

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
Факультет Аэрофизики и Космических Исследований
Кафедра Логистические Системы и Технологии

КУЗЬМИНА Антонина Ильинична

**Математическое моделирование конвейера принятия
торговых решений трейдером фондовой биржи**

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Научный руководитель:

Москва, 2016

Содержание

Введение	4
Глава 1. Постановка задач	9
1.1. Необходимые термины	9
1.2. Этапы конвейера принятия решений трейдером фон- довой биржи	11
1.3. Постановка задач	13
1.3.1. Задача поиска известного паттерна в истории котировок	13
1.3.2. Задача кластеризации в пространстве фраг- ментов историй торгов	13
1.3.3. Задача построения эффективной торговой стра- тегии	13
Глава 2. Теоретическое введение	13
2.1. Алгоритм динамического искажения времени	13
2.1.1. Базовый алгоритм динамического искажения времени	13
2.1.2. Алгоритм derivative dynamic time warping . . .	13
2.1.3. Метрики расстояния	13
2.2. Алгоритмы кластеризации	14
2.2.1. Примеры задач кластеризации	14
2.2.2. Эвристические графовые алгоритмы класте- ризации	14
2.2.3. Статистические алгоритмы кластеризации . .	14

2.2.4. Алгоритмы иерархической кластеризации . . .	14
2.2.5. Самоорганизующиеся карты Кохонена	14
Глава 3. Численные эксперименты	14
3.1. Поиск паттерна в истории котировок	14
3.2. Кластеризация фрагментов историй котировок	14
3.3. Построение полностью автоматизированной торговой стратегии	14
Заключение	14
Список литературы	14

Введение

В последнее время большое количество людей занимается торговлей на бирже — по некоторым оценкам, около 800 тысяч человек. О популярности этой сферы деятельности свидетельствует также и объем торгов на московской бирже, растущий день ото дня и составивший 4.65 трлн рублей 16 декабря 2014 года.

В то же время, игра на бирже является очень рискованным видом деятельности — до 80 участников торгов терпят убытки. Поэтому трейдер никогда не принимает решений по наитию, а всегда использует холодный расчет. Вследствие этого, как правило, большинство торговых стратегий довольно легко формализуемы.

Автоматические торговые системы имеют большое количество преимуществ по сравнению с трейдером-человеком. Самые значительные из них заключаются в следующем:

- Торговый робот может торговать круглосуточно, не отвлекаясь на еду и сон.
- Торговый робот не отнимает ценное время человека — можно запустить одновременно несколько роботов и, в то же время, заниматься созданием новых стратегий.
- Торговый робот принимает все решения в строгом соответствии с логикой алгоритма, он готов терпеть просадки и не берет на себя лишний риск, что очень важно в условиях высоковолатильного рынка.

- Торговый робот способен принимать решения гораздо быстрее любого человека — если трейдеру для совершения сделки требуется не менее 0.5 секунды, робот способен совершить сделку уже через 2-3 мкс.

Объектом исследования в данной работе является конвейер принятия решений трейдером фондовой биржи.

Основной целью данной работы является разработка математической модели конвейера принятия решений трейдером фондовой биржи, а также ее практическая реализация и проверка на реальных данных как всей моделирующей программы в целом, так и ее отдельных частей.

Для достижения цели настоящей работы поставлены следующие задачи:

- Исследование существующих методов моделирования работы трейдера.
- Исследование существующих открытых источников финансовой информации (котировок различных активов, а также торговых индикаторов) и принятие решения. об использовании этих данных для построения и тестирования модели конвейера принятия торговых решений трейдером фондовой биржи
- Исследование существующих открытых источников информации о фигурах технического анализа для использования этих данных при построении модели.
- Изучение существующей научной литературы по вопросу поиска

известных паттернов в истории котировок финансовых инструментов.

- Выбор метрик расстояния между свечами для использования при реализации алгоритма динамического искажения времени.
- Реализация алгоритма динамического искажения времени для поиска известного паттерна в истории котировок торгового инструмента в среде программирования Microsoft Visual Studio с использованием языка программирования C#.
- Тестирование программы поиска известного паттерна в истории котировок торгового инструмента на реальных исторических данных с использованием методов модульного и функционального тестирования.
- Определение качества работы программы поиска известного паттерна на реальных исторических данных посредством проведения слепого исследования, а также сравнение достигнутого уровня качества работы при использовании различных метрик расстояния.
- Изучение существующих методов кластерного анализа.
- Реализация различных методов кластеризации для поиска новых паттернов в истории котировок финансовых инструментов в среде программирования Microsoft Visual Studio с использованием языка программирования C#.
- Тестирование программы поиска новых паттернов в истории котировок торгового инструмента с применением алгоритмов кластери-

зации на реальных исторических данных с использованием методов модульного и функционального тестирования.

- Определение качества работы программы поиска новых паттернов в истории котировок торгового инструмента с применением алгоритмов кластеризации на реальных исторических данных посредством проведения слепого исследования, а также сравнение качества работы различных методов кластеризации между собой.
- Реализация торговой системы, основанной на использовании найденных фигур технического анализа, в среде программирования Microsoft Visual Studio с использованием языка программирования C#.
- Тестирование торговой системы, основанной на использовании найденных фигур технического анализа, на реальных исторических данных и определение важнейших параметров этой торговой системы (прибыль, просадка и тд.).
- Реализация алгоритма-советника для торговой платформы MetaTrader для проверки торговой системы на демо-счете в режиме реального времени.

Теоретической основой исследования явились положения и концепции, представленные в работах отечественных и зарубежных авторов по проблемам:

- Численной оптимизации.

- Поиска паттернов во временных рядах.
- Алгоритма динамического искажения времени.
- Классической и вероятностной постановки задач машинного обучения.
- Эвристических, статистических и иерархических методов кластеризации, в том числе, с использованием нейронных сетей.
- Переобучения и мультиколлинеарности, а также методам борьбы с этими проблемами: регуляризации, выделению главных компонент и др.
- Сравнения качества работы различных алгоритмов машинного обучения.
- Технического анализа.

Вопросы, рассматриваемые в данной работе, нашли отражение в трудах таких классических авторов, как Колмогоров, Вапник, Червоненкис, Закс и Стоун.

Среди современных ученых схожими проблемами занимаются Воронцов, Горбань, Халл, Алексис, Бушерон, Тибширани, Руммельхарт, Носедал, Райт, Куликов.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

В первой главе приведены экономические термины, необходимые для понимания работы, описаны этапы конвейера принятия решений трейде-

ром фондовой биржи, а также приведена формальная постановка задач, рассматривающихся в работе.

Вторая глава представляет собой теоретическое введение к описанию экспериментов, проведенных в рамках данной работы. В нем описаны алгоритмы, примененные при написании программы: алгоритм динамического искажения времени (а также его модификация, алгоритм derivative dynamic time warping, и используемые метрики расстояния в пространстве историй котировок) и алгоритмы кластеризации (эвристические, статистические и иерархические методы кластеризации, а также самоорганизующиеся карты Кохонена). Приведены основные теоремы, связанные с гарантиями сходимости используемых методов.

В третьей главе описываются результаты, полученные в ходе практической реализации алгоритмов и тестирования их на реальных исторических данных.

Глава 1. Постановка задач

1.1. Необходимые термины

Ниже приведены определения финансовых терминов, используемых в работе.

Актив — некоторая сущность, которая может быть куплена или продана в любой момент времени по цене, соответствующей этому моменту времени. Цены покупки и продажи актива в один и тот же момент времени не обязаны совпадать.

Тик — сделка купли-продажи, произошедшая на бирже. Характеризуется моментом времени, ценой и объемом. Объем сделки - количество элементарных единиц актива, которые были проданы продавцом и куплены покупателем.

Свеча — элемент данных, представляющий собой консолидированную информацию об изменении цены актива в некоторый промежуток времени. Как правило, свеча включает в себя 4 величины: цену открытия интервала (цена первого тика из временного интервала), цену закрытия (цена последнего тика из временного интервала), а также максимальную и минимальную цены тиков из рассматриваемого временного интервала. Нередко также в состав свечи включают общий объем всех сделок, произошедших в течение рассматриваемого промежутка времени, однако в данной работе эта величина не используется.

Торговая система — алгоритм, совершающий сделки на бирже по определенным математическим правилам. Может иметь параметры, влияющие на поведение системы.

Сделка покупки актива — сделка по покупке-продаже актива, в которой рассматриваемая торговая система выступает в качестве покупателя.

Сделка продажи актива — сделка по покупке-продаже актива, в которой рассматриваемая торговая система выступает в качестве продавца.

Закрытая сделка — пара сделок с совпадающими объемами, состоящая из сделки по покупке актива и сделки по продаже актива.

Ряд данных — последовательность данных о цене актива за определенный промежуток времени. Как правило, включает в себя информа-

цию обо всех свечах этого актива за данный промежуток времени.

Прибыль закрытой сделки — разность цен сделок продажи и покупки этой закрытой сделки, умноженная на объем этих сделок.

Прибыль торговой системы за некоторый интервал времени. Обозначим n общее число закрытых сделок торговой системы за рассматриваемый период. Обозначим p_i , $i = 1, \dots, n$ прибыль i -ой закрытой сделки. Тогда прибылью торговой системы называется величина $profit = \sum_{i=1}^n p_i$.

Просадка торговой системы за некоторый интервал времени. Обозначим n общее число закрытых сделок торговой системы за рассматриваемый период. Обозначим p_i , $i = 1, \dots, n$ прибыль i -ой закрытой сделки. Тогда просадкой торговой системы называется величина

$$drawdown = \max_{i=1, \dots, n} \left(\max_{k=1, \dots, i} \sum_{j=1}^k p_j - \sum_{j=1}^i p_j \right)$$

Функционал качества торговой системы — некоторая функция, характеризующая качество торговой системы. Как правило, для ее вычисления используется последовательность закрытых сделок торговой системы. Типичные примеры функционала качества — $profit$ и $profit/drawdown$.

1.2. Этапы конвейера принятия решений трейдером фондовой биржи

В данной работе рассматривается трейдер фондовой биржи, принимающий торговые решения на основе фигур технического анализа. Конвейер принятия решений в этом случае включает в себя следующие этапы:

1. Поиск закономерностей фондового рынка
 - (a) Выделение типичных фигур технического анализа
 - (b) Определение информативности каждой фигуры технического анализа
2. Создание торговой стратегии
 - (a) Поиск фигур технического анализа в биржевых данных в режиме реального времени
 - (b) Принятие торгового решения и совершение сделки
 - (c) Оптимизация торговой стратегии
 - (d) Запуск автоматической торговой системы

В данной работе рассматриваются все этапы этого конвейера, однако основное внимание уделяется трем задачам: задаче поиска известного паттерна в истории котировок, задаче кластеризации в пространстве фрагментов историй котировок и задаче автоматизированного построения эффективной торговой стратегии.

1.3. Постановка задач

1.3.1. Задача поиска известного паттерна в истории котировок

1.3.2. Задача кластеризации в пространстве фрагментов историй торгов

1.3.3. Задача построения эффективной торговой стратегии

Глава 2. Теоретическое введение

2.1. Алгоритм динамического искажения времени

2.1.1. Базовый алгоритм динамического искажения времени

2.1.2. Алгоритм derivative dynamic time warping

2.1.3. Метрики расстояния

2.2. Алгоритмы кластеризации

2.2.1. Примеры задач кластеризации

2.2.2. Эвристические графовые алгоритмы кластеризации

2.2.3. Статистические алгоритмы кластеризации

2.2.4. Алгоритмы иерархической кластеризации

2.2.5. Самоорганизующиеся карты Кохонена

Глава 3. Численные эксперименты

3.1. Поиск паттерна в истории котировок

3.2. Кластеризация фрагментов историй котировок

3.3. Построение полностью автоматизированной торговой стратегии

Заключение

Список литературы