

Курсовая работа защищена с оценкой \_

Ученый секретарь кафедры доцент Валединский В. Д.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Механико-математический факультет

Кафедра Вычислительной математики



КУРСОВАЯ РАБОТА

**Прогнозирование финансовых временных  
рядов с помощью нейронных сетей  
с памятью**

Выполнена студенткой 309 группы

Маховой Анастасией Геннадьевной

**Научный руководитель:**

д.ф.-м.н М.И. Кумсков

Москва, 2023

## Аннотация

-----

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Временные ряды</b>	<b>6</b>
3.1	ETS models . . . . .	8
	<b>Список литературы</b>	<b>9</b>

# 1 Введение

Исследования в области прогнозирования временных рядов ведутся в течение многих лет, но с открытием применения глубокого обучения для решения данной задачи интерес к теме невероятно возрос. За последние десятилетия вышло огромное количество работ о прогнозировании финансовых временных рядов с использованием глубокого обучения (Deep Learning (DL)), рекуррентных нейронных сетей (Recurrent Neural Networks (RNN)), в частности, LSTM (Long Short-Term Memory) нейронных сетей с долгой краткосрочной памятью.

Минус RNN в невозможности смотреть далеко в прошлое, поэтому, работая в 1991 году над решением проблемы затухающего(исчезающего) градиента (the vanishing gradient problem) уже в 1997 году Зеппом Хохрайтером и Юргеном Шмидхубером была представлена новая архитектура рекуррентной нейронной сети - LSTM - которая смогла эффективно решать следующие задачи[2]:

1. Распознавание долгосрочных закономерностей в зашумленных входных последовательностях
2. Определение в зашумленных входных потоках порядка событий, находящихся во времени далеко друг от друга.
3. Извлечение информации, передаваемой расстоянием между событиями
4. Точная генерация периодических событий, закономерностей.
5. Надежное и длительное хранение действительных чисел

LSTM является самой цитируемой нейронной сетью 20 века [1], а современные алгоритмы LSTM разрабатываются и по сей день и используются для решения широкого спектра задач[2]: распознавание речи, машинный перевод, распознавание видео, распознавание рукописного ввода, прогнозирование временных рядов... LSTM-сети используются в робототехнике, видеоиграх, чат-ботах, в сфере здравоохранения и тд.

## 2 Постановка задачи

Задачи о прогнозировании финансовых временных рядов можно разделить на 2 группы в зависимости от ожидаемых выходных данных[3]:

1. прогноз цены - необходимо предсказать стоимость на некоторое время вперед как можно точнее.
2. прогноз тренда - направления движения графика стоимости:
  - (a) 2-class problem – предсказать восходящий и нисходящий тренд
  - (b) 3-class problem - предсказать восходящий, нисходящий и боковой тренды

Входные данные для прогнозирования можно брать из:

### Цен за предыдущие периоды

«цены устанавливаются отнюдь не на основе объективных показателей, таких как рентабельность продаж или прибыль. Курс акций может вдруг резко подскочить, но связано это будет лишь с улучшением ожиданий инвесторов, а вовсе не с ростом продаж, рентабельности или прибыли компании»

(с)Роджер Мартин

То есть на цены влияет и эмоциональный аспект, который можно отследить с помощью:

**Фундаментального анализа** Благодаря методам фундаментального анализа можно проанализировать справедливую стоимость на данный момент и предсказать повышение/понижение спроса

**Технического анализа** Анализ графиков на характерные предпосылки к изменению направления движения стоимости. На рисунке 1 изображены основные виды графиков, которые используются для отображения цен.

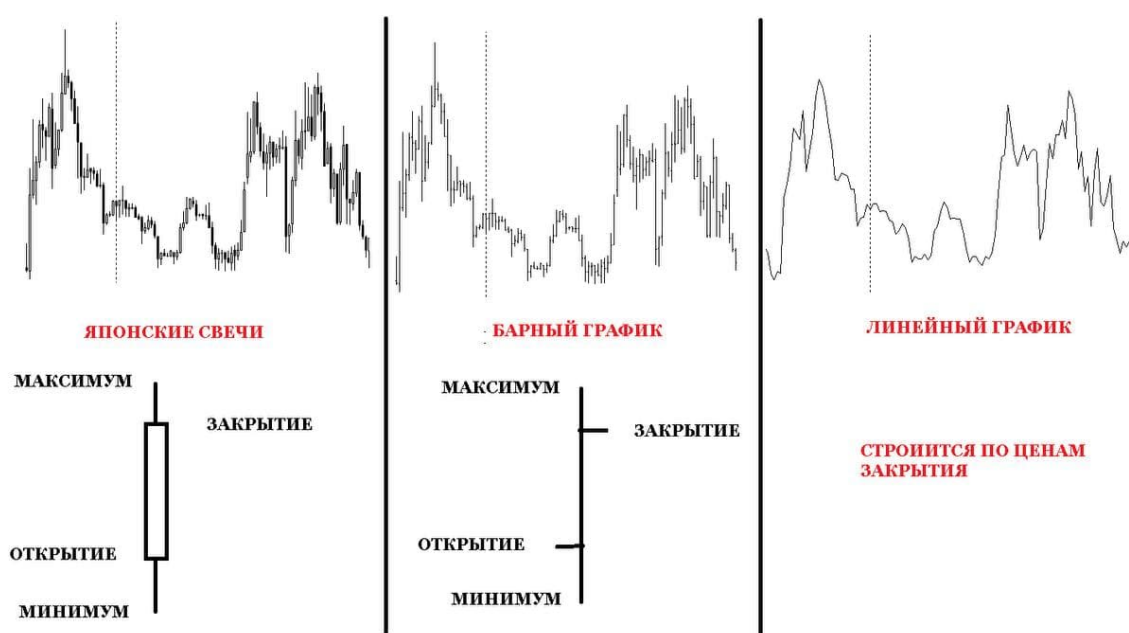


Рис. 1: виды графиков

**Текстовой информации** Определение эмоционального настроения и мнений на основе постов и комментариев в соцсетях также помогает спрогнозировать поведение инвесторов.

### 3 Временные ряды

Дадим несколько определений, связанных с временными рядами:

**Временной ряд** - это последовательность значений, описывающих протекающий во времени процесс, измеренных в последовательные моменты времени, обычно через равные промежутки.

$t$  - настоящее время,

$t - 1, t - 2, t - 3 \dots$  - прошлое,

$t + 1, t + 2, t + 3 \dots$  - будущее

**Лег** – временной период из прошлого (задержка), например, лег  $h$  соответствует  $t - h$ , где  $h$ , характеризующая разницу во времени между элементами временного ряда, называется лаговой переменной или запаздыванием.

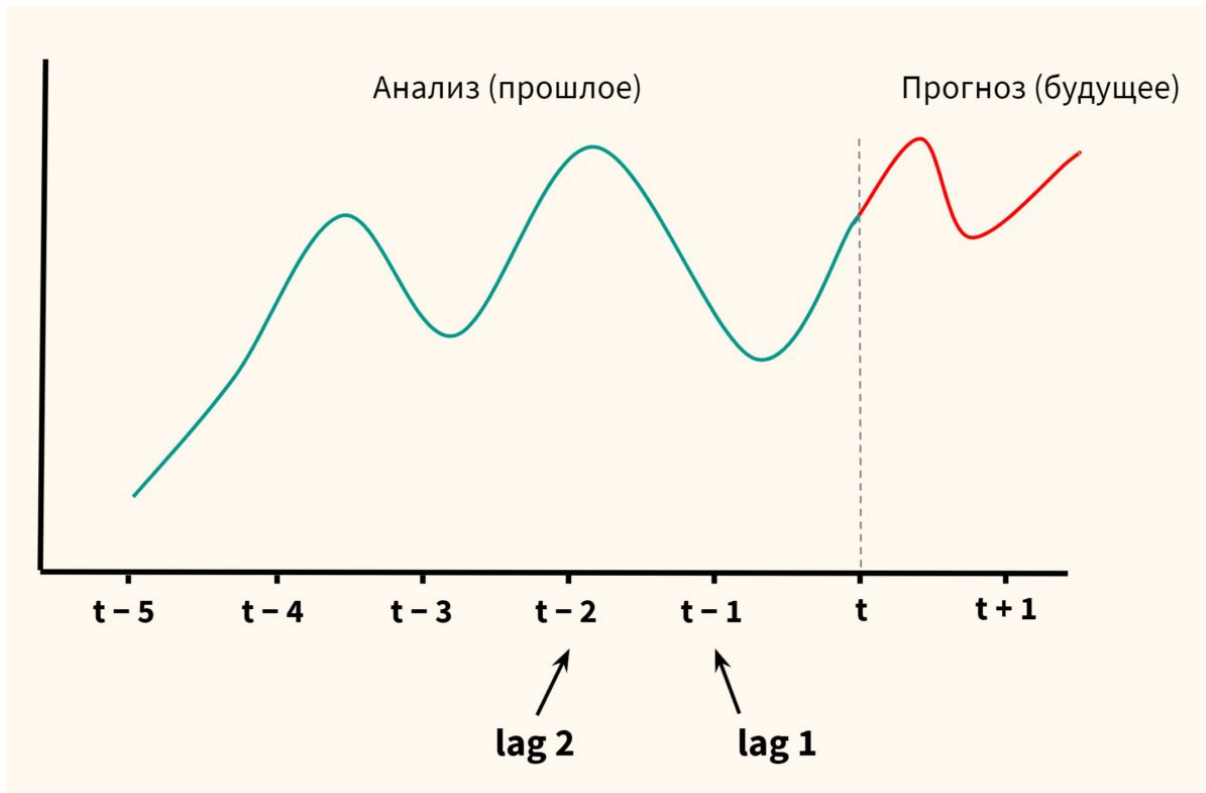


Рис. 2: временной ряд и лег

**Тренд** – долгосрочное изменение уровня временного ряда

1. Нисходящий (медвежий) – каждый локальный максимум цены ниже предыдущего, как и локальный минимум
2. восходящий (бычий) – каждый локальный минимум цены выше предыдущего, как и локальный максимум
3. боковой (флэт) – локальные максимумы и минимумы примерно на одном значении

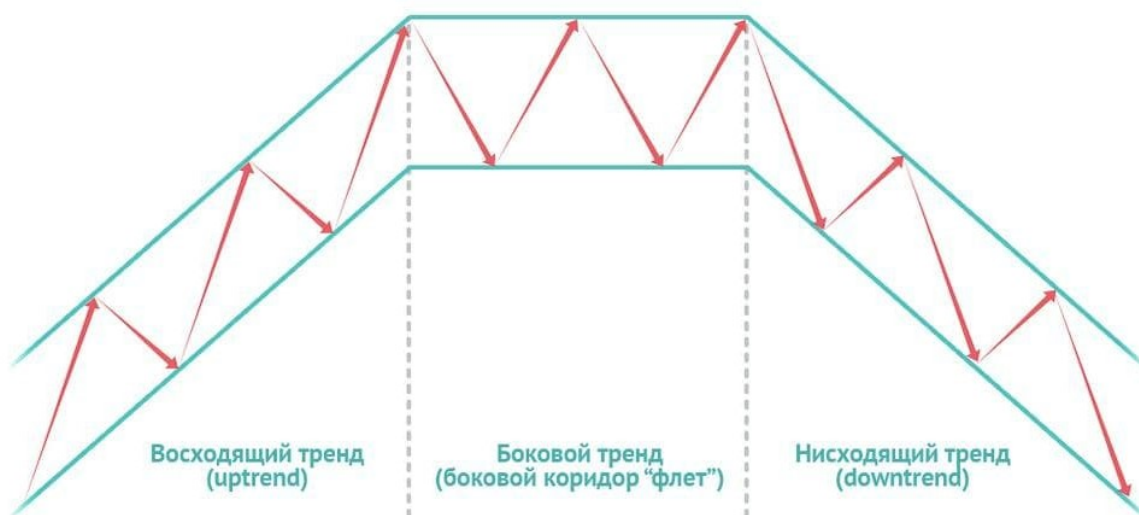


Рис. 3: виды тренда

**Сезонность** – циклические изменения уровня ряда с постоянным периодом

**Шум** - случайное изменение в ряду, не коррелирующее с другими данными



### 3.1 ETS models

ETS (Error-Trend-Seasonality) модель представляет временной ряд как композицию тренда, сезонности и ошибки(шума). Существует аддитивная модель, в общем случае представляющая уровень как сумму компонент:

$$y(t) = Error + Seasonality + Trend$$

Ее стоит использовать, когда величина изменяется линейно (например, у авиакомпании +1000 пассажиров в год), а мультипликативную

$$y(t) = Error * Seasonality * Trend$$

когда величина изменяется нелинейно (например, количество пассажиров увеличивается каждый год в 2 раза). На рисунке 4 изображено разложение временного ряда на соответствующие компоненты:

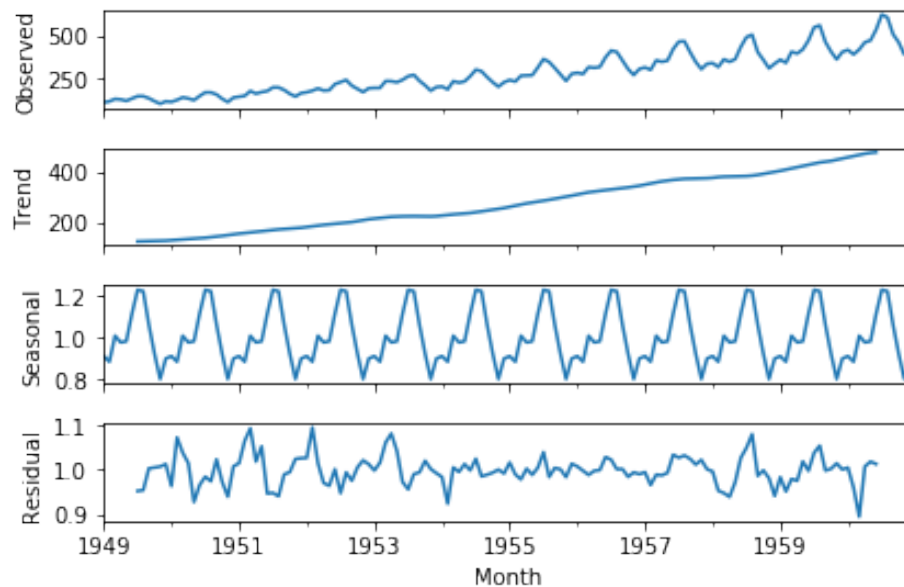


Рис. 4: декомпозиция временного ряда (мультипликативная модель)

## Список литературы

- [1] The most cited neural networks all build on work done in my labs. Jürgen Schmidhuber (2021, slightly updated 2022) <https://people.idsia.ch/~juergen/most-cited-neural-nets.html> (27.11.2022)
- [2] Jürgen Schmidhuber's page on Recurrent Neural Networks (updated 2017) <https://people.idsia.ch/~juergen/rnn.html> (27.11.2022)
- [3] Financial Time Series Forecasting with Deep Learning : A Systematic Literature Review: 2005-2019 <https://arxiv.org/pdf/1911.13288.pdf> (27.11.2022)