Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Центр післядипломної освіти
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів торгових стратегій для програмної реалізації системи акційної торгівлі
(тема)

Виконав:
Студент 2 курсу, групи ІПЗздм-19-2
Бузов А.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121, «Інженерія програмного забезпечення»
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми Освітньо – наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Керівник доцент кафедри ПІ, Вечур О.В.
(посада, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ________ Дудар З.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2021р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Центр післядипломної освіти
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 121, «Інженерія програмного забезпечення»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо – наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інженерія програмного забезпечення
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав.кафедри ________________
(підпис)
« 26 » березня 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студента Бузова Артура Валерійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів торгових стратегій для програмної реалізації системи акційної торгівлі

затверджена наказом університету від 26.03.2021 № 385

2. Термін подання роботи до екзаменаційної комісії 13 05 2021р.
3. Вихідні дані до роботи Методи аналізу зміни сцени, ОС Windows, мова програмування Python, середовище розробки PyCharm, Jupyter
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі аналіз предметної галузі і постановка задачі, методи торгових стратегій, методи прогнозування

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

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування розділу</td><td rowspan="2">Консультант
(посада, прізвище, ім’я, по батькові)</td><td colspan="2">Позначка консультанта про виконання розділу</td></tr>
<tr><td>підпис</td><td>дата</td></tr>
<tr><td>Спецчастина</td><td>доцент кафедри ПІ, Назаров О.С.</td><td></td><td></td></tr>
</table>

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	25.02.2021	
2	Огляд існуючих методів	05.04.2021	
3	Постановка задачі	06.04.2021	
4	Проектування та розробка ПЗ	07.04.2021	
5	Підготовка пояснювальної записки	29.04.2021	
6	Підготовка презентації та доповіді	30.04.2021	
7	Перевірка на академічний плагіат	30.04.2021	
8	Нормоконтроль	03.05.2021	
9	Рецензування	05.05.2021	
10	Знесення диплома в електронний архів	07.05.2021	
11	Попередній захист	10.05.2021	
12	Допуск до захисту у зав. кафедри	13.05.2021	

Дата видачі завдання 25 січня 2021р.

Студент ____
(підпис)

Керівник роботи ________________ доцент кафедри ПІ Вечур О.В,
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Кваліфікаційна робота магістра містить: 61 с., 21 рис., 3 табл., 17 джер.

АКЦІЙНА ТОРГІВЛЯ, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ПРОГНОЗУВАННЯ, ТОРГОВА СТРАТЕГІЯ, ANACONDA, JUPITER, PYTHON

Об'єкт дослідження — методи торгових стратегій для програмної реалізації системи акційної торгівлі.

Мета дослідження — виявити оптимальні методи прогнозуваня.

Метод рішення — мова Python, Anaconda, Jupiter.

В результаті дослідження отримано програмне забезпечення для прогнозування цін акцій, та отримання рекомендацій щодо їх придбання або продажу.

PROMOTION TRADING, NEURAL NETWORKS, FORECASTING, TRADING STRATEGY, ANACONDA, JUPITER, PYTHON

Object of research - methods of trading strategies for software implementation of the stock trading system.

The purpose of the study is to identify optimal forecasting methods. The solution method is Python, Anaconda, Jupiter.

The study resulted in software for forecasting stock prices, and obtaining recommendations for their purchase or sale.

Я, Бузов Артур Валерійович, студент групи ІПЗздм-19-2, здобувач вищої освіти на другому (магістерському) рівні кафедри «Програмна інженерія», заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему « Дослідження методів торгових стратегій для програмної реалізації системи акційної торгівлі», що буде представлена в екзаменаційну комісію для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу ElAr KhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомлений з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

SMA — Simple moving average (Середнє ковзне просте)

EMA — Exponential moving average (Середнє ковзне експоненціальне)

WMA — Weighted moving average (Середнє ковзне зважене)

ANN — Artificial Neural Networks (Штучна нейронна мережа)

CNN — Convolution Neural Networks (Нейромережа згортки)

RNN — Recurrent Neural Networks (Повторювана нейронна мережа)

TDNN — Time delay neural network (Нейронна мережа з часовою затримкою)

ВСТУП

Економіка останнім часом стала зміцнювати свої позиції як наука, поступово стаючи основою життя, проникає в усі сфери людської діяльності. Економіка вивчає найрізноманітніші процеси і явища: від інфляції до податкової політики, від державного бюджету до грошового обігу і т.і.

Прогнозування фондового ринку — це спроба визначити майбутню вартість акцій компанії або іншого фінансового інструменту, що приймає участь у торгах на біржі. Успішне прогнозування майбутньої ціни акцій може принести значний прибуток. З розвитком обчислювальної техніки та можливістю використання великих потужностей для проведення розрахунків, цей напрямок є дуже перспективним, і на разі існує багато методів та програмних рішень в цій галузі, а у кожного підходу можна знайти як переваги, так і недоліки.

Залежно від цілей інвесторів на фондовому ринку використовуються різні стратегії поведінки. Учасники, зацікавлені в отриманні високої прибутковості використовують широкий пул аналітичних інструментів для отримання додаткових знань про поведінку ринку в майбутньому. Звідси випливає, що можливість побудови точних прогнозів є важливою темою для учасників фондового ринку. Прогнозування цін акцій являє собою досить трудомісткий процес, оскільки на ціни впливає дуже багато факторів, які неможливо врахувати в повному обсязі. Одним з основних положень гіпотези ефективного ринку є твердження про те, що прибутковість акцій неможливо передбачити, оскільки вона є процесом випадкового блукання. У багатьох дослідженнях розкривається неоднозначність цього твердження, автори робіт вважають, що ринок не може бути абсолютно ефективним, оскільки тоді не було б стимулу для професіоналів розкривати інформацію. Тому технічний аналіз має високу значимість для багатьох аналітиків і дуже часто з його допомогою можна досягти хороших результатів при прогнозуванні. Для цього існує велика кількість інструментів, проте, немає жодного, який би з високою точністю визначав поведінку цін в майбутньому. В іншому випадку, всі технічні аналітики змогли б обіграти ринок.

Часто аналітики розглядають окремо різні математичні методи і за допомогою тонкої настройки параметрів досягають хороших результатів на досліджуваних даних (зазвичай один часовий ряд). Як правило, інвестори мають в портфелі акції декількох компаній одночасно, що значно ускладнює механіку прогнозування, оскільки кожен часовий ряд вимагає індивідуального підходу. Багато що проводяться раніше емпіричні дослідження доводять, що підхід з машинним навчанням може успішно застосовуватися для прогнозування різних цінових показників в рамках фондового ринку.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Базові поняття

Акція — це цінний папер, що представляє собою частку у власності корпорації, який випускається на певну суму. Це тип фінансового забезпечення, який дає право власності та участі в прибутках. Акції випускаються компанією для залучення більшого капіталу. Ці акції є загальнодоступними для продажу та купівлі.

Біржова торгівля та торгова стратегія — процес купівлі-продажу акцій. Існує ціна, за якою акції можна купувати і продавати, ціна може коливатися в залежності від пропозиції та попиту на фондовому ринку. Ціна акцій може коливатись в залежності від результатів діяльності компанії та її зовнішніх дій, але на коливання цін на акції впливає не тільки діяльність компанії.

Ще однією важливою технікою, якої дотримуються трейдери, є короткий продаж. Короткий продаж (продаж без покриття) дозволяє продати те, чого у вас немає. Для цього потрібно позичити цей актив, продати його, а потім, через якийсь час, купити (якщо прогноз зниження ціни був вірний, вже дешевше) і повернути борг. Продавець, не будучи власником активу, створює коротку позицію, яку можна уявити як негативне сальдо, а потім закриває її, купивши актив на ринку. Різниця між ціною продажу і ціною, за якою актив довелося купити для повернення, являє собою прибуток або збиток гравця на зниження. Така техніка застосовується в разі, якщо ви очікуєте зниження ціни активу.

Купуючи акції, ви стаєте власником частини компанії. Купити або продати акції можна безпосередньо у випустила їх організації або (частіше) у біржового брокера, який виступає посередником між інвестором і продавцем і зазвичай бере комісію за послуги. Якщо ви звертаєтеся до брокера, в першу чергу ви відкриваєте у нього рахунок. Він може бути двох видів: грошовий або маржинальний. При використанні грошового рахунку ви платите за акції в момент покупки, а у випадку з маржинальним рахунком брокер надає вам частину коштів, а акції використовуються в якості застави. Коли інвестор відкриває довгу позицію, це означає, що він купує акцію, вважаючи, що в майбутньому вона подорожчає. І навпаки, відкриття короткої позиції має на увазі, що він прогнозує зниження вартості паперу.

Для отримання прибутку при торгівлі акціями трейдерам доводиться дотримуватися плану та певної моделі торгівлі. Сукупність цих методів називається торговою стратегією. Для розробки торгової стратегії треба мати глибокий досвід програмування та глибоке розуміння теоретичних основ.

Прогнозування фондового ринку — це спроба визначити майбутню вартість акцій компанії або іншим фінансовим інструментом торгуемого на біржі. Успішне прогнозування майбутньої ціни акцій може принести значний прибуток. Гіпотеза про ефективне ринку передбачає, що ціни на акції відображають всю наявну в даний час інформацію, і будь-які зміни цін, які не засновані на недавно виявленої інформації, за своєю суттю непередбачувані. Інші не згодні, і ті, у кого є ця точка зору, мають незліченними методами і технологіями, які, ймовірно, дозволяють їм отримувати інформацію про майбутні ціни. Методики прогнозування поділяються на три широкі категорії, які можуть перекриватися. Це фундаментальний аналіз, технічний аналіз і методи інтелектуального аналізу даних.

1.2 Фундаментальний аналіз

Прихильники фундаментального аналізу фокусуються на компанії, що лежить в основі самого індексу. Вони оцінюють минулу роботу компанії, а також довіру до її фінансовими показниками. Створюються багато коефіцієнти продуктивності, які допомагають аналітику оцінити вартість акції. Фундаментальний аналіз заснований на переконанні, що людське суспільство потребує капітал для досягнення прогресу, і якщо компанія працює добре, вона повинна бути винагороджена додатковим капіталом і це призведе до різкого збільшення курсу акцій. Фундаментальний аналіз широко використовується менеджерами фондів, оскільки він є найбільш розумним, об'єктивним і зроблений із загальнодоступної інформації, такої як аналіз фінансової звітності. Іншим значенням фундаментального аналізу є аналіз «зверху вниз»: спочатку аналізуємо глобальну економіку, потім країну, сектор економіки і, нарешті, аналіз конкретної компанії.

1.3 Технічний аналіз

Технічні аналітики не зацікавлені ні в одному з основних показників компанії. Вони прагнуть визначити майбутню ціну акції, грунтуючись виключно на тенденції минулої ціни (формі аналізу часових рядів). Використовуються численні шаблони, такі як:

«Голова і плечі»;

«Чашка з ручкою»;

Середні ковзаючі лінії EMA, SMA, WMA;

«Японські свічки».

Особливості фігури «Голова і плечі».

«Голова і плечі» — це фігура розвороту. Назва формації відбувається від візуальної характеристики патерну — вона з'являється в формі двох плечей і голови між ними. Шаблон формується зі створення вершини на графіку. Потім ціна створює другу вершину, яка знаходиться вище першої вершини. Після цього створюється третя вершина, але вона знаходиться нижче другої вершини і приблизно на тому ж рівні, що і перша вершина (рис. 1.1).

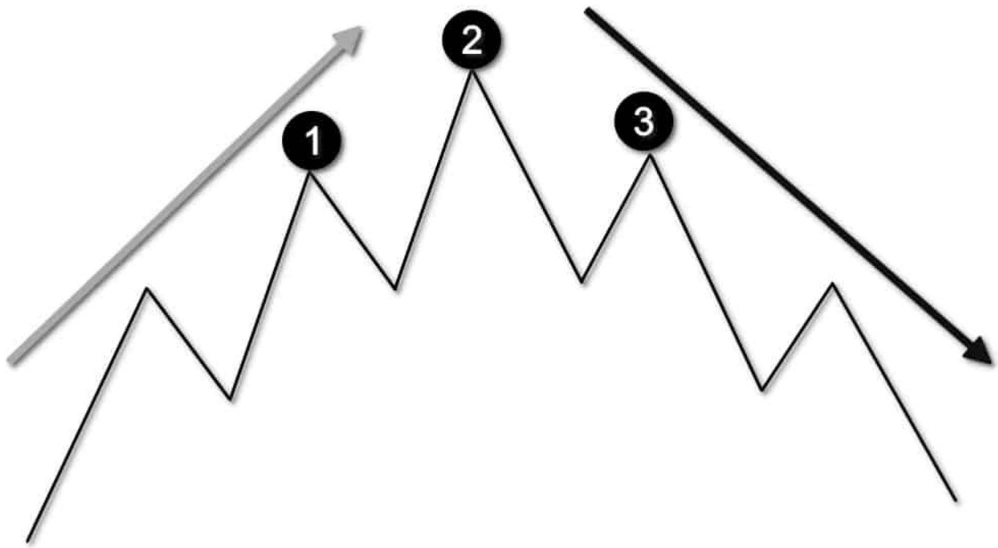


Рисунок 1.1 — Візуальній патерн «Голова і плечі»

Вершини в (1), (2) і (3) на рисунку 1.1 створюють три важливі точки: Точка (1) відповідає першому плечу. Точка (2) є «головою» моделі. Точка (3) відповідає другому плечу.

Зверніть увагу, що на малюнку вище є початковий бичачий тренд. Потім формується ліве плече, потім голова і, нарешті, праве плече.

Як видно з рисунку 1.2, фігура «Голова і плечі» має п'ять ключових властивостей. У порядку появи це:

підйом тренду;

ліве плече;

голова;

праве плече;

лінія шиї.

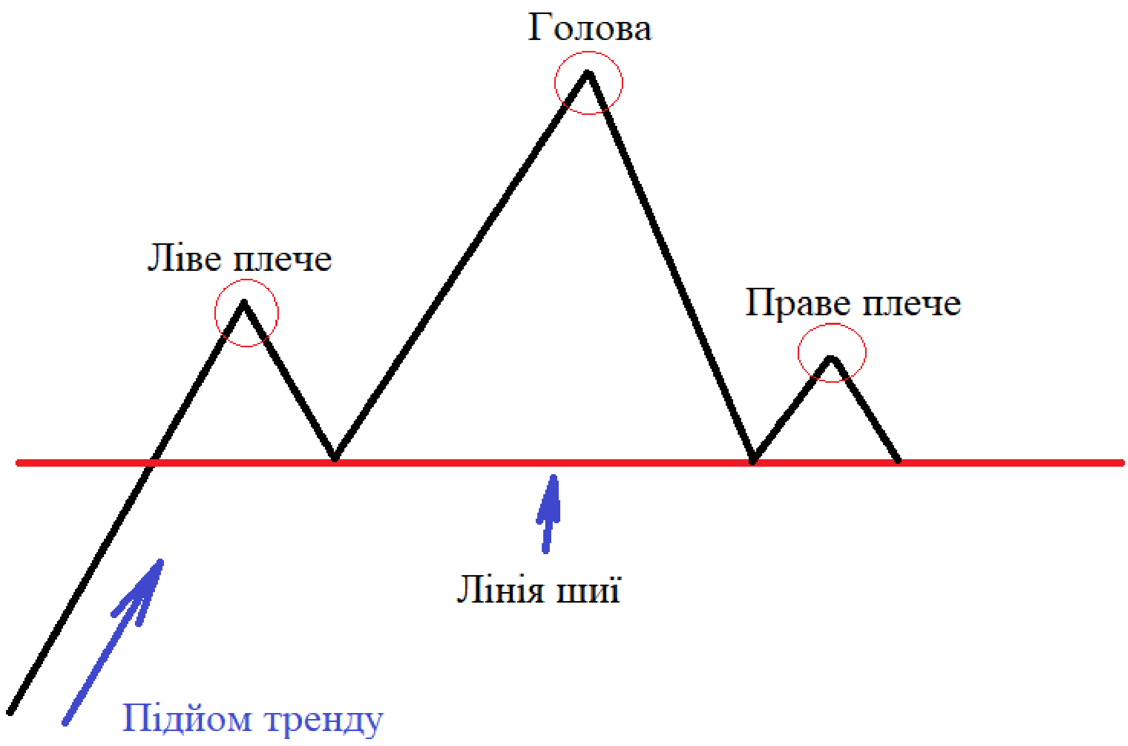


Рисунок 1.2 — Візуальній патерн «Голова і плечі»

Найперша частина паттерна Голова і плечі — це підйом тренду. Іншими словами, тривалий рух ціни в певну сторону, яке в кінцевому підсумку добігає кінця. Як правило, чим довше триває тренд, тим більш імовірним стає його закінчення.

Ліве плече.

Ціна рухається вниз, і формується відкат. У цей момент ми отримуємо перші ознаки формування фігури. На даний момент не можна сказати, чи зміниться ринок, тому що відкати відбуваються регулярно на трендовом ринку.

Голова.

Тепер, коли сформувалося ліве плече, ціна робить більш високий максимум, який формує голову. На даний момент у нас є ліве плече і голова. Шия також починає набувати форму, але нам потрібно дочекатися появи правого плеча, перш ніж ми зможемо намалювати лінію шиї.

Праве плече.

Праве плече — це місце, де всі атрибути патерна зводяться воєдино. Тут ми бачимо очевидну ознаку того, що сили покупців закінчуються, і ціна незабаром може змінити напрямок. Як тільки сформувалося праве плече, у нас з'являється досить даних, щоб намалювати лінію шиї. Однак фігура ще остаточно не завершена, тому найкраще буде поки її розглядати як чернетка, а не робочий варіант.

Лінія шиї.

Коли у нас видно на графіку голова і два плеча, ми можемо намалювати лінію шиї. Цей рівень стане ключовим для нашого входу в ринок на пробій. Сприймайте лінію шиї як останню межу між покупцями і продавцями.

«Голова і плечі» є розворотним патерном. Таким чином, формування являє собою втрату віри покупців в переважну тенденцію. Праве плече на графіку, яке нижче голови, дає трейдеру деякі важливі підказки. Ця спадна вершина на графіку являє собою уповільнення тренда, що може привести до його розвороту.

Будь-який рух ціни на графіку несе в собі певне повідомлення. Деякі повідомлення легше прочитати в порівнянні з іншими.

Що стосується моделі «Голова і плечі», потрібна інформація полягає в тому, що сили покупців закінчуються, і нам слід підготуватися до потенційного розвороту ринку.

Структура ціни змушує ринок змінити свій напрямок. Відбувається перерозподіл покупців і продавців. Патерн, що утворився — це результат даного процесу.

«Чашка з ручкою» — це корекційна формація, яка говорить нам про продовження руху (Рис. 1.3). Найчастіше вона виникає після довгострокового тренду. Вона складається з двох частин:

Чашка — ринок демонструє корекцію попереднього руху, потім ціна відскакує від мінімумів і знову рухається вгору;

Ручка — щільна спадна консолідація, яка є не що інше, як фігура-прапор.

Рисунок 1.3 — Візуальній патерн «Чашка з ручкою»

Формація остаточно формується після пробою рівня консолідації, що говорить нам про те, що ринок готовий рухатися далі.

Помилка при торгівлі фігури чашка з ручкою.

Ручка формується, коли ціна наближається до рівня опору і формує щільну консолідацію. В даний момент багато трейдерів відкривають короткі позиції. Це може бути виправдано, якщо ціна сильно відскакує від рівня опору. Однак якщо ціна починає консолідуватися, і ми бачимо невеликі свічки, тоді найкраще бути обережним і не поспішати з відкриттям угоди в шорт. Також, якщо ви бачите більш високі мінімуми ціни, це говорить нам про силу покупців, готових купити за вищими цінами.

Середні ковзаючі лінії бувають трьох видів:

прості (SMA);

експоненціальні (EMA);

зважені (WMA).

На рисунку 1.4 нанесено три змінних середніх, які мають однакові періоди. Більш швидка EMA (чорна) в порівнянні з SMA (червона), однак більш гладка по відношенню до індикатора WMA (синя).

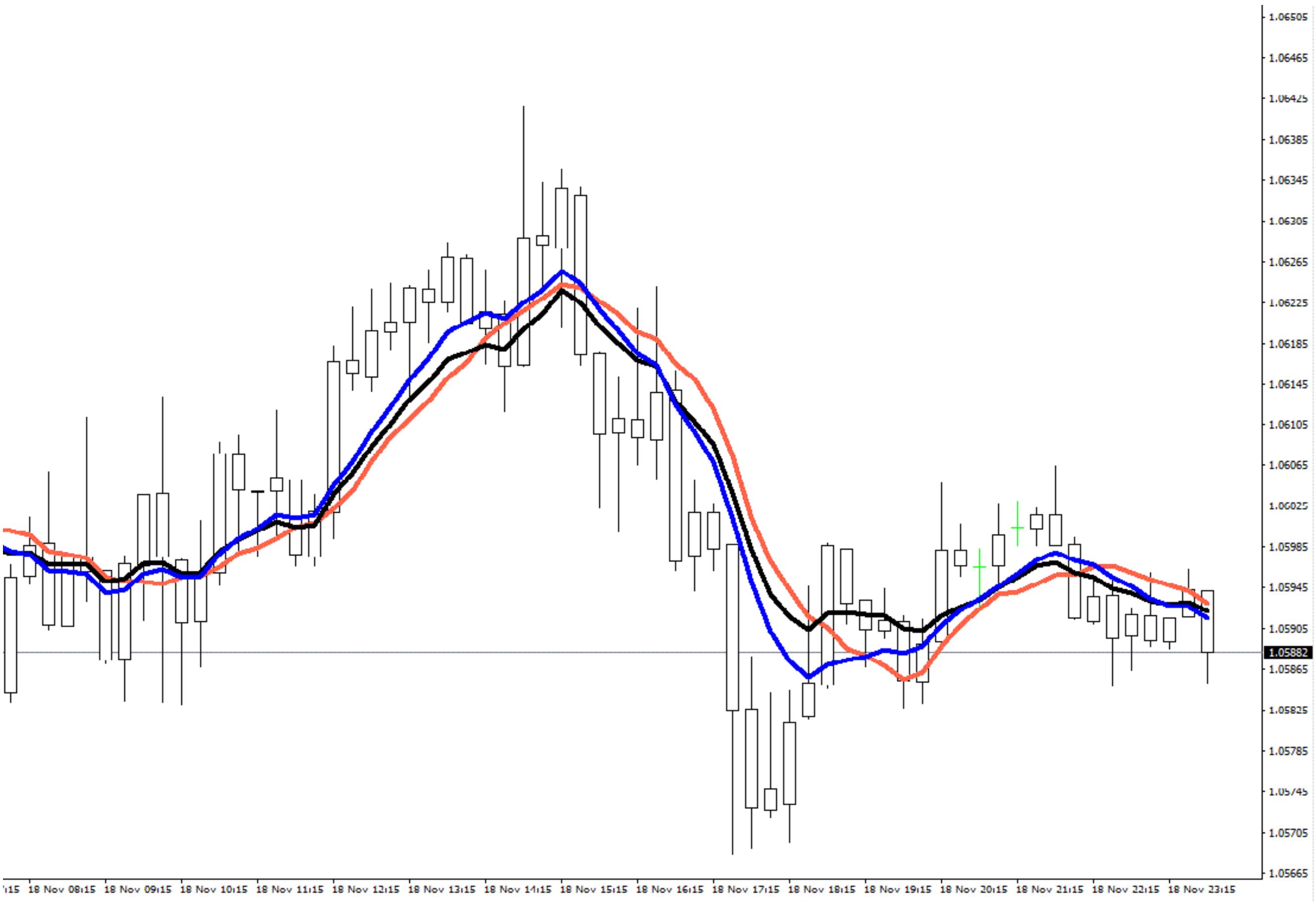


Рисунок 1.4 — Приклади ковзаючих ліній SMA, EMA, WMA

SMA — проста змінна середня показує середню ціну за даний період часу.

EMA — експоненціальна змінна середня віддає пріоритет останніми даними, таким чином реагує на зміни цін швидше, ніж проста змінна середня.

WMA — зважена змінна середня робить акцент на останніх даних і менше — на старіших даних.

Свічка показує, як змінювалася ціна активу за певний період. Це візуальне відображення ціни відкриття, закриття, а також максимуму і мінімуму за певний проміжок. На відміну від свічкового, звичайний лінійний графік показує тільки ціну останньої угоди за період.

Свічка складається з тіла і тіней (Рис. 1.5). Тіло показує пройдену ціною відстань від відкриття до закриття періоду, тобто це перша і остання угода. Тіні показують максимальне і мінімальне значення ціни, до яких вона доходила.

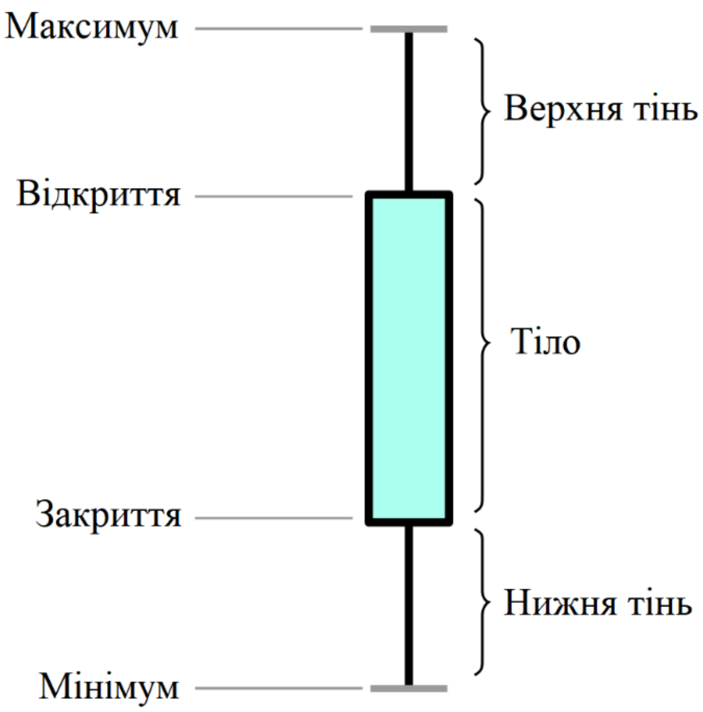


Рисунок 1.5 — Структуа японської свічки

Японські свічки бувають трьох типів:

зростаючі — якщо відкриття нижче закриття;

падаючі — якщо відкриття вище закриття;

дожі — якщо відкриття і закриття збігаються або дуже близькі.

На рисунку 1.6 зростаюча свічка пофарбована в зелений, падаюча — в червоний. Часто в торгових терміналах можна міняти кольори.

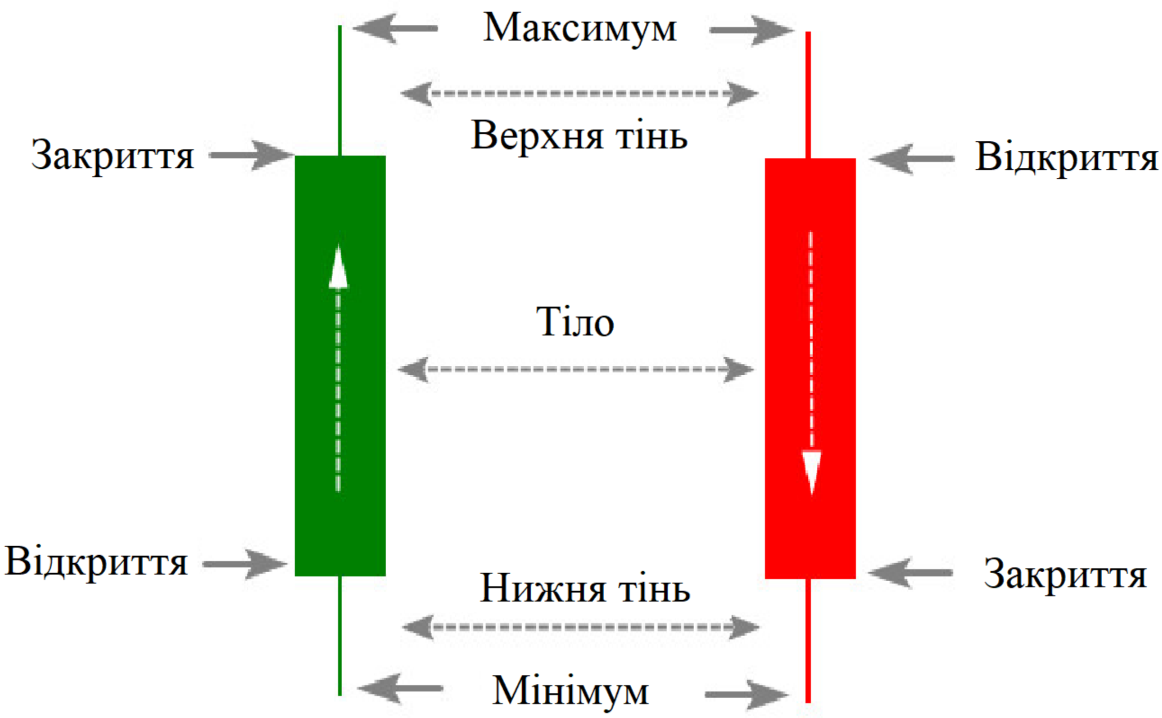


Рисунок 1.6 — Види японських свічок

Період, за який формується свічка, називається таймфрейм. Він може бути від 1 хвилини до кварталу або навіть року. Якщо виставити в торговому терміналі годинний таймфрейм для графіка біржового активу, кожна свічка на ньому буде показувати, як змінювалася ціна протягом години. Розмір тіла свічок говорить про силу продавців або покупців. Чим вище зростаюча свічка, тим більше покупців на ринку. Чим нижче падаюча свічка, тим більше продавців. Коли ринок під повним контролем продавців або покупців, торгувати проти руху ціни небезпечно. Тіні свічок можуть показати, коли покупці або продавці втрачають силу на ринку. Наприклад, спочатку свічка сильно росла, але до закриття впала, залишивши велику верхню тінь. Це означає, що спочатку ринок контролювали покупці, але потім учасники торгів поміняли свою точку зору. Продавців стало більше, і ціна впала. Моделі з однієї або декількох свічок допомагають спрогнозувати подальший рух ціни, тобто вчасно помітити розворот або відновлення тренду. Трейдери навчилися визначати десятки різних фігур (патернів). Розрізняють найбільш популярні патерни (Рис. 1.7):

Таблиця 1.1 — Патерни японських свічок

Назва моделі	Опис	Прогнозований рух після формування
1. Поглинання	Дві свічки. Перша невелика. Тіло другої більше першої, і воно повністю перекриває попередню свічку («поглинає» її). При цьому друга свічка спрямована у зворотню від першої свічки сторону.	В сторону другої свічки
2. Молот	Одна свічка. Виникає при низхідному тренді. Тіло в два або більше разів менше нижньої тіні. Верхньої тіні майже немає. Колір тіла свічки значення не має.	вгору
3. Дожі бабка	Довга нижня тінь, мінімальне тіло і верхня тінь. Колір не важливий.	вгору
4. Дожі надгробок	Довга верхня тінь, мінімальне тіло і нижня тінь. Колір не важливий.	вниз
5. Ранкова зірка	Перша свічка падаюча. Друга — дожі, її ціна відкриття нижче ціни закриття першої свічки. Третя — зростаюча. Колір не важливий.	вгору
6. Вечірня зірка	Перша свічка зростаюча. Друга — дожі, її ціна відкриття вище ціни закриття першої свічки. Третя — падаюча. Колір не важливий.	вниз

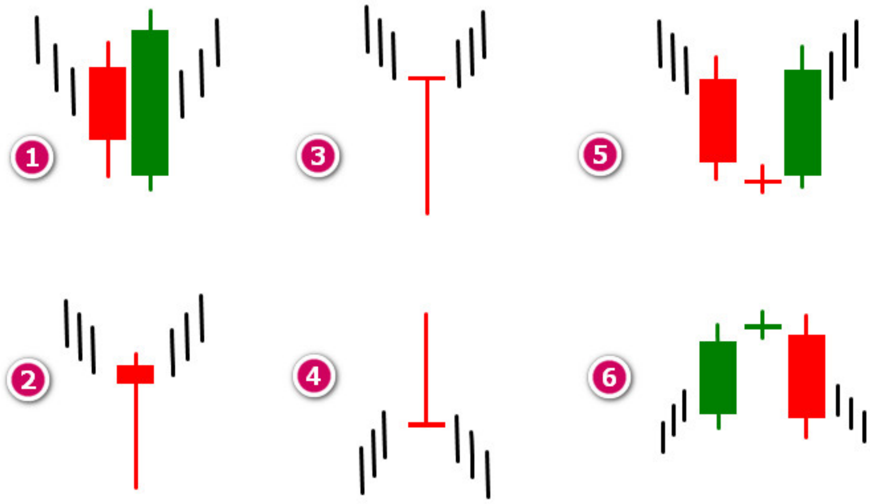


Рисунок 1.7 — Форми патернів японських свічок

Японські свічки — корисний технічний індикатор, який допомагає інтерпретувати рух ціни на графіку. Однак використовувати тільки свічки при прийнятті торгового рішення нерозумно, оскільки вони можуть дати помилковий сигнал. Тому для уточнення прогнозу трейдери використовують додаткові інструменти технічного та фундаментального аналізу.

1.4 Технології інтелектуального аналізу даних

Прогнозування фондового ринку – це спроба визначити майбутню вартість акцій компанії або іншого фінансового інструменту, що приймає участь у торгах на біржі. Успішне прогнозування майбутньої ціни акцій може принести значний прибуток.

Одним із напрямків способу спрогнозувати майбутні ціни тикерів[1] на фондовому ринку є технологія інтелектуального аналізу даних. Завдяки розвитку технологій стало можливо застосовувати для прогнозування комп’ютерні потужності

З поширенням комп'ютера прогнозування фондового ринку з тих пір перейшло в технологічну сферу. Найбільш відомий метод полягає в використанні штучних нейронних мереж (ANN) [2] і генетичних алгоритмів (GA).

Звісно існує багато видів нейронних мереж (Рис. 1.8).

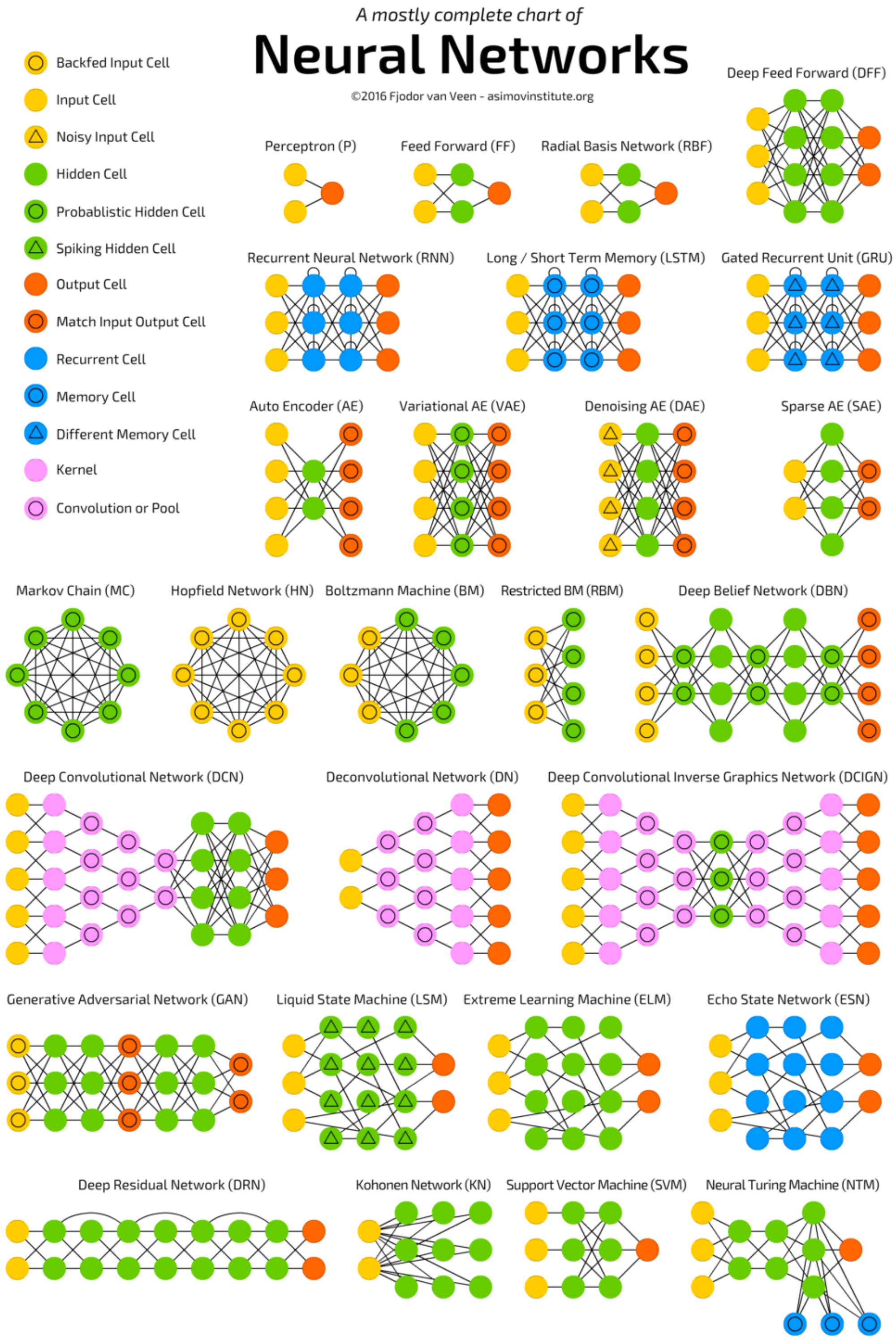
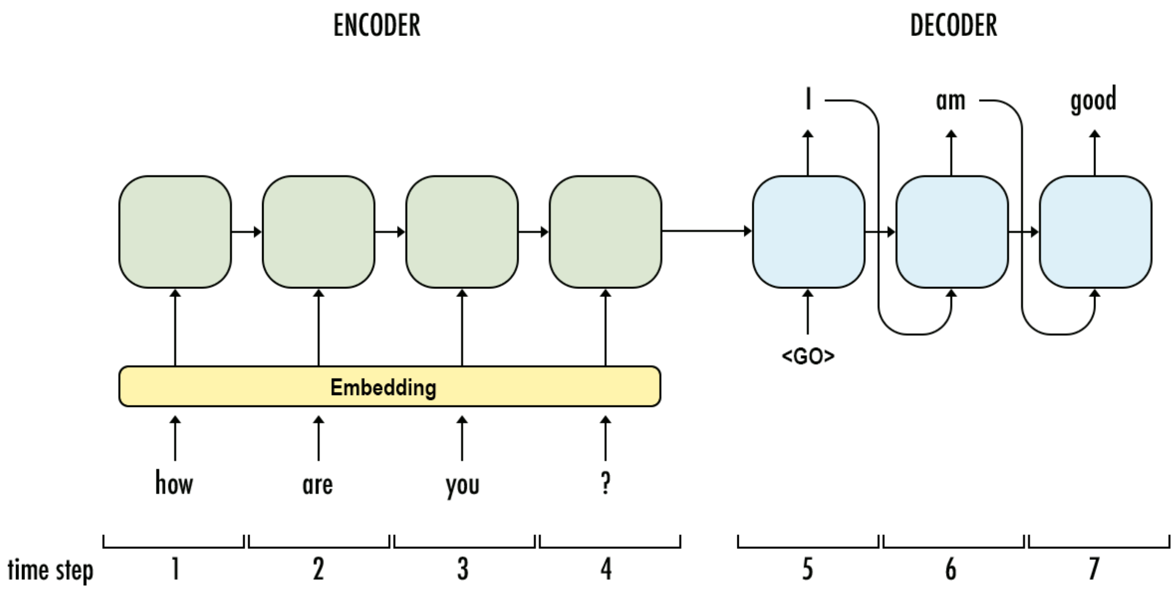


Рисунок 1.8 — Типи нейроних мереж

Sequence to sequence models.

Модель від послідовності до послідовності складається з двох рекурентних нейронних мереж. Тут існує кодер, що обробляє введення, і декодер, що обробляє висновок. Кодер і декодер працюють одночасно - або з одним параметром, або з різними. Ця модель, на відміну від реальної RNN, особливо застосовна в тих випадках, коли довжина вхідних даних дорівнює довжині вихідних даних. Хоча вони володіють тими ж привілеями та обмеженнями, що і RNN, ці моделі зазвичай застосовуються в основному в чат-ботах, машинних перекладах і системах відповідей на питання.



Рисунов. 1.9 — Sequence to sequence models

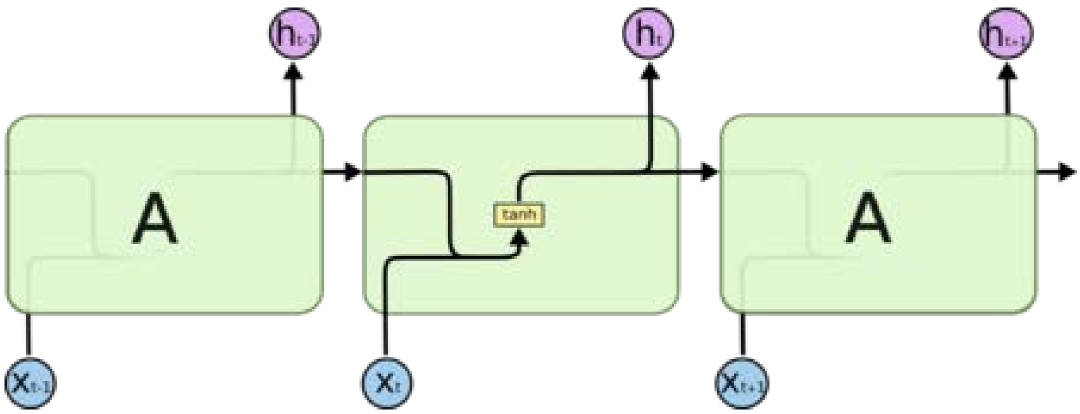
ANN можна розглядати як аппроксіматори математичної функції. Найбільш поширеною формою ANN, використовуваної для прогнозування фондового ринку, є мережа прямої передачі, що використовує алгоритм зворотного поширення помилок для поновлення мережевих ваг. Ці мережі також відомими як мережі зворотного поширення помилки. Іншою формою ANN, яка більш підходить для прогнозування ціни, є рекуррентна нейронна мережа (RNN) [3] або нейронна мережа з тимчасовою затримкою (TDNN). Прикладами RNN і TDNN є мережі Елмана, Джордана і Елмана-Джордана.

Для прогнозування ціни за допомогою ANN зазвичай використовуються два підходу для прогнозування різних часових горизонтів: незалежні і спільні. У незалежному підході використовується одна ANN для кожного часового горизонту, наприклад, 1-денний, 2-денний або 5-денний. Перевага такого підходу полягає в тому, що помилка прогнозу мережі для одного горизонту не вплине на помилку для іншого горизонту, оскільки кожен часовий горизонт зазвичай є унікальною проблемою. Однак спільний підхід включає в себе кілька тимчасових горизонтів, щоб вони визначалися одночасно. У цьому підході помилка прогнозування для одного часового горизонту може ділити свою помилку з помилкою іншого горизонту, що може знизити продуктивність. Для спільної моделі також потрібно більше параметрів, що збільшує ризик перенавчання.

У якості алгоритмічної бази для вирішення подібних задач застосовують рішення засновані на штучних нейронних мережах (ANN)

Найбільш відомі типи нейронних мереж, що зарекомендували себе:

- мережі зворотного поширення помилки;
- рекурентні нейронні мережі (RNN) (Рис. 1.10);
- нейронні мережі з тимчасовою затримкою (TDNN).



Рисунов. 1.10 — Структура рекурентної мережі

Рекурентні нейронні мережі найчастіше застосовують в подібних задачах прогнозування.

Оскільки ціни на акції являють собою тимчасові ряди — то при прогнозуванні потрібно відштовхуватись від попередніх значень, застосовується так зване ковзне вікно. Для вирішення таких задач потрібна нейрона мережа з довгою короткостроковою пам'яттю (LSTM) [3].

1.5 Постановка задачі

Прогнозування фондового ринку пов'язано не просто з індивідуальним отриманням прибутку конкретними гравцями, але так само із загальним збільшенням ефективності та стабільності фінансової галузі і економіки в цілому шляхом збільшення ліквідності. Ті учасники, які потребують капіталу і ті, хто хоче свій капітал примножити, отримують більше можливостей для досягнення своїх цілей. Метою даної роботи є порівняння існуючих методів та інструментів прогнозування поведінки фінансових трендів і руху цін.

Рішення даного завдання розділяється на ряд підзадач:

- аналіз різних методів глибинного навчання, бібліотек та інструментів, що знаходяться у відкритому доступі, з метою застосування;
- пошук даних для навчання і тестування;
- програмна реалізація моделі;
- візуальне представлення результатів.

В кінцевому результаті ми повинні отримати порівняльний аналіз програмних комплексів для прогнозування цін на фінансових ринках, швидкості їх роботи та рекомендації щодо їх застосування.

2 ОПИС ПРИЙНЯТИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

2.1 Вибір інструментів для вирішення поставленної задачі

На даний час існує декілька мов програмування, які добре підходять для задач моделювання з застосуванням нейронних мереж.

Найпопулярнішими з них можна виділити наступні:

Python;

MATLAB;

R;

Scala.

Для того щоб зробити зважений вибір, створимо таблицю 2.1 корисності.

Таблиця 2.1 — Таблиця корисності мови програмування

	Python	MATLAB	R	Scala
Наявність безкоштовних середовищ розробки	Jupiter – безкоштовний	платне	безкоштовний базовий функціонал	безкоштовний
Наявність інтерфейсу до бібліотеки Tensorflow	+	+	+	+
Відсоток вікористання серед мов для роботи з даними	50%	0.2	4,8	8.1
Загальна популярність мови	12%	0,1	0,3	1,7

Факторами з найбільшою вагою є безплатність середовища розробки та популярність самої мови програмування, для вирішення поставленої задачі більш всього підходить мова програмування Python.

Python — входить до списку найпопулярніших мов в програмуванні. Мову Python можна використовувати у всіх сферах, вона себе зарекомендувала у сфері роботи з даними. Слід відзначити, що таку популярність ця мова програмування здобула завдяки легкому синтаксису. На даний момент у Python величезна спільнота та стороння підтримка.

Звісно власноруч не потрібно реалізувати такі моделі, існують готові рішення на базі різноманітних бібліотек. Особливо виділяється бібліотека TensorFlow [4], що дозволяє концентруватись лише на бізнес-логіці та архітектурі нейронної мережі, також до плюсів цієї бібліотеки потрібно віднести можливість перегляду графу навченої нейронної мережі (що полегшує процес навчання та налагодження моделі) та використання розподілених ресурсів GPU для прискорення розрахунків.

Коли мова заходить про торгівлю на біржі у режимі реального часу, то звісно що потрібна максимальна швидкість обчислень, в таких ситуаціях зазвичай навіть фізичне розташування обчислюваної техніки ближче до обчислювальної техніки торгівельної біржі надає перевагу.

Та якщо абстрагуватися від мережевих затримок, то можна рухатися в наступному напрямку. Найшвидший спосіб створити робоче рішення – це використання Python для написання бізнес-логіки програмного забезпечення, TensorFlow має відмінну інтеграцію з Python, а отже всі ресурсомісткі задачі будуть виконуватись швидше за рахунок можливостей TensorFlow у порівнянні рішень повністю написаних на мові Python. Також існують способи прискорення виконання коду на Python [5] за рахунок векторізації обчислень. В кінцевому рахунки, коли всі прискорення досягнуті, має сенс переписування відлагоджених алгоритмів на C++ з подальшою можливістю використання SIMD операцій, але як показує практика, останній крок оптимізацій потрібно робити коли мережеві затримки на порядок менші затримок обчислень.

2.2 Бібліотеки Python

Для вирішення поставлених задач були використання наступні бібліотеки.

Matplotlib — одна із найпотужніших та продуктивних бібліотек візуалізації. Завдяки ній та програмному рішенню Jupyter Python складає конкуренцію Mathcad, Mathematica та MATLAB. Matplotlib — це низькорівнева бібліотека, для отримання кінцевого зображення потрібно написати багато коду.

Pandas — це пакет, що дозволяє працювати з числовими таблицями та часовими рядами. Pandas на низькому рівні використовує NumPy. За допомогою цього пакету можна проводити маніпуляції не тільки з даними, а також відображати їх у зручному вигляді.

TensorFlow — бібліотека від Google була розроблена спеціально для навчання нейронних мереж. Ви можете прямо зараз оцінити ефективність TensorFlow на прикладі голосового помічника або в грі «Quick, Draw». Бібліотека використовує багаторівневу систему вузлів для обробки великої кількості даних, що розширює сферу її використання далеко за наукову область.

SciKit-Learn — комплекс інструментів для обробки зображень та роботи з алгоритмами штучного інтелекту. За основу взята бібліотека SciPy, в ній знаходяться реалізації алгоритмів машинного навчання. Основною перевагою SciKit є висока продуктивність та наявність якісної документації.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ

3.1 Вихідні данні

У якості джерела данних використанно сайт yahoo: https://finance.yahoo.com/quote/TSLA/history?p=TSLA.

Ресурс дозволяє дуже зручно завантажувати акційні данні. Для роботи обрано коливання акцій за останні рік компанії Tesla.

Рисунок 3.1 — Коливання акцій компанії Tesla

3.2 Розробка програми

Для обробки даних використано середовище розробки Jupiter та мова програмування Python.

Для початку завантажено дані та побудовано графік коливання цін акцій закриття наприкінці дня:

Рисунок 3.2 — Щоденні Close ціни компанії Tesla за останній рік

Бібліотека pandas надає зручні вбудовані методи для розрахунку і відображення Simple Moving Average (SMA) и Exponential Moving Average (EMA).

Отримаємо гістограми SMA та EMA:

In [18]:
```
I_TSLA_Close = TSLA_Close.describe()
TSLA_Close.hist()
I_TSLA_Close
```

Out[18]:

	Close	SMA50	SMA200	SMA	EMA
count	252.000000	203.000000	53.000000	153.000000	153.000000
mean	427.960134	428.528168	427.708574	419.722881	445.105532
std	233.024056	199.457006	48.997293	140.267077	138.429527
min	86.858002	141.003721	339.164320	197.078659	233.682730
25%	198.737499	254.629677	387.118909	302.439219	335.559458
50%	414.535004	418.396160	432.667699	398.101559	400.855932
75%	639.957519	556.697000	470.209989	542.268600	583.838092
max	883.090027	778.434598	502.231499	664.737999	660.806375

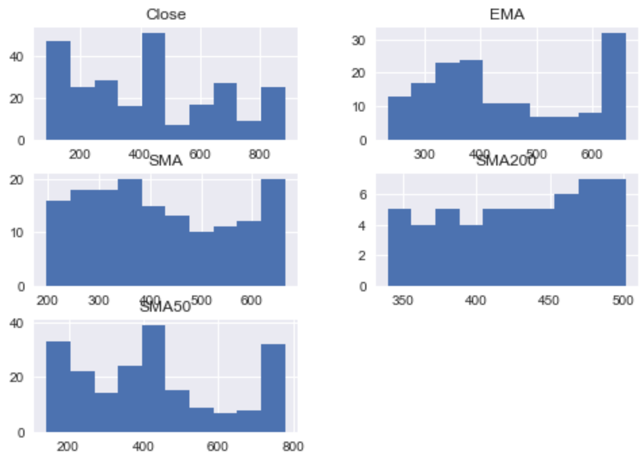


Рисунок 3.3 — Гістограми SMA та EMA

Рисунок 3.4 — Графіки SMA та EMA

Однією із відомих стратегій купівля та продажу акцій є так звана ABCD стратегія [7]. Кожен шаблон має як бичачий, так і ведмежий варіант. Бичачі моделі допомагають визначити більш високі ймовірності можливостей купувати або йти «довго». Ведмежі шаблони допомагають сигналізувати про можливості «скоротити» або продати. Кожна точка повороту (A, B, C та D) являє собою значний максимум або значний мінімум на графіку цін. Ці пункти визначають три послідовні коливання цін або тенденції, які складають кожну з трьох моделей "ніжок". Вони називаються ніжкою AB, ніжкою BC і ніжкою CD.

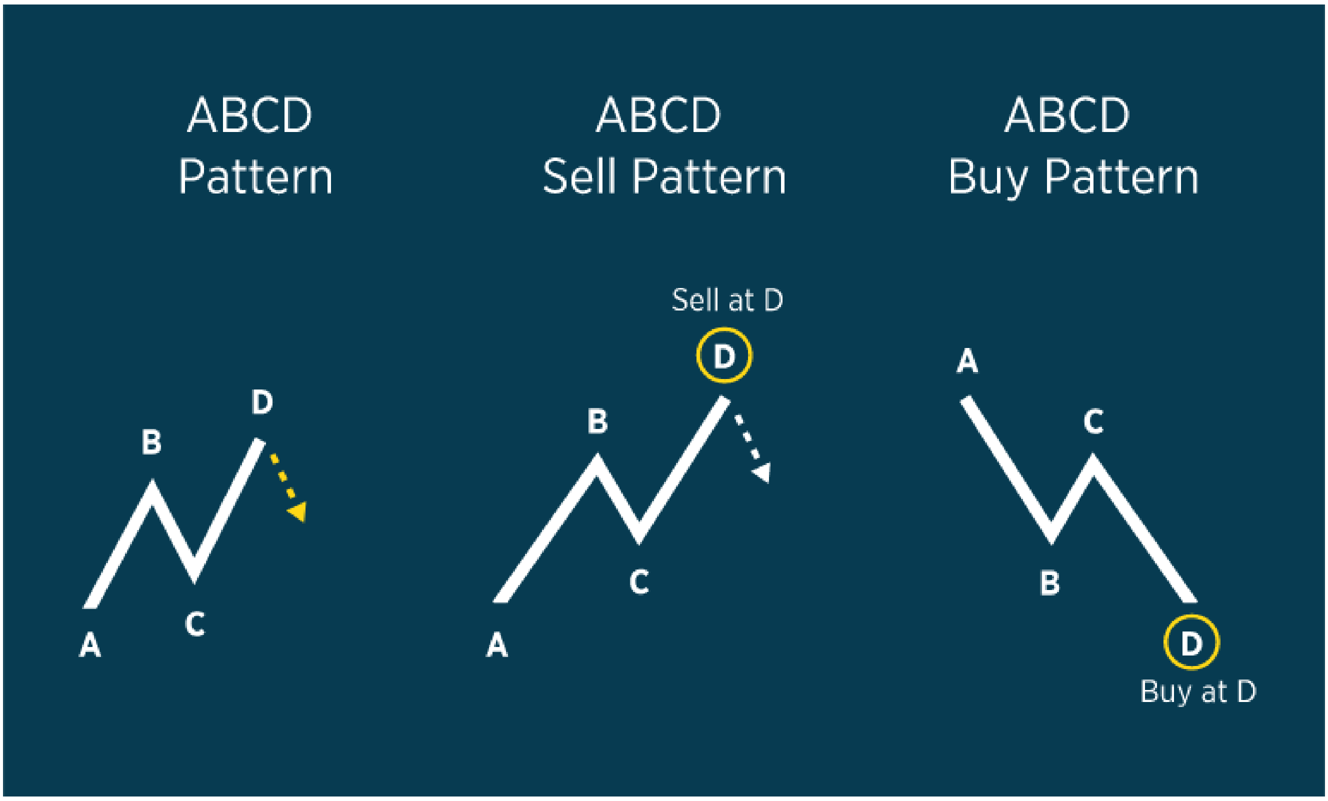


Рисунок 3.5 — Схематичне зображення принципу роботи ABCD стратегії

Реалізація функції пошуку сигналів продажу та купівлі знаходиться нижче:

```
def abcd(trend, skip_loop = 4, ma = 7):
    ma = pd.Series(trend).rolling(ma).mean().values
    x = []
    for a in range(ma.shape[0]):
        for b in range(a, ma.shape[0], skip_loop):
            for c in range(b, ma.shape[0], skip_loop):
                for d in range(c, ma.shape[0], skip_loop):
```

```
                    if ma[b] > ma[a] and \
                    (ma[c] < ma[b] and ma[c] > ma[a]) \
                    and ma[d] > ma[b]:
                        x.append([a,b,c,d])
    x_np = np.array(x)
    ac = x_np[:,0].tolist() + x_np[:,2].tolist()
    bd = x_np[:,1].tolist() + x_np[:,3].tolist()
    ac_set = set(ac)
    bd_set = set(bd)
    signal = np.zeros(len(trend))
    buy = list(ac_set - bd_set)
    sell = list(list(bd_set - ac_set))
    signal[buy] = 1.0
    signal[sell] = -1.0
    print('end')
    return signal
```

Результат застосування ABCD стратегії можна розглянути на рисунку 3.6.

Рисунок 3.3 — Результат застосування ABCD стратегії на наборі даних за один рік

Слід відмітити, що ця стратегія чутлива до масштабу даних, і все залежить від ситуації і конкретних потреб. Якщо зменшити вибірку до 3 місяців, то така стратегія на цих даних зовсім не принесла прибутку рис. 3.7.

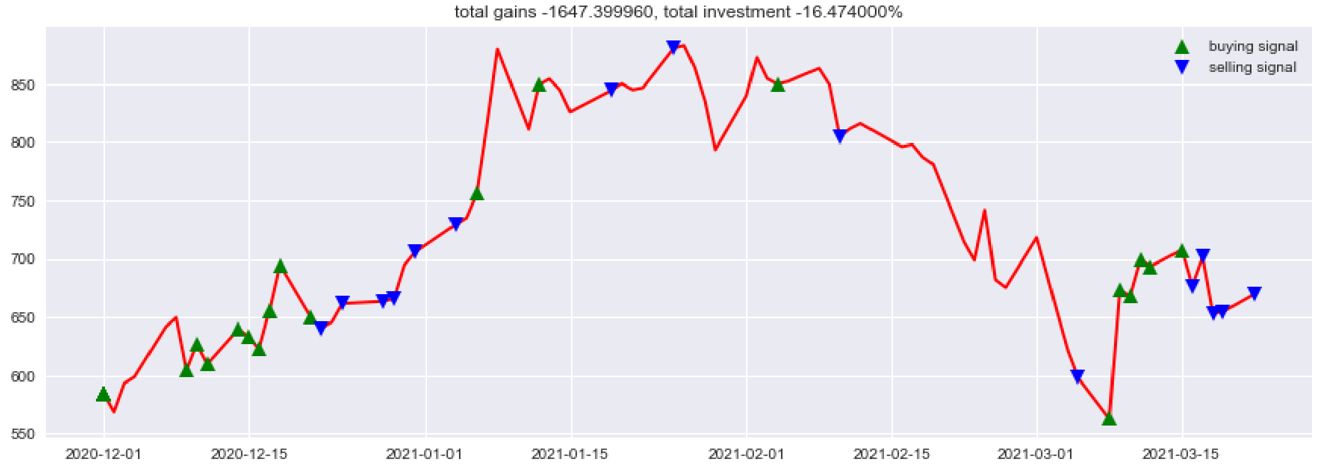


Рисунок 3.7 — Результат застосування ABCD стратегії на даних за 3 місяці

Також буде корисно застосувати модель з глибоким навчанням (рис. 2.8), прибуток що міг би бути потенційно отриманий за один рік значно вище прибутку від стратегії ABCD, але до явних мінусів такого рішення треба віднести швидкість обучення, на даній річній вибірці даних виконання цієї моделі у 30 разів повільніша за ABCD стратегію.

Рисунок 3.7 — Результат застосування стратегії з глибоким навчанням

Покищо було застосовано стратегії купівлі та продажу на існуючих даних, але найперспективнішою стратегією є ті, що відштовхуються від можливості спрогнозувати майбутні ціни акцій.

Використовуючи вже готові реалізації відомих алгоритмів глибокого навчання з python бібліотеки xgboost та sklearn:

```
xgboost.XGBRegressor
from sklearn.ensemble import *
ada = AdaBoostRegressor(n_estimators=500, learning_rate=0.1)
bagging = BaggingRegressor(n_estimators=500)
et = ExtraTreesRegressor(n_estimators=500)
gb = GradientBoostingRegressor(n_estimators=500, learning_rate=0.1)
rf = RandomForestRegressor(n_estimators=500)
```

Поєднали їх з архітектурою бібліотеки tensorflow та отримали наступний графік, на якому видно, що всі моделі майже повністю повторюють тренд даних з основного джерела.

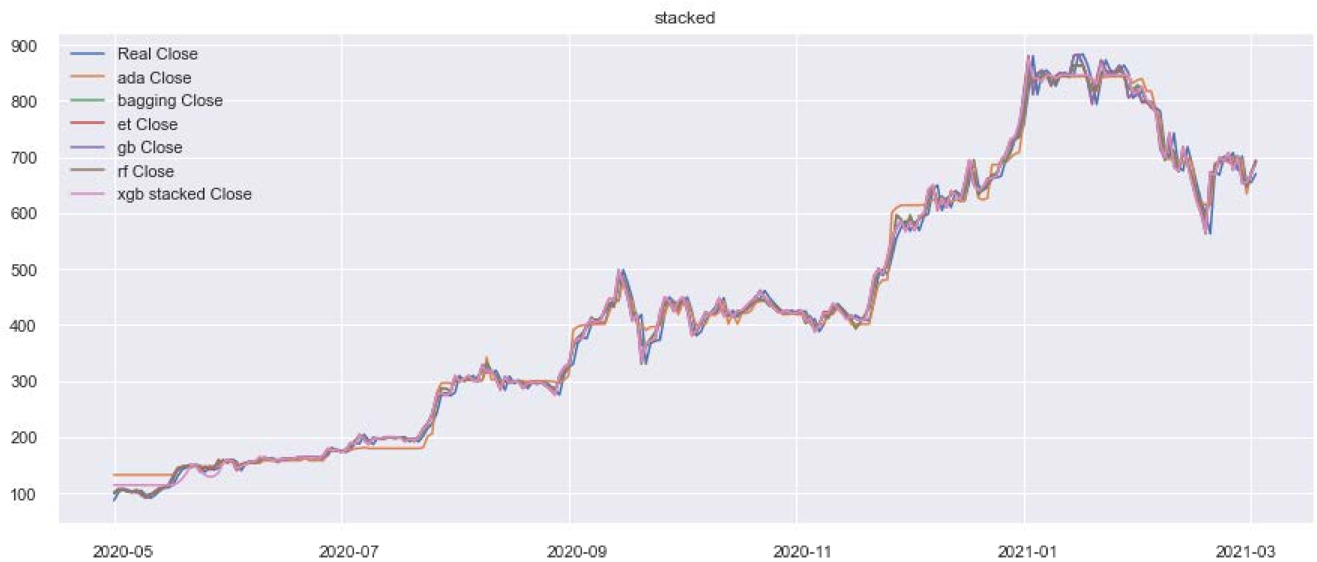


Рисунок 3.8 — Графік-порівняння реальних данних з данними отриманими з навчених моделей

Але складнощі починаються, коли потрібно за допомогою навчених моделей прогнозувати данні, при різних запусках, хоча модель і може повторювати реальні дані, а от дані, що будуть спрогнозовані можуть дуже сильно різнитись (рис 3.9). В такому випадку виникає питання як оцінити якість отриманої навченої моделі.

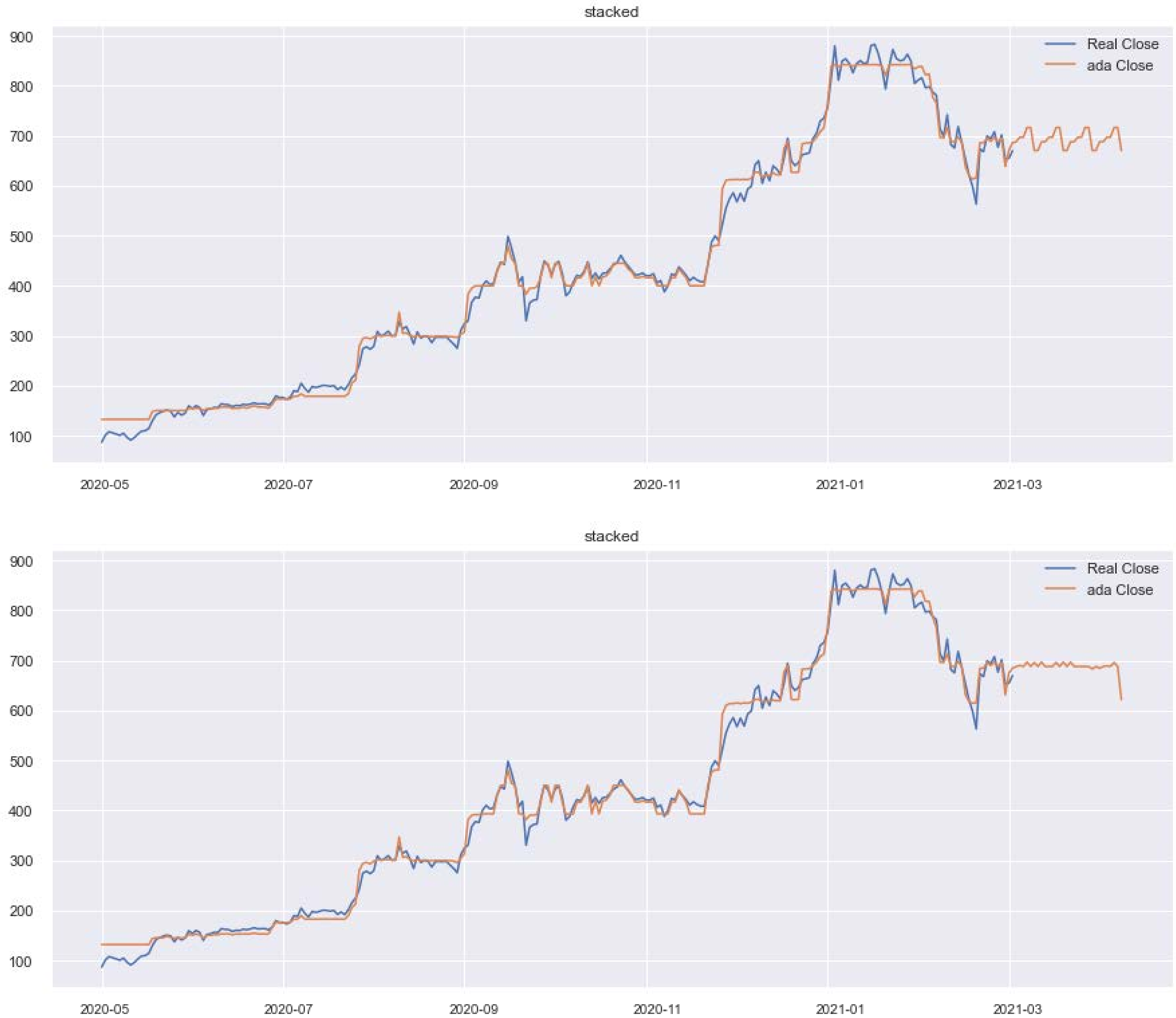


Рисунок 3.9 — Графіки прогнозування данних при різних ітераціях навчання моделі, без зміни вхідних данних

В таких випадках доволі поширеною є модель оптимізації Walk Forward Optimisations (WFO).

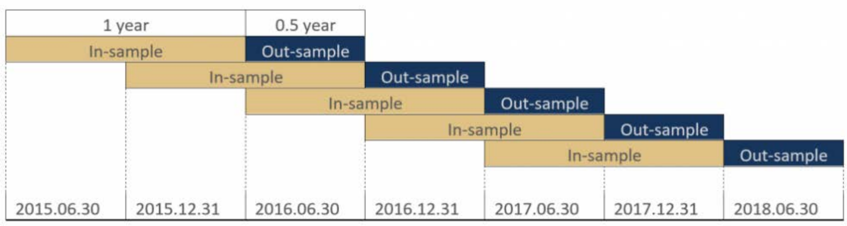


Рисунок 3.10 — Схема WFO оптимізації

Ось кроки для запуску оптимізації:

1 Отримання всіх відповідних даних

2 Розбивання даних на кілька частин

3 Запуск оптимізації, щоб знайти найкращі параметри для першого фрагмента даних (першого в вибірці)

4 Застосування цих параметрів до другої частини даних (першої поза вибіркою)

5 Запуск оптимізації, щоб знайти найкращі параметри для наступних даних вибірки

6 Застосування цих параметрів до наступних даних без вибірки

7 Повторення, поки не покриються всі фрагменти даних

8 Порівняння результатів всіх даних, що не належать до вибірки.

На рисунку 3.11 зображений приклад тесту моделей за допомогою WFO. Вибірка для тренування була скорочена на 20 днів, після навчання, робимо прогноз даних за скорочений період і порівнюємо їх з реальними. З рисунку видно, що для всіх отриманих моделей актуальне явище перенавчання, і вони не відображають тенденцію тренду реальних цін.

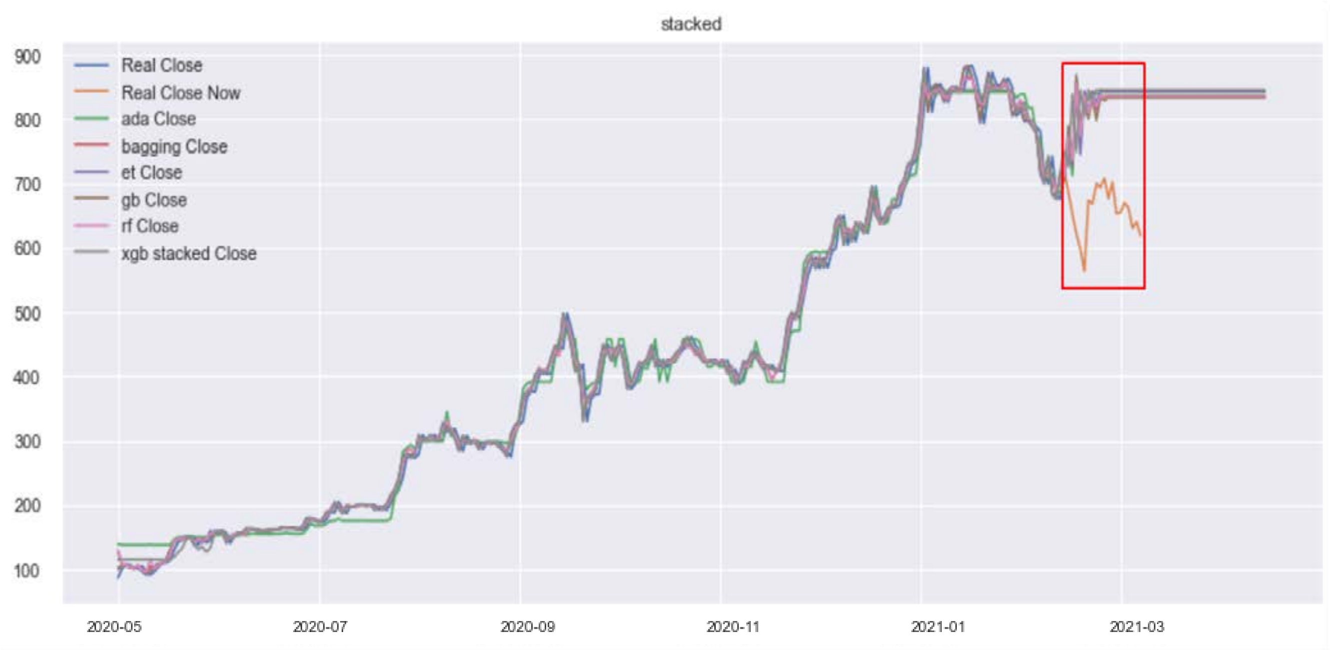


Рисунок 3.11 — Порівняння спрогнозованних данних з реальними

Зрозуміло, що для побудови системи для прогнозування, потрібно використовувати комбінації стратегій та моделей, що дозволить отримати більший прибуток.

В даному випадку при вирішенні задач регресії рішення з використанням нейронних мереж не задовольняють потребам, очевидно що дня побудови реальної моделі потрібно брати до уваги не тільки попередні дані, а й ще сторонні дані, що важко передбачити. Яскравим прикладом є нещодавно ситуація пов'язана з фінансовими втратами хедж-фондів на акціях компанії GameStop із-за консолідації користувачів соціальної мережі Reddit [14], або знецінення акцій компанії CD Project Red майже в три рази із-за вилучення ігри Cyberpunk 2077 із інтернет-магазинів компанії Sony PlayStation тощо.

Також було встановлено, що програмні рішення для отримання рекомендацій продажу чи покупки акцій, що застосовують нейронні мережі, виконуються в середньому в 150 разів довше ніж рішення засновані на імплементації алгоритмів класичних торгових стратегій.

Для отримання середнього результату часу виконання обчислень застосовано бібліотеку «timeit».

Таблиця 3.1 — Час виконання програмних рішень

	Середній час виконання, с
ABSD стратегія	0,016
AdaBoostRegressor	2
BaggingRegressor	2,5
ExtraTreesRegressor	3
GradientBoostingRegressor	2,1
RandomForestRegressor	2,9
XGBRegressor	4
Deep RNN	7
ARIMA	6,7

По замірам часу видно, що алгоритмічна реалізація класичної стратегії швидша і в умовах жорстких часових рамок має перевагу. В таких ситуаціях її можна удосконалити використовуючи додаткові рішення на основі нейронних мереж для підбору оптимальних коефіцієнтів, також перспективним напрямком є спроба копіювання поведінки реальної людини-аналітика при торгівлі цінними активами.

ВИСНОВКИ

Прогнозування майбутніх цін акцій комплексна та непроста задача. Потрібно зважено підходити для вибору моделі прогнозування, а також не можна нехтувати перевіркою достовірності отриманої моделі. В наш час швидкість прийняття рішень є дуже важливою, тому в майбутньому розробка швидких прогнозних моделей з високим рівнем достовірності матиме великий попит. Впевнено можна сказати, що використання якоїсь однієї моделі для прогнозування не є достатнім, і комбінація підходів може мати більші переваги.

Для торгівлі в реальному часі рішення з використанням програмного забезпечення на основі тільки нейронних мереж не підходять, так як потрібне постійне перенавчання їх та коректування з урахуванням нових даних, а цей процес потребує часу, що інколи може перевищувати бажаний час реакції купівлі та продажу цінних активів. Біль високу швидкість та прогнозований результат дають програмні рішення на основі стандартних торгових стратегій, та їх можна удосконалити, застосувавши нейронні мережі для підбору оптимальних значень коефіцієнтів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ticker symbol / URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ticker_symbol (дата звернення: 25.02.2021)

2. Назаров О.С. Теорія прогнозування: навч. посіб. – Харків: ХНУРЕ, 2017. – 300 с.

3. Understanding RNN and LSTM / URL: https://towardsdatascience.com/understanding-rnn-and-lstm-f7cdf6dfc14e (дата звернення: 25.02.2021)

4. Нишант Ш. Машинное обучение и TensorFlow. – Питер, 2019. – 336 с.

5. Marcos Lopez de Prado – Advances in Financial Machine Learning. – Wiley, 2018. – 393 с.

6. БоксДж., ДженкинсГ.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. – 406 с.

7. The ABCD Pattern / URL: https://www.forex.com/en/education/education-themes/technical-analysis/abcd-pattern (дата звернення: 25.02.2021)

8. Zura Kakushadze and Juan Andr Serur – 151 Trading Strategies, 2018. 361 с.

9. Stefan Jansen – Machine Learning for Algorithmic Trading – Packt, 2020. – 800 с.

10. Карачун И., Минина Д. Поведенческие финансы и гипотеза эффективных рынков. – 2017.

11. Бринк Хенрик и др. Машинное обучение. – Спб.: Питер, 2017. – 336 с.

12. Носов В. В., Цыпин А. П. Моделирование влияния факторов на ВРП на основе искусственных нейронных сетей //Ученый XXI века. – 2016. – №. 1. – С. 14.

13. Видмант О. С. Прогнозирование финансовых временных рядов с использованием рекуррентных нейронных сетей LSTM //Общество: политика, экономика, право. – 2018. – №. 5.

14. GameStop / URL: https://biz.liga.net/all/it/article/kak-kotyata-iz-reddit-nakazali-volkov-s-uoll-strit-vse-iz-za-aktsiy-gamestop-mask-v-igre (дата звернення: 25.02.2021)