

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

<b>Введение</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Постановка задач</b>	<b>5</b>
1.1. Необходимые термины . . . . .	5
1.2. Этапы конвейера принятия решений трейдером фон- довой биржи . . . . .	7
1.3. Постановка задач . . . . .	8
1.3.1. Задача поиска известного паттерна в истории котировок . . . . .	8
1.3.2. Задача кластеризации в пространстве фраг- ментов историй торгов . . . . .	8
1.3.3. Задача построения эффективной торговой стра- тегии . . . . .	8
<b>Глава 2. Теоретическое введение</b>	<b>8</b>
2.1. Алгоритм динамического искажения времени . . . . .	8
2.1.1. Базовый алгоритм динамического искажения времени . . . . .	8
2.1.2. Алгоритм derivative dynamic time warping . . .	8
2.1.3. Метрики расстояния . . . . .	8
2.2. Алгоритмы кластеризации . . . . .	9
2.2.1. Примеры задач кластеризации . . . . .	9
2.2.2. Эвристические графовые алгоритмы класте- ризации . . . . .	9
2.2.3. Статистические алгоритмы кластеризации . .	9

2.2.4. Алгоритмы иерархической кластеризации . . .	9
2.2.5. Самоорганизующиеся карты Кохонена . . . . .	9
<b>Глава 3. Численные эксперименты</b>	<b>9</b>
3.1. Поиск паттерна в истории котировок . . . . .	9
3.2. Кластеризация фрагментов историй котировок . . . . .	9
3.3. Построение полностью автоматизированной торговой стратегии . . . . .	9
<b>Заключение</b>	<b>9</b>
<b>Список литературы</b>	<b>9</b>

## Введение

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.

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 трейдером 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, использующиеся 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 информацию 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 си-

стемы. 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**