обсягів інвестування в об'єкти нерухомості, а також динамізм прибутковості від прямих інвестицій в нерухомість. Наявність відповідних умов щодо інвестування в нерухомість дозволяє інвестору

прийняти обґрунтоване рішення щодо інвестування в той чи інший об'єкт нерухомості, виступає подальшою основою формування інвестиційної привабливості країни та має незаперечну актуальність [1].

За даними міжнародної консалтингової компанії ATKearney найбільш привабливими країнами за рейтингом інвестиційної привабливості для іноземних інвесторів у всіх сферах, в тому числі нерухомості, залишаються країни Європи, Америки та Азії. Рейтинг країн наведено у табл. 1. Серед 10 найбільших інвестиційно привабливих для іноземних інвестицій країн більше європейських, відтак ринок нерухомості Європи буде одним з найбільш привабливим для інвесторів як в плані житлової, так і комерційної нерухомості [1].

Ранг	Країна	Зміна рейтингової позиції у 2018 р. порівняно з 2017 р.	Фактори спричиня зміщення інвестиційної привабливості країни
1.	США	зміни немає	Довіра є наслідком значного ринку, стійкого економічного зростання, а також недавнім зниженням корпоративних податків.
2.	Канада	▲ 3	Сприяти оптимізму інвесторів можуть такі фактори як оновлення законодавства Канади, зростання інвестицій, новоствореного агентства в Індії та нові торгові привілеї.
3.	Німеччина	▼ 1	Зростання темпів ВВП залишається привабливим для іноземних інвестицій, тому країна прагне економічної стабільності.
4.	Великобританія	зміни немає	Країна налічує майже чверть усіх інвестицій Європи, однак існує незначна політична нестабільність.
5.	Китай	▼ 2	Інвестори залишаються впевненими в економіці Китаю, тому падіння може відобразити нижчу оцінку в цілому для ринків, що розвиваються.
6.	Японія	зміни немає	Стійкість її діяльності, ймовірно, є результатом посилення економічного зростання та посилення інтеграції в світову економіку, включаючи кілька недавніх угод про вільну торгівлю.
7.	Франція	зміни немає	Інвестори залучаються для того, щоб здійснити ринкові реформи, спрямовані на стимулювання економіки та збільшення іноземних інвестицій.
8.	Австралія	▲ 1	Країна має рекордну 27-річну смугу без рецесії, і уряд має намір скоротити ставку корпоративного податку до 25% до 2025 року.
9.	Швейцарія	▲ 3	Частина привабливості спричинене відкритістю уряду для глобальної криптокультури, яка закріплює її високу підприємницький статус.
10.	Італія	▲ 3	Державна програма "Industria 4.0" може стимулювати інновації та збільшити інвестиції, незважаючи на відносно слабе прогнозу економічного зростання.

Рисунок 1.1 – Рейтинг інвестиційної привабливості країн

У європейському регіоні зростання демонструють лише найбільш країни, що оговталися після кризи - Великобританія, Німеччина і Франція. Великий потенціал мають угоди на вторинному ринку Обсяги інвестицій в

Азіатсько-Тихоокеанському. Лідерами на ринку стали також економічно стабільні, інтенсивно розвиваючі більшість секторів економіки держави, як Китай, Гонконг та Сінгапур [2].

Таким чином, регіональні тенденції світового ринку нерухомості змушують інвесторів віддавати перевагу стійкішим і безпечнішим ринкам, а не зростаючим, але більш ризикованим. Як і раніше, лідерство утримують традиційні та перевірені ринки у Східна та Західна Європа, а також ринок нерухомості Туреччини [2].

Якщо розглянути об'єкти інтересу інвесторів на світовому ринку нерухомості, то варто відзначити, що найбільшим попитом користується житлова нерухомість. Відновлення економіки та зростання доходів населення спричинили поживлення цього сегмента, особливо у країнах з доступними кредитами та підтримуючими програмами з боку держави (США, Сінгапур). Друге місце традиційно дісталось офісній нерухомості, на третьому місці за пріоритетом інвесторів – промислова та торговельна нерухомість [2].

Таким чином, для формування оптимальної стратегії інвестування в нерухомість абсолютно необхідним є аналіз основних закономірностей та тенденцій світового ринку. Тенденції зростання обсягів інвестицій у нерухомість підтверджують привабливість даного об'єкта як інвестиційний актив [2].

## 1.2 Методи технічного аналізу змін цін на ринку

Технічний аналіз (ТА) – це тип аналізу, який дозволяє спрогнозувати поведінку ринку на основі попередньої динаміки ціни та даних про об'ємів торгів [3].

Інструменти технічного аналізу використовуються для ретельного вивчення того, як попит та пропозиція на цінні папери вплинуть на зміни ціни, обсягу та волатильності. Він виходить із припущення, що попередня торговельна активність та зміни ціни цінного паперу можуть бути цінними

індикаторами майбутніх рухів ціни цінного паперу у поєднанні з відповідними правилами інвестування чи торгівлі.

Він часто використовується для створення короткострокових торгових сигналів за допомогою різних графічних інструментів, але також може допомогти покращити оцінку сили або слабкості цінного паперу по відношенню до ширшого ринку або одного з його секторів. Ця інформація допомагає аналітикам покращити загальну оцінку вартості.

Технічний аналіз намагається передбачити рух ціни практично будь-якого інструменту, що торгується, який зазвичай залежить від сил попиту та пропозиції, включаючи акції, облігації, ф'ючерси та валютні пари. Насправді деякі розглядають технічний аналіз просто як вивчення сил попиту та пропозиції, відображених у русі ринкової ціни.

Технічний аналіз найчастіше застосовується до змін цін, але деякі аналітики відстежують не лише ціну, а й інші числа, такі як обсяг торгів чи показники відкритого інтересу [4].

Увесь технічний аналіз базується на трьох постулатах:

– Ринок враховує все: причини, які можуть вплинути на ціну біржового товару, обов'язково на цій ціні відіб'ються. Отже, для аналізу ринку достатньо всебічно вивчати рух цін. Тобто, будь-які зміни в динаміці попиту та пропозиції відобразяться на ціні. Якщо попит перевищує пропозицію, то ціни ростуть. Якщо пропозиція перевищує попит, то ціни падають [5].

– Рух цін підпорядкований тенденціям: ціни, навіть при випадковому русі ринку, матимуть тенденції незалежно від часових рамок, що спостерігаються. Іншими словами, ціна акцій, швидше за все, продовжить минулу тенденцію, ніж нестабільну. Необхідно точно визначити тенденцію, яка панує на ринку в даний час (початок, розвиток, уповільнення, зміна тенденції), для прогнозування зміни ситуації на ринку [6].

– Історія має тенденцію повторюватися: Технічні аналітики вважають, що історія має тенденцію повторюватися. Повторюваність руху цін часто приписується психології ринку, яка має тенденцію бути дуже передбачуваною

на основі таких емоцій, як страх чи хвилювання. Технічний аналіз використовує схеми діаграм для аналізу цих емоцій та подальших рухів ринку для розуміння тенденцій. Хоча багато форм технічного аналізу використовуються більше 100 років, вони все ще вважаються актуальними, оскільки вони ілюструють закономірності руху цін, які часто повторюються [6].

Індикатори технічного аналізу (технічні індикатори ринку) – являють собою деякий математичний алгоритм або набір математичних алгоритмів, за допомогою яких здійснюється прогнозування тих чи інших явищ на ринку на базі даних за певний проміжок часу. Деякі індикатори орієнтовані насамперед визначення поточного ринкового тренду, включаючи області підтримки та опору, тоді як інші орієнтовані визначення сили тренду і ймовірності його продовження. Технічні індикатори і моделі графіків, що зазвичай використовуються, включають лінії тренду, канали, ковзні середні та індикатори імпульсу [4]. На основі сигналів технічних індикаторів прогнозується майбутня поведінка ціни на актив на підставі статистичних даних за минулі періоди. Виходячи з поведінки індикаторів, користувачі приймають рішення про вхід або вихід з ринку (відкриття і закриття торгових позицій) [7].

Усі методи технічного аналізу є спробами швидкого й відносно легкого прогнозування цін на підставі ринкової статистики минулих періодів. Технічні підходи можна класифікувати в різні способи. Загальноприйнятим є розподіл усіх методів технічного аналізу на дві групи: методи, призначені для аналізу ринків із чітко визначеною тенденцією, та методи, придатні для аналізу неактивного (млявого) ринку.

### 1.2.1 Аналіз методу «фігури на графіках цін»

Основний графічний інструментарій технічного аналізу — цінові графіки. Графічний технічний аналіз — це насамперед побудова і тлумачення

різноманітних ринкових графічних моделей, які характеризуються певними закономірностями руху цін, з метою прогнозу ймовірності продовження чи зміни виявленого тренду.

Графічні картини вирізняються різноманітністю форм. Розрізняють два види графічних моделей: моделі перелому тенденції — тобто структури, які формуються на цінових графіках і в разі виконання деяких умов можуть свідчити про зміну наявного на ринку тренду (до них належать моделі «голова — плечі», «подвійний пік», «подвійне підґрунття», «потрійний пік», «потрійне підґрунття») і моделі продовження тенденції, які утворюються на графіках і в разі виконання деяких умов дають підстави стверджувати про ймовірність продовження наявної тенденції [8]. Діаграми типу "точка та фігура" (P&F) складаються зі стовпців X та O, які представляють відфільтровані зміни цін. X-стовпці представляють зростання цін, а O-стовпці — падіння цін. Кожне поле ціни представляє конкретне значення, якого ціна повинна досягти, щоб виправдати X або O. Час не є фактором для графіків P&F; ці діаграми змінюються в міру руху цін. Відсутність руху ціни означає відсутність змін на графіку P&F.

На діаграмі P&F рух ціни представлено зростаючими X-стовпцями та спадаючими O-стовпцями. Кожен стовпець представляє свого роду тенденцію до зростання або спаду. Кожен X або O займає те, що називається рамкою на діаграмі. Кожна діаграма має параметр під назвою «Розмір коробки», який визначає діапазон цін для кожної коробки.

Кожна діаграма має другий параметр під назвою «Сума розвороту», який визначає суму, яку акція має рухатися в протилежному напрямку, щоб гарантувати розворот стовпця. Кожного разу, коли цей поріг розвороту перетинається, новий стовпець починається безпосередньо поруч із попереднім, лише рухаючись у протилежному напрямку [9].

Звичайні графіки технічного аналізу, як правило, є графіком відкриття-закриття/максимум-мінімум, що відображає рух ціни з часом, скажімо, день у день. Під час створення діаграм P&F акцент робиться лише з ціни закриття

випуску. Розробники графіків P&F були зацікавлені у розвитку тренду і, таким чином, їх цікавив не шум, що створювався незначними рухами вгору чи вниз, а те, як загальна картина розігрувалася з погляду попиту та пропозиції.

Ключем до діаграм P&F є встановлення одиниці ціни, яка є одиницю виміру цінового руху, нанесеного на графік. На графіках P&F немає осі часу, тільки вісь ціни. Зростання ціни акцій показано з допомогою X, а падаючі ціни показано з допомогою O. Ці точки з'являються графіку лише тому випадку, якщо ціна перемістилася хоча б одну одиницю ціни у напрямі.

Нехай, ціна закриття акції зростає на одну цінову одиницю три рази. Це буде виглядати як стовпець із трьох хрестиків. Якщо рух ціни змінює напрямок, на графіці відображається новий стовпець нулів, де нулі відображаються для кожної одиниці руху ціни. X і O ніколи не з'являються в тому самому стовпці. Проте діаграміст повинен встановити, скільки цінових одиниць становить прямокутник, тобто наскільки ціна має рухатися у протилежному напрямі, щоб діаграмі почався новий стовпець [10]. Приклад P&F діаграми наведено на рисунку 1.2.

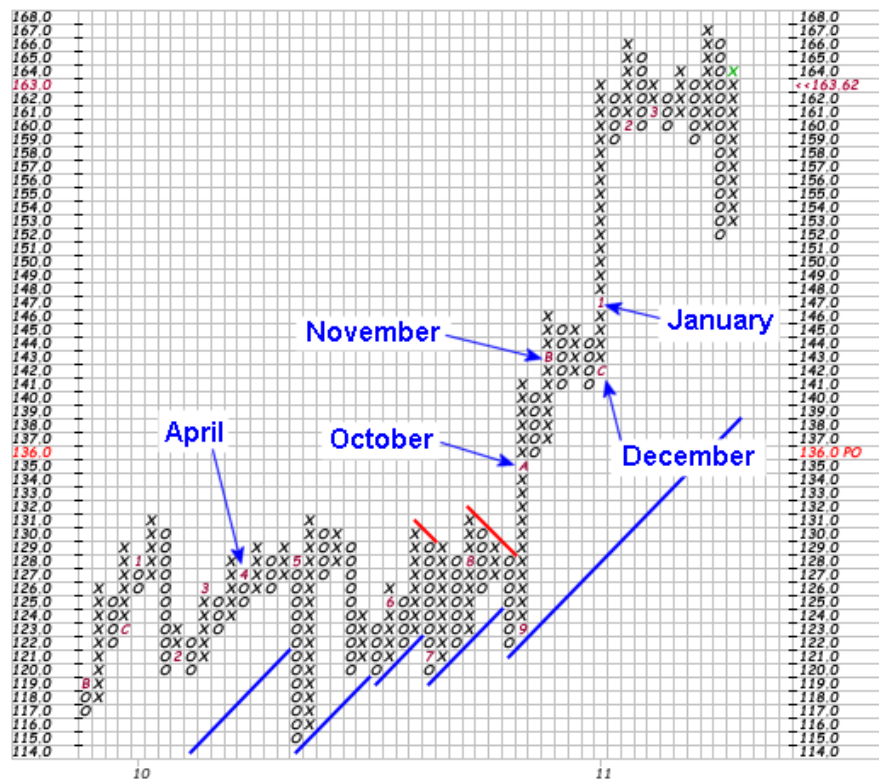


Рисунок 1.2 - Приклад P&F діаграми

### 1.2.2 Аналіз методу прямування за трендом

Аналіз тенденційних графіків уможливорює побудову ліній тренду ринку. Тренди — це графічно виявлені тенденції, які відображують переважне спрямування ринкових цін. Відповідно до можливих «маршрутів» тренди можуть бути зростаючими(бичими), знижувальними(медвежими) або бічними. Зростаючий тренд характеризує поступове підвищення цін, відповідно знижувальний — зниження цін. Бічний, або горизонтальний, тренд описує горизонтальний рух цін [8]. Види трендів зображено на рисунку 1.3.

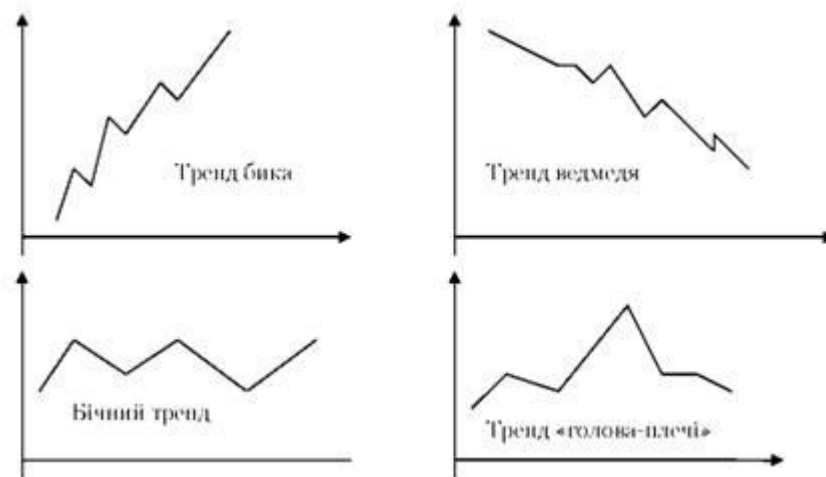


Рисунок 1.3 – Види трендів

Тренд визначають шляхом побудови лінії тренду, яка з'єднує дві або декілька верхніх або нижніх точок графіка. Зростаючий тренд з'єднує нижні точки графіка таким чином, що графік опиняється над лінією тренду. Водночас знижувальний тренд з'єднує точки графіка таким чином, що сам графік опиняється під лінією тренду.

### 1.3 Аналіз технології трендових індикаторів

Трендові індикатори – це технічні інструменти, які вимірюють напрямок і силу трендів у вибраний період часу, тобто підтверджують тенденцію на

ринку.

Більшість індикаторів, що слідують за трендом, є «відстаючими», тобто вони генерують сигнал на купівлю чи продаж після того, як тренд або розворот уже розпочався. Ці індикатори також можуть бути «випереджаючими», тобто вони передбачають рух ціни до його початку, використовуючи численні розрахунки та порівнюючи імпульс у різних часових рамках. Ці індикатори виконують три основні функції. По-перше, вони намагаються попередити фахівця про тенденцію, що розвивається, або про загрозу розвороту. По-друге, вони намагаються передбачити короткостроковий і довгостроковий напрямок цін. По-третє, вони підтверджують спостереження та сигнали в ціновому патерні та інших технічних індикаторах. Надійність сигналу обмежується налаштуваннями, які використовуються для відображення індикатора, що слідує за трендом [11].

Трендові індикатори ґрунтуються на застосуванні різних математичних формул до руху ринку та представляють собою математичне усереднення ціни. Ці індикатори найкраще демонструють свою роботу на великих проміжках часу. На основі цього можна лише передбачити напрямок руху ціни в майбутньому, адже трендові індикатори трохи запізнюються та демонструють лише тенденцію в її розвитку [7,8].

Трендові індикатори на ряду з іншими індикаторами технічного аналізу мають власні переваги та недоліки.

Переваги:

- Визначають тип поточного тренду. Використовуючи такі алгоритми, користувач має змогу швидко оцінити та зрозуміти яка саме тенденція розвивається в даний момент часу на ринку.

- Трендові індикатори можуть бути поєднанні з осциляторами в якості фільтрів, що дасть більш точну оцінку ситуації на ринку.

- Трендові індикатори мають гнучкі налаштування, що дозволяє користувачеві підлаштовувати алгоритми під певні ситуації та отримувати більш точні сигнали для відкриття позицій [13].

– Основною перевагою запізнілих індикаторів є те, що вони менш схильні давати помилкові сигнали. Трендові індикатори дають сигнали тільки тоді, коли ціни ясно формують тренд або розворот [14].

Так само як і у інших індикаторів технічного аналізу, у трендових індикаторів є і свої недоліки. До недоліків можна віднести наступне:

– Одним із головних недоліків є те, що трендові індикатори показують поточну ринкову тенденцію, але вони не вказують на те, коли вона буде завершена. Незважаючи на те, що навіть такі сигнали починають надходити, трендові індикатори демонструють їх з запізненням.

– Незважаючи на можливість гнучкого налаштування, досягти певного, ідеального співвідношення в налаштуваннях досі не вдавалося. В результаті користувачеві необхідно шукати додаткові фільтри, поєднувати з іншими типами індикаторів для відсіву хибних сигналів.

– Зменшуючи періоди часу, трендовий індикатор буде більш чутливо реагувати на зміни, проте подібні зміни призведуть до надходження як позитивних, так і негативних сигналів та в цілому якість сигналів значно зменшиться.

#### 1.4 Аналіз технології індикаторів-осциляторів

Осцилятор – це випереджаючий індикатор. За певних умов вони дозволяють передбачити розворот тренда. Вони є одними з найцінніших інструментів в арсеналі технічного аналітика.

Осцилятор – це інструмент технічного аналізу, який будує високі та низькі смуги між двома крайніми значеннями, а потім створює індикатор тренду, який коливається в цих межах. Трейдери використовують індикатор тренду для виявлення короткострокових умов перекупленості чи перепроданості. Коли значення осцилятора наближається до верхньої крайньої величини, технічні аналітики інтерпретують цю інформацію як означає, що актив перекуплений, і коли вона наближається до нижньої крайності, техніки

вважають актив перепроданим.

Осцилятори, як правило, використовуються разом з іншими індикаторами технічного аналізу для прийняття торгових рішень. Аналітики вважають осцилятори найбільш вигідними, коли вони не можуть легко знайти чітку тенденцію в ціні на ринку, наприклад, коли акції торгують горизонтально або вбік [15].

Осциляторні індикатори мають свої сильні та слабкі сторони.

Переваги:

- Осцилятори зазвичай вказують на завершення локальної тенденції (в рамках загального флету) наперед, а це значить, що вони демонструють випереджальний характер сигналів. Це дозволяє трейдерам оцінити поточну ситуацію та дає більше часу для ухвалення рішення.

- Індикатори осцилятори демонструють широкий набір сигналів порівняно з трендовими індикаторами. Використовуючи лише індикатор Стохастик користувач можете отримувати до трьох типів різних сигналів. Це дозволяє застосовувати індикатор завжди і відкривати угоди у багатьох ринкових ситуаціях [16].

- Осцилятори справді прості у розумінні. Їх використання відносно просте адже у більшості випадків користувачеві необхідно лише стежити за кривою та її положенням щодо інших елементів алгоритму.

- Осцилятори мають гнучку систему налаштувань. Гнучкість системи дозволяє користувачеві налаштувати обраний індикатор під власні потреби.

Не дивлячись на велику кількість переваг, осцилятори мають власні мінуси. До недоліків можна віднести наступне:

- Осциляторні індикатори не демонструють зміни ринкової ситуації. Вони будуть давати сигнали про розворот навіть тоді, коли почне формуватися стійкий тренд. Індикатор просто неспроможний «перебудовуватися», оскільки він вказує розвороти лише в певних рамках.

Враховуючи результати аналізу ринку нерухомості, а також дослідження методів технічного аналізу ринків можна зробити висновок про

необхідність та важливість застосування технічних індикаторів для вигідних та своєчасних інвестицій у нерухомість або її продажу. Саме трендові індикатори стануть у нагоді для довгострокових угод, адже саме з їх допомогою користувач має можливість оцінити поточну ситуацію на ринку нерухомості, та зробити відповідні висновки.

## 2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ПРЕДМЕТНІЙ ОБЛАСТІ

### 2.1 Аналіз існуючих трендових індикаторів

#### 2.1.1 Ковзні середні

Найбільш популярний трендовий індикатор, на основі якого побудовано більшість інших індикаторів для визначення тенденції на ринку. Ковзаючі середні розраховуються для визначення напрямку тренду акції чи визначення її рівнів підтримки і опору. Це індикатор, що прямує за трендом або запізнюється, тому що він заснований на минулих цінах.

Чим більший період ковзної середньої, тим більше запізнення. 200-денна ковзна середня матиме набагато більше відставання, ніж 20-денна МА, тому що вона містить ціни за останні 200 днів. 50-денні та 200-денні ковзні середні широко використовуються інвесторами та трейдерами та вважаються важливими торговими сигналами [17].

Ковзна середня будується за принципом середніх цін за певний період часу. У загальному вигляді формула для обчислення будь-якої ковзної середньої (moving average) має вигляд::

$$MA = \sum_k w_k y_k$$

де:

$\{y_k\}$  – кількість періодів;

$\{w_k\}$  – ціна за певний період.

При цьому для набору ваг має дотримуватись правило нормування:

$$\sum_k w_k = 1$$

Ковзна середня характеризується:

- - об'єктом обчислення, тобто тим динамічним рядом, який потрібно згладити,
  - - періодом ковзної середньої,
  - - типом ковзної середньої, який визначає алгоритм обчислення набору ваг  $\{ w_k \}$ .
  - Розрізняють три основні типи ковзних середніх:
    - - проста ковзна середня (SMA - simple moving average),
    - - зважена ковзна середня (WMA - weighted moving average),
    - - експоненційна ковзна середня (EMA – exponential moving average)
- [18].

Цей індикатор має налаштування періоду. Чим він менший, тим гнучкішим буде сам індикатор. Але при цьому з'явиться безліч помилкових сигналів. Чим більшим буде період, тим згладженішим буде сам індикатор, але у цьому випадку тренди показуватимуться із запізненням [12]. Графік з використанням ковзних середніх наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Трендовий індикатор ковзні середні

### 2.1.2 Смуги Боллінджера

Смуги Боллінджера - дуже популярний метод. Багато трейдерів вважають, що чим ближче ціни підходять до верхньої смуги, тим більше ринок перекуплено, а чим ближче ціни наближаються до нижньої смуги, тим більше ринок перепродано. Першим кроком у розрахунку Смуг Боллінджера є обчислення простого ковзного середнього (SMA) відповідного цінного паперу, як правило, з використанням 20-денного SMA. 20-денне ковзне середнє усереднює ціни закриття за перші 20 днів як першу точку даних. Наступна точка даних відкине найпершу ціну, додасть ціну 21-го дня та встановить середнє значення тощо. Далі буде отримано стандартне відхилення ціни цінного паперу.

Для певного набору даних стандартне відхилення вимірює, наскільки розкидані числа від середнього значення. Стандартне відхилення можна обчислити, взявши квадратний корінь із дисперсії, яка сама по собі є середнім із квадратів різниць середнього. Далі помножте це значення стандартного відхилення на два та додайте та відніміть цю суму від кожної точки уздовж SMA. З них виготовляють верхню і нижню смуги [19]. Смуги Боллінджера будуються шляхом додавання та віднімання кратного стандартного відхилення від простої ковзної середньої. Цей індикатор дає уявлення про волатильність ринку, а також про потенційне виникнення рівнів підтримки та опору.

Середня лінія ML (звичайна ковзна середня) розраховується за формулою[20]:

$$ML = \frac{SUM(CLOSE, N)}{N} = SMA(CLOSE, N)$$

де:

$SUM(\dots, N)$  - сума за  $N$  періодів;

*CLOSE* - ціна закриття;

*N* - кількість періодів, що використовуються для розрахунку;

*SMA* - проста ковзна середня.

Верхня лінія TL (середня лінія ML, зміщена вгору на певне число *D* стандартних відхилень StdDev) розраховується за такою формулою:

$$TL = ML + (D * StdDev)$$

Нижня лінія BL (середня лінія ML, зміщена вниз на число стандартних *D* відхилень StdDev) розраховується за такою формулою:

$$BL = ML - (D * StdDev)$$

StdDev – стандартне відхилення обчислюється як:

$$StdDev = \sqrt{\frac{SUM ((CLOSE - SMA (CLOSE, N))^2, N)}{N}}$$

Смуги Боллінджера відображаються на графіку вздовж цінових свічок у вигляді верхньої та нижньої лінії, розташованих навколо ковзної середньої. Індикатор формує так званий канал волатильності. Ці лінії, також звані смугами Боллінджера, розширюються або звужуються залежно від волатильності або відсутності волатильності на ринку [15].

Сходження смуг Боллінджера - спостерігається, коли ринок у стані спокою та на ньому не відбувається значних коливань.

Розходження смуг Боллінджера - спостерігається під час підсилення поточного тренду або на початку нового. Розходження при збільшившихся об'ємах угод є гарним підтвердженням тренду.

Графік з використанням смуг Боллінджера наведено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Трендовий індикатор смуги Боллінджера

### 2.1.3 Алігатор Білла Вільямса

Легендарний трейдер Білл Вільямс, один з перших піонерів ринкової психології, розробив індикатор слідування за трендом Алігатор, який слідкує за передумовою про те, що фінансові ринки та окремі цінні папери знаходяться в тренді всього від 15% до 30% часу, у той час як у бічних діапазонах решти 70%-30%. 85% часу [21].

Індикатор Алігатор відноситься до трендових індикаторів і дозволяє відстежувати існуючий тренд на ринку. Завдяки даному індикатору користувач зможе побачити коли тренд починається і коли закінчується. Також індикатор відмінно реагує на перехід ринку в бічний тренд. В основі роботи індикатора Алігатор лежить принцип 3-х простих ковзних середніх з різними періодами і зрушенням, ковзне середнє використовує значення медіанної ціни [8].

Технічний індикатор Алігатор - це комбінація Ліній Балансу (Ковзаючих середніх, Moving Averages), що використовують фрактальну геометрію і нелінійну динаміку.

– Синя лінія (Щелепи Алігатора) - це лінія балансу для тимчасового періоду, що використовувався для побудови графіка (13-періодне згладжене ковзне середнє, зрушене на 8 барів у майбутнє);

– Червона лінія (Зуби Алігатора) - це лінія балансу для значущого тимчасового періоду на порядок нижче (8-періодне згладжене ковзне середнє, зрушене на 5 барів у майбутнє);

– Зелена лінія (Губи Алігатора) - це лінія балансу для значущого часового періоду, який нижче ще на один порядок (5-періодне згладжене ковзне середнє, зрушене на 3 бари в майбутнє) [22].

Індикатор Алігатор використовує три згладжені ковзні середні, встановлені на п'ять, вісім та тринадцять періодів, які є числами Фібоначчі. Початкове згладжене середнє обчислюється за допомогою простого ковзного середнього (SMA), з додаванням додаткових середніх згладжених, які уповільнюють обороти індикатора. Індикатор застосовує відносини конвергенції-дивергенції для побудови торгових сигналів, при цьому щелепа здійснює найповільніші повороти, а губи - найшвидші. Перетин губ вниз через інші лінії сигналізує про можливість короткого продажу, а перетин вгору сигналізує про можливість покупки. Вільямс називає низхідний хрест «сплячим» алігатором, а висхідний хрест — «алігатором, що пробуджується» [22].

Три лінії, розтягнуті убік і рухаються вгору чи вниз, позначають трендові періоди, у яких слід підтримувати довгі чи короткі позиції і керувати ними. Це називається алігатором, що «їде з широко відкритим ротом». Лінії індикатора, що сходяться у вузькі смуги і зміщуються в горизонтальному напрямку, позначають періоди, в яких тренд може закінчуватися, сигналізуючи необхідність фіксації прибутку і перебудови позицій. Це вказує на те, що алігатор наситився [22].

Індикатор видаватиме помилкові сигнали, коли три лінії неодноразово перетинаються одна з одною через нестійкі ринкові умови. За словами Вільямса, алігатор у цей час «спить». Залишається осторонь, доки знову не

прокинетися.

Це оголює істотний недолік індикатора, оскільки багато сигналів, що пробуджують, у великих діапазонах не працюють, викликаючи розвороти. Індикатор Алігатор розраховується наступним чином [22]:

$$MEDIAN PRICE = \frac{(HIGH + LOW)}{2}$$

$$ALLIGATORS JAW = SMMA (MEDIAN PRICE, 13, 8)$$

$$ALLIGATORS TEETH = SMMA (MEDIAN PRICE, 8, 5)$$

$$ALLIGATORS LIPS = SMMA (MEDIAN PRICE, 5, 3)$$

де:

*MEDIAN PRICE* - медіанна ціна;

*HIGH* - максимальна ціна бару;

*LOW* - мінімальна ціна бару;

*SMMA (A, B, C)* - згладжене ковзне середнє. Параметр А - дані, що згладжуються, В - період згладжування, С - зрушення в майбутнє. -

*ALLIGATORS JAW* - Щелепи Алігатора (синя лінія);

*ALLIGATORS TEETH* - Зуби Алігатора (червона лінія);

*ALLIGATORS LIPS* - Губи Алігатора (зелена лінія).

Графік з використанням Алігатора наведено на рисунку 2.3.

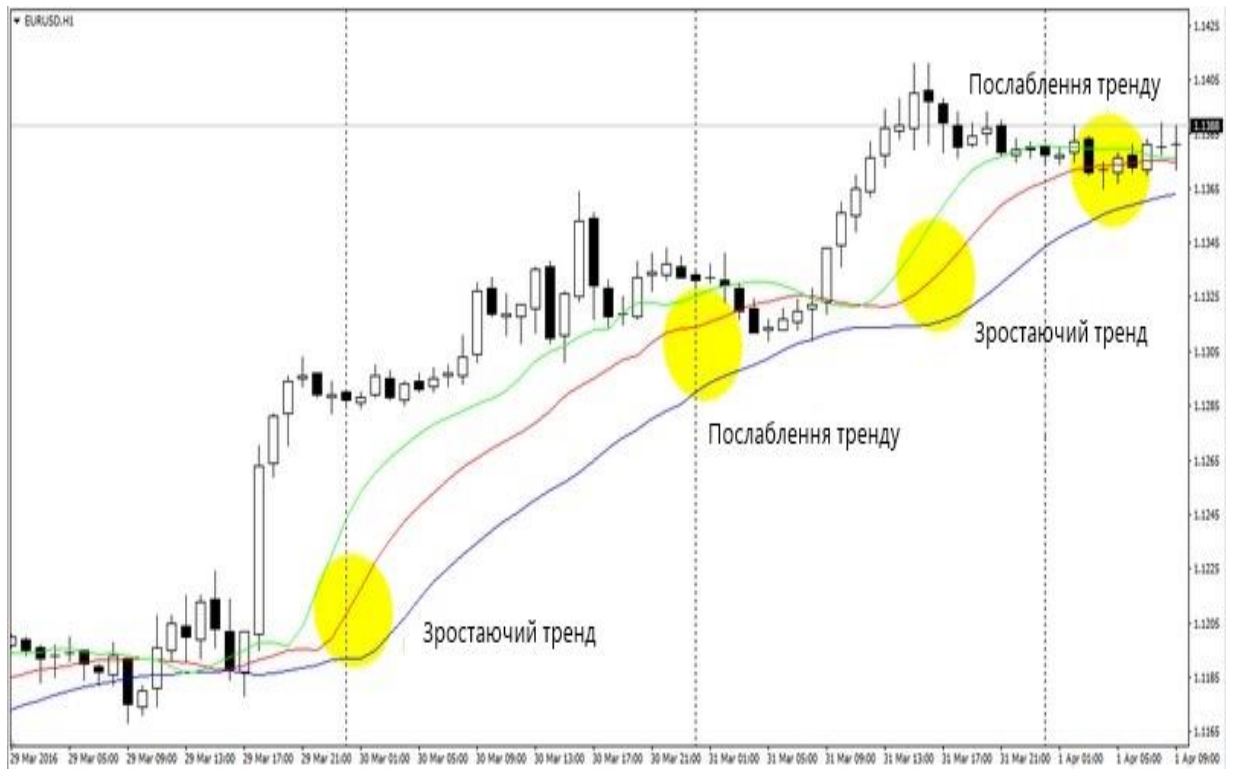


Рисунок 2.3 - Трендовий індикатор Алігатор Білла Вільямса

#### 2.1.4 Індикатор ADX

Індикатор ADX (індекс середнього напрямку руху, average directional index) – це технічний інструмент, призначений для вимірювання сили ринкового тренду. Індикатор ADX використовується для різних цілей, таких як вимірювання сили тренду, пошук тренду та торгового діапазону, а також як фільтр для різних торгових стратегій. Інструмент був розроблений знаменитим трейдером Уеллсом Уайлдером на основі двох інших його програм – Positive Directional (+DI) та Negative Directional Indicator (-DI). Розрахунки ADX ґрунтуються на ковзному середньому розширенні цінового діапазону за певний період часу. Значення за замовчуванням – 14 барів, хоча можна використовувати інші періоди часу. Ці програми засновані на досить простих показниках спрямованого руху ринку: вони порівнюють максимум і мінімум поточного періоду з максимумом та мінімумом попереднього періоду. Якщо лінія +DI піднімається вище -DI, то це сигнал до покупки, якщо +DI

опускається нижче  $-DI$  - сигнал до продажу.

Лінії  $+DI$  та  $-DI$  розраховуються наступним чином:

$$+DI = 100 * smoothed\ ma + DM/ATR$$

$$-DI = 100 * smoothed\ ma - DM/ATR$$

де:

$Smoothed\ ma$  – згладжена ковзна середня, яка розраховується за вибраним періодом;

$ATR$  – згладжена середня істинного діапазону.

Формула АДХ має такий вигляд [23]:

$$ADX = 100 * smoothed\ ma \frac{(+DI) - (-DI)}{(+DI) + (-DI)}$$

Напрямок лінії  $ADX$  важливий для читання сили тренду. Коли лінія  $ADX$  зростає, сила тренду зростає, і ціна рухається в напрямку тренда. Коли лінія падає, сила тренду зменшується, і ціна входить у період відновлення або консолідації. Поширеною помилкою є те, що падаюча лінія  $ADX$  означає розворот тренду. Падаюча лінія  $ADX$  означає тільки те, що сила тренду спадає, але це не означає, що тренд розгорнувся, якщо тільки не було кульмінації ціни [24]. Графік з використанням  $ADX$  наведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 - Трендовий індикатор ADX

## 2.2 Методи ковзних середніх

Ковзне середнє – інструмент згладжування часових рядів, застосований головним чином для відображення змін біржових котирувань акцій, цін на сировину і так далі. Ковзне середнє – один з найстаріших і найбільш поширених інструментів технічного аналізу. Цей індикатор показує середнє значення ціни за певний період часу.

Ковзне середнє являє собою оцінку по методу найменших квадратів єдиної константи для представлення вихідних даних з однаковими ваговими множниками. Цьому випадку відповідає проста функція  $F(t) = 1$  для всіх  $t$ . При цьому вагові множники  $\omega_j = 1$  для  $N$  останніх спостережень в інтервалі  $0 \leq j \leq N - 1$  та  $\omega_k = 0$  для  $j \geq N$ . Деякі коефіцієнти моделі можуть визначатися за допомогою поліномів більш високого порядку методом припасування моделі до результатів  $N$  останніх спостережень в кожний момент надходження нових даних. Таким чином, у загальному випадку значення коефіцієнтів в будь-який заданий момент часу залежать від попередніх значень коефіцієнтів, помилки у прогнозі при використанні

останнього спостереження, а також від виду використаного полінома та числа  $N$  результатів спостережень.

У методі ковзної середньої початкові значення елементів ряду замінюються середньою арифметичною величиною всередині обраного інтервалу. Після чого інтервал переміщується на одне спостереження та розрахунок середньої повторюється. Інтервали визначення середньої беруться завжди однаковими. Чим ширше інтервал, тим більш плавним виходить новий ряд.

Уточнення прогнозу виконується за принципом зворотного зв'язку – нові прогнози корегуються на основі обліку помилок в попередніх прогнозах. Якщо при виборі вагових множників в процесі зіставлення прогнозу також використовується зворотній зв'язок, то будь-який аналіз стає фактично неможливим в тому числі й суворий аналіз областей стійкості даної системи [25].

Найбільш популярні види ковзних середніх:

- просте ковзне середнє (SMA)
- експоненційне ковзне середнє (EMA)
- зважене ковзне середнє (WMA)

### 2.2.1 Просте ковзне середнє

Просте ковзне середнє (англ. Simple Moving Average – SMA) – є одним з найбільш простих і популярних індикаторів в технічному аналізі. SMA є звичайним середнім арифметичним від цін за певний період. SMA відноситься до класу індикаторів, які слідуєть за трендом, воно допомагає визначити початок нової тенденції і її завершення, за його кутот нахилу можна визначити силу (швидкість руху), воно ж в якості основи (або згладжуючого фактора) застосовується у великій кількості інших технічних індикаторів.

Проста ковзна середня порядку  $T$  являє собою середнє арифметичне цін за період часу  $[t - T + 1, t]$ , тобто:

$$SMA_t = \frac{1}{T} \sum_{k=t-T+1}^t y_k$$

Усі ваги, що знаходяться у інтервалі  $t - T + 1 \leq k \leq t$  з якими входять ціни під час розрахунку ковзної середньої є однаковими та дорівнюють  $w_k = 1/T$ . Ваги, що виходять за межі цього інтервалу, а саме при  $k < t - T + 1$ , дорівнюють нулю.

При використанні методу SMA для торгівлі по тренду запізнювання на вході і на виході з тренда як правило дуже значне, тому в більшості випадків втрачається велика частина трендового руху.

Один з найбільш серйозних недоліків методу SMA, полягає в тому що воно надає однакові ваги як новими цінами, так і більш старими, хоча логічніше було б припустити, що нові ціни важливіші, тому що відображають більш близьку ринкову ситуацію до поточного моменту.

SMA має ще один недолік, який виявляється під час розгляду рекурентної формули для її обчислення:

$$SMA_t = SMA_{t-1} + \frac{1}{T} y_t - \frac{1}{T} y_{t-T}$$

Очевидно, що SMA на кожну ціну реагує двічі: перший раз, коли ціна входить до інтервалу розрахунку, та вдруге, коли ціна вибуває з нього. Друга реакція ніяк не пов'язана з поточною динамікою і, отже, небажана [18].  
Приклад графіку SMA наведено на рисунку 2.5



Рисунок 2.5 – Графік SMA на прикладі періодів 50 та 200 днів

## 2.2.2 Зважене ковзне середнє

Зважене ковзне середнє (англ. Weighted Moving Average – WMA). Одним з основних недоліків SMA є присвоєння всім цінам однакових ваг. Ваги використовуються при його розрахунку для усереднення значень цін незалежно від того, в який момент часу ці ціни надійшли. Зважене ковзне середнє WMA є покращенням, або звичайною модифікацією SMA, де було усунуто цей недолік таким чином, що ваги підібрані так, що останні ціни мають більший вплив на індикатор, тобто мають більшу вагу. Порівняння графіків SMA та WMA зображено на рисунку 2.6.

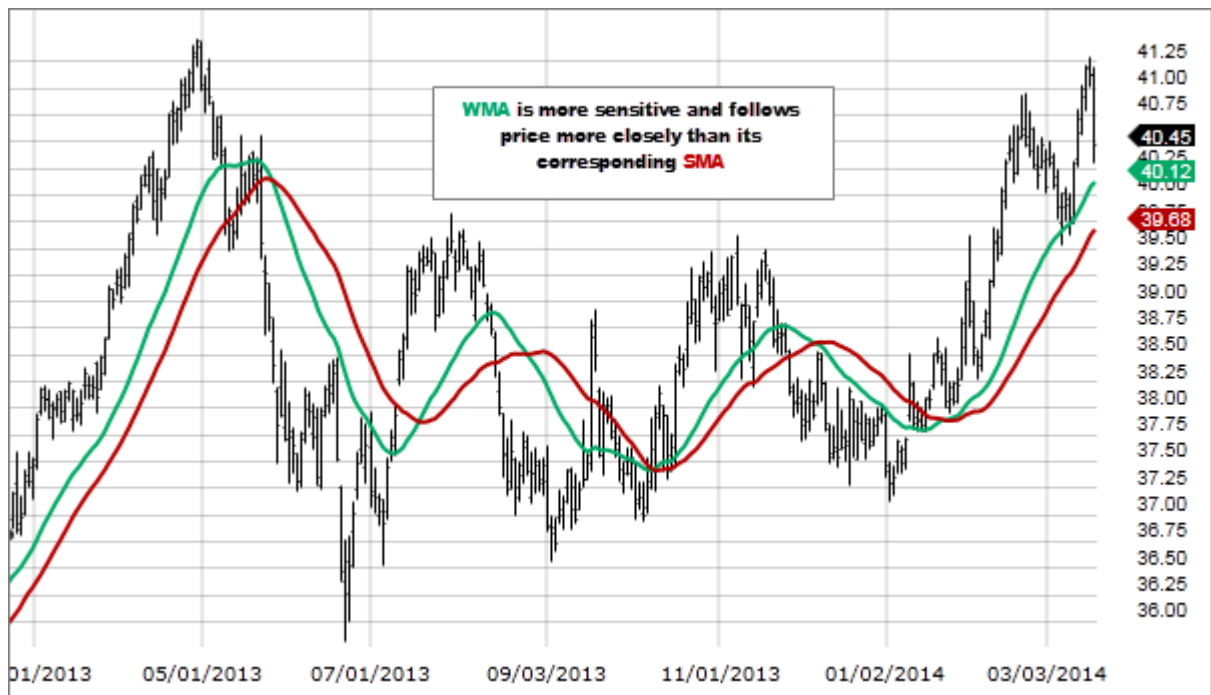


Рисунок 2.6 – Порівняння графіків SMA та WMA

Припустимо, що є ціни в межах періоду часу  $[t - T + 1, t]$  помножені на відповідну вагу. При лінійно спадних вагах від моменту  $t$  до моменту  $t - T + 1$ , тобто у найпростішому випадку, формула має вигляд:

$$WMA_t = \frac{2}{T(T+1)} \sum_{k=t-T+1}^t [k - (t - T)] y_k$$

У разі відсутності спеціалізованих програм технічного аналізу, для розрахунку лінійно зваженої ковзної середньої може бути корисною рекурентна формула:

$$WMA_t = WMA_{t-1} + \frac{2}{T} y_t - \frac{2}{T(T+1)} y_{t-T} - \frac{2}{(T+1)} SMA_t$$

Ціна, що входить до формули в момент часу  $k = t$  використовує для розрахунку максимальну вагу  $w = 2/(T + 1)$ , а ціна, що надійшла в момент часу  $k = t - T + 1$  надходить у формулу для розрахунку з мінімальною

вагою  $w = 2/(T \cdot (T + 1))$  [18]. Тобто у WMA усунуто недолік SMA, завдяки вагам, що змінюються залежно від часу надходження значення ціни, що дозволяє WMA краще слідкувати за ціновою кривою та видавати більш коректні прогнози.

### 2.2.3 Експоненційне ковзне середнє

Експоненційне ковзне середнє (англ. Exponential Moving Average – EMA) зменшує помилку, надаючи більшу вагу останнім цінам у порівнянні з більш далекими цінами. Цей метод дозволяє більш швидко реагувати на поточні зміни ціни в порівнянні з SMA. Вага, що надається останній ціні, залежить від періоду ковзної середньої. Чим коротший період EMA, тим більша вага надаватиметься останньою ціною. Порівняння графіків індикаторів EMA та SMA наведено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7. Порівняння графіків індикаторів EMA та SMA

Експоненційне ковзне середнє може бути визначене двома шляхами – як відсоткове ковзне середнє або як періодичне ковзне середнє. Відповідно в

відсотковому ковзному, єдиним параметром є вага (відсоток), а в періодичній – період КС.

Необхідно зазначити, що теоретично в розрахунку цієї ковзної використовуються всі ціни, за весь період її побудови і, незважаючи на те, що вплив старих цін зникає з часом, він не зникає до кінця. Ефект старих цін зникає швидше для більш коротких ЕМА, в порівнянні з більш довгими. На реальному графіку різниця між SMA і ЕМА не дуже велика, хоча і є присутня. Вважається, що експоненційне ковзне все ж краще відображає ринкові ціни при інших рівних умовах, оскільки вплив кожної попередньої ціни убиває експоненційно з його віддаленістю від поточної ціни. Формула для обчислення ЕМА виглядає наступним чином:

$$EMA_t = \left( Price_t * \left( \frac{Smoothing}{1 + Days} \right) \right) + EMA_y * \left( 1 - \left( \frac{Smoothing}{1 + Days} \right) \right)$$

Рекурентна формула для її обчислення має вигляд:

$$EMA_t = \alpha * y_t(1 - \alpha) * EMA_{t-1}, 0 < \alpha \leq 1$$

Показовий процент – це параметр, що визначає ступінь згладжування. Рівень згладжування залежить від значення  $\alpha$ , чим воно більше – тим менший рівень згладжування, та навпаки. Експоненційне ковзне середнє дорівнює ціні при  $\alpha = 1$ .

Недолік, що притаманний індикаторам SMA та WMA, пов'язаного з фіксованим інтервалом розрахунку ковзної середньої усунуто у ЕМА [18].

## 3 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Постановка задачі

Виходячи з попереднього аналізу предметної області та огляду джерел інформації, методів та технологій які в ній використовуються маємо повні підстави для наступного формулювання задачі.

В ході дослідження предметної області було виявлено, що ринок нерухомості є одним з основних ринків для інвесторів, що здатний принести певний дохід у довгостроковій перспективі. Незважаючи на стабільність та безпечність ринку нерухомості, інвестори все ще можуть мінімізувати втрати, або значно покращити свої статки використовуючи інструменти технічного аналізу на інтернет-платформах з продажу комерційної нерухомості.

Використання індикаторів осциляторів у випадку угод на ринку нерухомості не є доцільним, оскільки вони не передбачають суттєвих змін на ринку, не можуть повідомити про формування нового тренду, а навпаки, некоректно сигналізувати про поточну ситуацію на ринку. Виходячи з того, що ринок нерухомості має дуже низьку волатильність впродовж довгого періоду часу маємо необхідність в використанні саме трендових індикаторів.

Наявність хоча б одного трендового індикатору на інтернет-платформах з продажу комерційної нерухомості може вивести інвестиції у цій сфері на зовсім інший рівень. Вправне використання гарно налаштованого трендового індикатору дозволить користувачеві своєчасно, хоча і з невеликою затримкою, дізнатися про формування нового тренду та діяти відносно отриманої інформації.

Оскільки більшість популярних трендових індикаторів будуються на основі ковзних середніх, необхідно дослідити роботу різних варіацій таких індикаторів на великих, та малих проміжках часу, використовуючи один і той самий масив даних, а саме звіти за декілька років. На базі отриманих

результатів обрати певний варіант індикатору та реалізувати його для наступної інтеграції з інтернет-платформами.

Виходячи з того, що майбутня реалізація трендового індикатору повинна мати можливість подальшої інтеграції з інтернет-платформами є доцільним використання технологій з потужним математичним апаратом для обробки масивів даних та відображенням їх у браузері. Звідси, використання інтерпретованої мови програмування Python для реалізації індикатора, та веб-фреймворку Dash для подальшої інтеграції є одним із найоптимальніших та надійних варіантів розробки.

Підсумовуючи, можна сказати, що аналіз існуючих трендових індикаторів, а саме різних варіацій ковзних середніх, на базі даних про продаж комерційної нерухомості та подальшу реалізацію індикатору є задачею яку необхідно вирішити в результаті цього проекту.

## 4 РОЗРОБКА ТРЕНДОВОГО ІНДИКАТОРУ

4.1 Аналіз експериментального застосування індикаторів на базі ковзних середніх відносно тестового набору даних ринку нерухомості

Аналіз застосування експериментального індикаторів на базі ковзних середніх буде проведено за допомогою використання одного й того ж набору даних на досить великому проміжку часу у декілька років. Використання такого великого проміжку часу зумовлене тим, як вже було сказано у попередніх розділах, що ринок нерухомості має дуже низьку волатильність на невеликих проміжках часу. Саме через низьку волатильність ринку нерухомості було вирішено використовувати трендові індикатори, адже весь їх потенціал розкривається саме у таких випадках. Використання єдиного набору тестових даних дозволить наглядно продемонструвати та порівняти роботу різних варіацій ковзних середніх, що, в свою чергу, дозволить зробити необхідні висновки та допоможе обрати найбільш оптимальний варіант для майбутньої розробки трендового індикатору.

### 4.1.1 Індикатор Просте ковзне середнє (SMA)

Виходячи з раніше описаної інформації у підрозділі 4.1.1 можна зробити висновок, що просте ковзне середнє це найпростіший індикатор, що являє собою звичайне середнє арифметичне значень цін за обраний проміжок часу. Жодні входні коефіцієнти не передбачені для даного типу індикатору. Звідси впливає наступне: необхідно застосувати формулу простого ковзного середнього до певного періоду.

У першій частині першого експеримент включатиме в себе застосування ковзного середнього у періоді 20 тижнів, що становить 5 місяців, відносно даних з продажу комерційної нерухомості за останні 3 роки, тоді як у другій

буде використано ці самі ж налаштування, але відносно даних за 12 років.



Рисунок 4.1 – Графік простого ковзного середнього за 3 роки з періодом 20

З огляду на рисунок 4.1 можна зробити висновок, що індикатор просте ковзне середнє з обраним періодом у 20 тижнів майже не реагує на несуттєві зміни на ринку нерухомості. Це добре видно у точках 1, 2 та 3, на яких відбуваються коливання цін у межах 3х місяців. В цих точках відбувається як зростання цін, так і спадання, однак SMA майже не зреагувала на ці зміни. Також необхідно зауважити, що просте ковзне середнє реагує з певним запізненням на зміну тренду у точках 2 та 4, адже індикатор пізно зреагував на початок зростаючого тренду у точці 4, а також пропустив зростаючий та спадаючий тренди у точці 2. Це може призвести до небажаних фінансових втрат у користувача. На рисунку 4.2 зображена робота цього ж індикатора з тим самим періодом відносно даних зібраних за 12 років.



Рисунок 4.2 – Графік простого ковзного середнього за 12 років з періодом 20

Як можна побачити на графіку, продемонстрованому на рисунку 4.2 – просте ковзне середнє з періодом у 20 хоча й слідкує в цілому за змінами цін на ринку, але, у точці 1 знову не відбулося жодної реакції на стрімке падіння ціни у 2009 році, після чого залишився непомічний стрімкий зріст у 2011 році. У точках 2,3,4 та 5 індикатор звертає увагу на зміну тренду з великим запізненням, не дивлячись на досить стрімкі зміни у ціні за великі проміжки часу.

Враховуючи отримані дані на відносно двох різних часових проміжків можна зробити висновок, що SMA з періодом у 20 допускає серйозні помилки та похибки на проміжках часу у 3 та 12 років, і не підходить для даного типу задачі. В результаті було прийнято рішення зменшити використовуваний період до 10, що становить половину від попереднього періоду, усе на тих самих проміжках часу, що буде продемонстровано у другому експерименті.

У першій частині другого експерименту роздивимось роботу індикатору SMA з періодом 10, на проміжку у 3 роки.



Рисунок 4.3 - Графік простого ковзного середнього за 3 роки з періодом 10

З огляду на рисунок 4.3 можна зробити висновок, що індикатор просте ковзне середнє з обраним періодом у 10 краще відстежує трендові зміни, та лише трошки реагує на короткострокові хибні сигнали. Як можна побачити у точках 1, 2 та 4 – SMA з періодом у 10 не враховує короткострокові зміни на ринку, та лінія індикатору майже не змінюється на цих проміжках, що демонструє суттєвий плюс для користувача, адже хибні сигнали можуть призвести до втрат що найменше часу та що найбільше часу та грошей. Також можна побачити, що цей індикатор все ще реагує з певним запізненням на тренди тим самим не розкриває усієї повноти картини для користувача, це можна побачити у точках 2, 3 та 5.

Для другої частини другого експерименту використаємо ті ж самі налаштування, але для більшого проміжку часу у 12 років.



Рисунок 4.4 - Графік простого ковзного середнього за 12 років з періодом 10

Як можна побачити на рисунку 4.4. – графік дуже покращився відносно графіка з SMA з періодом 20 на тому ж самому проміжку часу, що зображено на рисунку 4.2. На цей раз SMA реагує на стрімкі перепади цін у 2009-2011 роках, що зображено у точці 1. Ігнорує хибні сигнали у точці 2, та все краще реагує до розворотів відносно явно сформованих трендів у точках 3 та 4.

Узагальнюючи, можна підвести певні висновки, стосовно проведених експериментів з використанням SMA з різними періодами та різними проміжками часу. Озираючись на отримані результати чітко можна сказати, що при обраному великому періоді (20) SMA реагувала з певною затримкою на розвороти та формування трендів для проміжку у 3 роки, а для проміжку у 12 років SMA взагалі пропустила один з явних сигналів до сформованого тренду. Стосовно періоду 10 – SMA продемонструвала більш точні результати, аніж це було для періоду у 20. Індикатор звертав увагу на формування нових трендів, та розвороти доволі чітко, хоча й з певною затримкою, що зумовлено однаковими вагами для цін, однак в цей час, він зовсім трохи почав реагувати на хибні сигнали, що в цілому не відображається картині, але зменшення періоду призведе до появи хибних сигналів, хоча й сам графік стане більш чітким. Однак хибні сигнали у розрізі нашого завдання є гіршим результатом, аніж невелика затримка у прогнозуванні тренду, або розвороту.

#### 4.1.2 Зважене ковзне середнє (WMA)

Виходячи з попереднього опису зваженого ковзного середнього можна зробити висновок, що це лише покращення, або модифікація методу простого ковзного середнього, адже у WMA ціни, що тільки надійшли – мають більший ваговий коефіцієнт, аніж ціни, що надійшли набагато раніше. Це дозволяє більш точно сформулювати прогноз поточного ринку.

З огляду на те, що зважене ковзне середнє є лише вдосконаленою формою простого ковзного середнього(SMA) можна зробити допущення, що даний тип індикатору покращить показники SMA з використанням більш великих періодів для проміжків часу у 3 та 12 років, а оскільки ми вже маємо більш-менш оптимальне значення для SMA – необхідно перевірити роботу WMA саме для цього значення на тих самих проміжках часу. Даний експеримент дозволить виявити покращення, або навпаки погіршення результатів, а також порівняти отримані результати з результатами SMA та наступним індикатором.

Для цього експерименту скористаємося отриманим оптимальним періодом 10 для проміжків часу у 3 та 12 років. Для початку роздивимось результати роботи індикатора для 3х років.



Рисунок 4.5 – SMA(червоний) та WMA(синій) за 3 роки з періодом 10



Рисунок 4.6 – SMA(червоний) та WMA(синій) за 12 років з періодом 10

З огляду на рисунки 4.5 та 4.6 можна зробити висновок, що індикатор зважене ковзне середнє має певні покращення відносно простого ковзного середнього з обраним періодом у 10. Як можна побачити, синя лінія графіку, що характеризує роботу індикатору WMA раніше реагує на зміни тренду та розвороти, це відображено у точках 2 та 3 рисунку 4.5 та точках 1,3,5 рисунку 4.6. Однак, можна помітити, що на меншому інтервалі часу на рисунку 4.5 WMA зреагував більш чітко на хибний сигнал у точці 1, в той час, як SMA проігнорував його. Незважаючи на це, WMA не продемонстрував подібної поведінки на більшому інтервалі часу, що відображено у точках 2 та 4 рисунку 4.6.

Результуючи, можна сказати, що використання різних вагів у індикаторі зваженого ковзного середнього привнесло більшу чіткість у передбачувані трендів, аніж те саме робив індикатор просте ковзне середнє, однак, з іншої сторони WMA більш чітко реагував на хибні сигнали, аніж SMA, хоча на великому часовому інтервалі це менш помітно.

#### 4.1.3 Експоненційне ковзне середнє (ЕМА)

Виходячи з минулого опису індикатору Експоненційне ковзне середнє,

можна зробити висновок, що це покращення методу зваженого ковзного середнього, що в свою чергу є модифікацією простого ковзного середнього. Виходячи з цього, можна припустити, що в даному індикаторі будуть ті ж самі покращення, що були у WMA, але з урахуванням її недоліків. Насамперед, це стосується надмірної чутливості до хибних сигналів, адже як було раніше з'ясовано у пункті 4.1.2 індикатор зважене ковзне середнє реагував на такі сигнали, що продемонстровано на графіках на рисунках 4.5 та 4.6.

Проведемо експеримент, використовуючи той самий набір тестових даних, а також отримане у пункті 4.1.1 оптимальне значення періоду, що дорівнює 10, а також малий та великий інтервали часу, що в свою чергу дорівнюють 3 та 12 років.



Рисунок 4.7 – ЕМА(зелений), SMA(червоний) та WMA(синій) за 3 роки з періодом 10



Рисунок 4.8 – ЕМА(зелений), SMA(червоний) та WMA(синій) за 12 років з періодом 10

Виходячи з отриманих результатів на різних інтервалах часу, що зображено на рисунках 4.7 та 4.8 відповідно, можна зробити висновок, що індикатор експоненційне ковзне середнє в цілому краще реагує на ті, чи інші зміни на ринку відносно індикатору простого ковзного середнього. Порівнюючи ЕМА та WMA, можна побачити, що WMA більш наближене до цінової кривої, однак ЕМА значно швидше реагує на зміни у тренді, це видно на точках 2,3 та 5 рисунку 4.7, а також 1,2,3 та 4 рисунку 4.8. Також слід зазначити, що ЕМА менш схильна реагувати на хибні сигнали, хоча з іншого боку, це вплинуло на наближеність графіку до цінової кривої, хоча ця наближеність все ще краща у ЕМА ніж у SMA.

В результаті проведеного дослідження на базі експериментів з трендовими індикаторами, використовуючи один й той самий набір тестових даних можна зробити наступні висновок, що з поміж розглянутих індикаторів на малому на великому проміжках часу лише WMA та ЕМА показали гарні результати. Спираючись на сферу застосування, а саме ринок комерційної нерухомості, де укладаються угоди від 3х місяців та більше, є доцільним обрати індикатор експоненційного ковзного середнього з огляду на те, що, хоча WMA і краще слідкує за ціновою кривою, але її реакції на хибні сигнали є недопустимими у нашому випадку, адже це може призвести до значних втрат

коштів та часу. ЕМА раніше реагує на тренд, що тільки формується, а також на розвороти.

#### 4.2 Математичний опис обраного алгоритму

Виходячи з опису методів, наведених у пункті 2.2, а також проведених досліджень у пункті 4.1 було прийнято рішення обрати метод експоненційних ковзних середніх для реалізації трендового індикатору. Розглянемо даний метод з математичної точки зору.

Формулу для обчислення ЕМА можна записати у явному вигляді, в тому випадку, коли існує можливість припустити, що ковзна середня співпадає з ціною ( $EMA_0 = y_0$ ) у нульовий момент часу [18]:

$$\begin{aligned}
 EMA_t &= \alpha * y_t + (1 - \alpha) * EMA_{t-1} \\
 &= \alpha * y_t + \alpha * (1 - \alpha) * y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 * EMA_{t-2} \\
 &= \alpha * y_t + \alpha * (1 - \alpha) * y_{t-1} + \alpha * (1 - \alpha)^2 * y_{t-2} + (1 - \alpha)^3 \\
 &\quad * EMA_{t-3} \\
 &= \alpha * y_t + \alpha * (1 - \alpha) * y_{t-1} + \alpha * (1 - \alpha)^2 * y_{t-2} + \dots (1 - \alpha)^t \\
 &\quad * y_0
 \end{aligned}$$

Результуючи, формула може бути записана наступним чином:

$$EMA_t = \alpha \sum_{k=1}^t (1 - \alpha)^{t-k} * y_k + (1 - \alpha)^t * y_0$$

Розраховане значення ЕМА необхідно ставити відповідно до точки що знаходиться на осі часу, що в свою чергу має координату:

$$\bar{t} = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i (t-i) = t\alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i - \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i i$$

Суми, що зображені в останній формулі обчислюються наступним чином:

$$\sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i = \frac{1 - (1-\alpha)^t}{\alpha}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i * i = \frac{(1-\alpha) - (1+\alpha t - \alpha)(1-\alpha)^t}{\alpha^2}$$

Результуюча формула виглядає наступним чином:

$$\bar{t} = t - \frac{(1-\alpha)}{\alpha} + \frac{(1-\alpha)^{t+1}}{\alpha}$$

Можна знехтувати останнім доданком і написати наближений вираз  $t \approx t - (1-\alpha)/\alpha$ , але це лише за умови, якщо  $t$  – досить велике значення, тому що  $(1-\alpha) < 1$ , то  $(1-\alpha)^{t+1} \approx 0$  [18].

Період ЕМА можна описати наступним чином, коли у момент часу  $t$  зсунуте вліво по осі часу від моменту  $t$  на величину  $\Delta t = (1-\alpha)/\alpha$ . Якщо за аналогією з простий ковзної середньої позначити цю величину як  $\Delta t = (T - 1)/2$ , де  $T$  є періодом, то зв'язок періоду та показового відсотка задається виразом:

$$\frac{(1-\alpha)}{\alpha} = \frac{(T-1)}{2}$$

Звідси впливають формули для конвертації показового відсотка у період і навпаки:

$$T = \frac{2}{\alpha} - 1 \quad \alpha = \frac{2}{T + 1}$$

З огляду на ці співвідношення можна переписати рекурентну формулу для ЕМА:

$$EMA_t = \frac{2}{T + 1} * y_t + \frac{T - 1}{T + 1} * EMA_{t-1}$$

Окрім цього необхідно розглянути ЕМА довільного порядку. До цього було розглянуто лише експоненційну ковзну середню першого порядку. У її випадку згладжуванню піддається саме вихідний динамічний ряд:

$$EMA_t^{(1)} = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * EMA_{t-1}^{(1)}$$

При визначенні ЕМА першого порядку верхній індекс зазвичай опускається.

Експоненційна ковзна середня довільного  $n$ -го порядку задається наступною формулою:

$$EMA_t^{(n)} = \alpha * EMA_t^{(n-1)} + (1 - \alpha) * EMA_{t-1}^{(n)}$$

### 4.3 Реалізація трендового індикатору

#### 4.3.1 Вибір технологій

Трендовий індикатор буде реалізовано за допомогою інтерпретованої мови програмування Python, та її бібліотек а саме NumPy, Plotly, та Plotly\_graph\_objects.

Python — це інтерпретована, об'єктно-орієнтована мова програмування

високого рівня з динамічною семантикою. Python використовується для веб-розробки на стороні сервера, розробки програмного забезпечення, математики та системних сценаріїв, і популярний для швидкої розробки додатків, а також як мова сценаріїв або з'єднувальна мова для зв'язування існуючих компонентів завдяки своїм високорівневим вбудованим структурам даних, динамічній типізації та динамічному зв'язуванню.

Різноманітний набір інструментів та засобів для аналізу даних а також можливість використання мови програмування Python на серверній частині застосунку є двома основними причинами вибору для розробки. Мова програмування Python дуже популярна серед інженерів з статистики та науковців адже:

- Python надає бібліотеки для візуалізації графіки та даних для побудови графіків.
- Мова програмування є масштабованою та гнучкою.
- Python має величезну колекцію бібліотек для чисельних обчислень і обробки даних.

Для аналізу даних та інтерактивних дослідницьких обчислень і візуалізації даних Python неминуче буде порівнюватися з багатьма іншими широко використовуваними комерційними мовами та інструментами програмування з відкритим вихідним кодом, такими як R, MATLAB, SAS, Stata та іншими.

В останні роки вдосконалена підтримка бібліотек Python (головним чином pandas) зробила його сильною альтернативою для завдань маніпулювання даними. У поєднанні з перевагами Python у програмуванні загального призначення це чудовий вибір як єдина мова для створення програм, орієнтованих на дані.

Використання мови програмування Python дозволить винести на Backend завантаження, обробку та обчислення даних на серверну частину веб-платформи, що дозволить користувачам використовувати розроблений індикатор навіть на не потужних пристроях. Конфігурація індикатору може

відбуватися на клієнтській частині застосунку, та буде передаватися на серверну частину для обчислень. Звісно, можна було б організувати обчислення індикатору на клієнтській частині, наприклад, за допомогою мови JavaScript, що в свою чергу дозволила б дещо пришвидшити відображення побудованого графіку, однак у цьому випадку впаде загальна продуктивність системи користувача.

Для обробки, аналізу та обчислення даних було обрано бібліотеку низького рівня NumPy. Дана бібліотека забезпечує швидкі та універсальні концепції векторизації, індексації та трансляції що є фактичними стандартами масивних обчислень сьогодні. Це є дуже корисним у випадку використання індикаторів відносно ринку нерухомості, оскільки, як вже було описано у попередніх розділах – ринок має низьку волатильність, що спонукає до обчислення цін на великих проміжках часу, що в свою чергу змушує виконувати обчислення великих об'ємів даних. Використання бібліотеки NumPy дозволяє пришвидшити обчислення масивів даних у 50 раз відносно звичайних інструментів Python. Це відбувається завдяки тому, що масиви NumPy зберігаються в одному безперервному місці в пам'яті, на відміну від списків, тому процеси можуть отримувати до них доступ і маніпулювати ними дуже ефективно. Це головна причина, чому NumPy швидше, ніж списки. Крім того, він оптимізований для роботи з останніми архітектурами ЦП.

Для відображення отриманих результатів на графіку було обрано бібліотеку Plotly. Бібліотека plotly Python – це інтерактивна бібліотека побудови графіків із відкритим кодом, яка підтримує понад 40 унікальних типів діаграм, що охоплюють широкий спектр статистичних, фінансових, географічних, наукових і тривимірних випадків використання. Створений на основі бібліотеки Plotly JavaScript (plotly.js), plotly дозволяє користувачам Python створювати прекрасні інтерактивні веб-візуалізації, які можна відображати в блокнотах Jupyter, зберігати в автономних файлах HTML або використовувати у веб-застосунку, побудованій на чистому Python за допомогою Dash.

### 4.3.2 Реалізація трендового індикатору

Для початку, слід зазначити, що такі параметри як період, часовий інтервал та згладжування можуть бути вказані користувачем та застосовані у індикаторі. Функція побудована з використанням формули, що приведена у пункті 2.2.3. Лістинг функції трендового індикатору, з підключеними бібліотеками та завантаженими даними зображено на рисунку 4.9.

```

1 import numpy as np
2 import plotly.graph_objects as go
3 import plotly
4 import yfinance as yf
5
6 def exp_mov_avg(prices, period, smoothing=2):
7     ema = [sum(prices[:period]) / period]
8     for price in prices[period:]:
9         ema.append((price * (smoothing / (1 + period)))
10                    + ema[-1] * (1 - (smoothing / (1 + period))))
11     return ema
12
13
14 df = yf.Ticker('AVB').history(period='20mo')[['Open', 'Close', 'High', 'Low', 'Volume']]
15
16 ema = exp_mov_avg(df['Close'], 10)
17
18 price_X = np.arange(df.shape[0])
19 ema_X = np.arange(10, df.shape[0]+1)

```

Рисунок 4.9. – Лістинг коду функції

Як раніше зазначалося у пункті 4.3.1 для виводу отриманого графіку до браузера використано бібліотеку Plotly. Лістинг коду з виводу оброблених даних до браузеру у вигляді графіку наведено на рисунку 4.10.

```

22 fig = go.Figure(data=[
23     go.Candlestick(x=price_X, open=df['Open'], high=df['High'], low=df['Low'], close=df['Close'],
24                   increasing_line_color='green', decreasing_line_color='red', showlegend=False),
25 ])
26
27 fig.add_trace(
28     go.Scatter(x=ema_X, y=ema, line=dict(color='blue', width=2), name='Exponential Moving Average 10')
29 )
30 plotly.offline.plot(fig)

```

Рисунок 4.10 – Лістинг коду виводу графіку до браузера

## 4.4 Тестування та наведення результатів реалізації індикатору

Протестуємо розробку на наборі даних від з використанням різних часових проміжків та періодів, так само, як це було описано у пункті 4.1. Для початку візьмемо період 20 для часових проміжків у 12 та 3 роки. Результати роботи наведено на рисунках 4.11 та 4.12.



Рисунок 4.11 – Вихідний графік ЕМА з періодом 20 на проміжку у 12 років



Рисунок 4.12 – Вихідний графік ЕМА з періодом 20 на проміжку у 3 роки

Розглядаючи рисунки 4.11 та 4.12, можна цілком підтвердити

допущення, що періоди, які погано продемонстрували себе у роботі для SMA також погано відпрацювали і для ЕМА, хоча, загалом, графік вийшов дещо кращим. Необхідно зауважити, що великий період непогано реагував на розвороти та формування трендів на великому проміжку часу у 12 років, це видно у точці 1 та 3 рисунка 4.11. Також зверніому увагу на те, що індикатор не звертав уваги на незначні коливання цін у точках 1 та 2 рисунку 4.11.

Для меншого проміжку часу у 3 роки, індикатор з періодом у 20 спрацював дещо гірше. Це видно на точках 1 та 2 рисунку 4.12. У цих точках індикатор трохи запізно реагував на зміни у тренді, хоча й не реагував на незначні коливання цін, що дуже добре у випадку ринку комерційної нерухомості.

Тепер скористаймося знайденим у пункті 4.1.1 оптимальним значенням періоду, що дорівнює 10 на тих самих проміжках часу у 12 та 3 роки.



Рисунок 4.13 – Вихідний графік ЕМА з періодом 10 на проміжку у 12 років



Рисунок 4.14 – Вихідний графік ЕМА з періодом 10 на проміжку у 3 роки

Для початку розглянемо рисунок 4.13. Як можна побачити, індикатор з оптимальним значенням періоду краще відобразив ситуацію на ринку комерційної нерухомості. Індикатор раніше реагував на розвороти тренду, що видно у точках 1, 3 та 4. Більше був наближений до цінової кривої, що гарно видно у точці 2 рисунку 4.13. Може здатися, що це погано, адже індикатор не повинен реагувати на незначні коливання цін, тобто хибні сигнали для тренду, але на рисунку зображено великий часовий проміжок, тому, насправді, незначні коливання тут майже не помітні, а короткострокові зростання/спадання цін були успішно проігноровані, що видно на точках 3 та 4. При наближенні графіку, з рисунку 4.13 можна побачити, що індикатор майже не реагує на незначні коливання, що відображено на точках 1, 2 та 3 на рисунку 4.15.



Рисунок 4.15 – Наближений графік ЕМА з періодом 10 на проміжку 12 років

Розглядаючи рисунок 4.14 можна дійти висновку, що розроблений індикатор так самого гарно відпрацював і на малому проміжку часу у 3 роки, як це було і для 12 років. Він більш чітко дотримувався цінової кривої, що відображено у точці 1 рисунка 4.14. Також він гарно передбачував розвороти тренду у точках 2 та 3, до того ж майже не реагував на невеликі коливання цін все у тих точках 2 та 3 рисунка 4.14.

Розглядаючи наближений графік з рисунку 4.14 можна ще краще побачити, як індикатор побудував криву, не зважаючи на мінливі сплески цін у точках 1 та 2, що наведені на рисунку 4.16.



Рисунок 4.16 – Наближений графік ЕМА з періодом 10 на проміжку 3 роки

Підсумовуючи, можна сказати, що реалізований індикатор збігся з отриманими результатами у експериментальній частині, що відображена у пункті 4.1. Звісно, це поки що реалізація лише частини з Backend, що вже демонструє непоганий результат у підрахунках та відображені роботи індикатору. Вбудовані інструменти дозволяють роздивитись графіки під будь-яким кутом. У майбутньому дана реалізація може бути додана до веб-додатку, або веб-платформи завдяки фреймворку Dash для створення інтерфейсів візуалізації даних.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано стан ринку комерційної нерухомості на сьогоднішній день. Досліджено методи та інструменти технічного аналізу. Розглянуто основні класи технічних індикаторів, проаналізовано їх переваги та недоліки. Проведено аналіз найпопулярніших трендових індикаторів, розглянуто принцип роботи найпопулярніших з них.

У ході аналізу трендових індикаторів було вивлено, що ковзна середня та її модифікації є одними з найбільш ефективних засобів для прогнозування поведінки цін на ринку нерухомості. Це стає можливим завдяки налаштуванням необхідних вхідних, що на виході можуть дати необхідний результат, та зобразити поточну картину ринку доволі чітко. Також було описано їх переваги та недоліки, способи реалізації та використання. Було проведено порівняльний аналіз, в ході якого варіації ковзних середніх були протестовані на одному й тому ж датасеті, використовуючи різні вхідні параметри, для виявлення кращої комбінації періоду для часового проміжку. В результаті дослідження було обрано найбільш підходящий, з точки зору сфери застосування, індикатор, базуючись на висновках, отриманих за допомогою аналізу та порівняльного опису вихідних графіків.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є програмна реалізація трендового індикатора, обґрунтовано обраними засобами та технологіями. Отримана розробка була перевірена на практиці, за допомогою тестових даних. В процесі досліджень даної теми були опубліковані тези на щорічній міжнародній науково-технічній конференції [26].

Основною перевагою розробки є швидкий та потужний математичний апарат, що дозволяє вчасно отримати якісні сигнали відносно опрацьованих даних. Обрані технології дозволяють в майбутньому інтегрувати її до більшості інтернет-платформ з продажу комерційної нерухомості.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Тенденції розвитку інвестиційно привабливих ринків нерухомості країн Європи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2019/35-2019/5.pdf> (дата звернення 08.09.2022)
2. Международные рынки и международный маркетинг [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2019/35-2019/5.pdf> (дата звернення 08.09.2022)
3. Що таке технічний аналіз? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://academy.binance.com/uk/articles/what-is-technical-analysis> (дата звернення 15.09.2022)
4. Technical Analysis: What It Is and How to Use It in Investing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/t/technicalanalysis.asp> (дата звернення 15.09.2022)
5. Фундаментальний та технічний аналіз цін товарних та фінансових ринків [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/608/1/Fumdanentalnyy%20ta%20technicalnyy%20analiz.pdf> (дата звернення 16.09.2022)
6. Технічний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.nesrakonk.ru/technicalanalysis/> (дата звернення 17.09.2022)
7. Що таке індикатори і для чого вони потрібні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cbt.center/ua/shho-take-indikator-i-dlya-chogo-voni-potribni> (дата звернення 17.09.2022)
8. Технічний аналіз ринку цінних паперів. Поняття і методи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/26082/> (дата звернення 17.09.2022)
9. Introduction to PFCharts [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://school.stockcharts.com/doku.php?id=chart\\_analysis:pnf\\_charts:pnf](https://school.stockcharts.com/doku.php?id=chart_analysis:pnf_charts:pnf)

\_basics/ (дата звернення 25.09.2022)

10. PF Charting: Introduction [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/articles/technical/03/081303.asp> (дата звернення 26.09.2022)

11. The Complete Guide to Trend-Following Indicators [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://finance.yahoo.com/news/complete-guide-trend-following-indicators-100425674.html> (дата звернення 01.10.2022)

12. Все Индикаторы технического анализа [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://equity.today/vse-indikatory-texnicheskogo-analiza.html> (дата звернення 05.10.2022)

13. Трендовые индикаторы и как они работают [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://equity.today/trendovye-indikatory.html> (дата звернення 05.10.2022)

14. Випереджаючі або трендові індикатори. Що краще? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://itstatti.in.ua/15-treidinh/264-viperedzhayuchi-abo-trendovi-indikatori.html> (дата звернення 15.10.2022)

15. Осцилятор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.nesrakonk.ru/oscillator/> (дата звернення 15.10.2022)

16. Индикаторы Осцилляторы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://equity.today/oscillyatory-texnicheskogo-analiza.html> (дата звернення 17.10.2022)

17. Moving Average (MA) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/m/movingaverage.asp> (дата звернення 01.11.2022)

18. С.В Булашев Статистика для трейдеров. -М.: Компания Спутник+, 2003. 245 с. (дата звернення 03.11.2022)

19. Bollinger Bands: What They Are, and What They Tell Investors [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/b/bollingerbands.asp> (дата звернення 06.11.2022)

20. Расчет и применение полос Боллинджера [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://fortrader.org/indicators-forex/bollinger-bands-bb.html> (дата звернення 07.11.2022)

21. What Is the Williams Alligator Indicator and How Do You Trade It? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.investopedia.com/articles/trading/072115/exploring-williams-alligator-indicator.asp> (дата звернення 16.11.2022)

22. Alligator [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.metatrader5.com/ru/terminal/help/indicators/bw\\_indicators/alligator](https://www.metatrader5.com/ru/terminal/help/indicators/bw_indicators/alligator) (дата звернення 17.11.2022)

23. Описание индикатора ADX и как им пользоваться [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://trader-blogger.com/indikator-adx-opisanie-i-kak-im-polzovatsya.html> (дата звернення 20.11.2022)

24. ADX: The Trend Strength Indicator [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.investopedia.com/articles/trading/07/adx-trend-indicator.asp> (дата звернення 20.11.2022)

25. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. -М.: Радио и связь, 1997. 112 с. (дата звернення 05.12.2022)

26. Завтур І., Тітов С. Дослідження та Розробка Трендових Індикаторів Технічного Аналізу для Інтернет-платформи з Продажу Комерційної Нерухомості // Інформаційні системи та технології: матеріали 11-ї Міжнародної наук.-техн. конф. Ч. 2 (м. Харків, 22-25 листоп. 2022 р.), Х.: ХНУРЕ, 2022. С. 40–42. URL: [https://istconf.sedep.online/archive/ist\\_2022\\_part\\_2.pdf](https://istconf.sedep.online/archive/ist_2022_part_2.pdf) (дата звернення 15.12.2022).