

## Введение в специальность

Семёнов Михаил Евгеньевич

Научный руководитель направления  
"Финансовая математика и финансовые технологии"

Университет «Сириус»  
12 сентября 2023 г.

## Введение

Централизованнные и де- финансы

Основные определения

Таблица лимитных заявок (limit order book)

График цены

Свечи

## Технический анализ

Индикаторы

Простая скользящая средняя

Экспоненциально взвешенное скользящее среднее

Индекс относительной силы

Пример технического анализа. Сбербанк. Финам

Балансовый объем

Полосы Боллинджера



Пример технического анализа. Apple. TradingView

Свечные паттерны

Индикаторная функция для Доджи

Индикаторная функция для Марубозу

Фундаментальный анализ

Количественные аналитики (кванты)

Технический анализ (vs) Машинное обучение

Алгоритмическая торговая система, альфа

Основные определения

Логика разработки альфы

Метрики

Анализ эффективности торговых сигналов стратегии

Меры риска



Обратное тестирование

Машинное обучение

Машинное обучение с учителем

Машинное обучение без учителя

Машинное обучение с подкреплением

Библиотеки для работы с временными рядами

Интерфейсы для работы с временными рядами

Специализированное программное обеспечение

Ресурсы с данными

Загрузка котировок

Рекомендаванные источники

Задачи [Семенов, 2019]

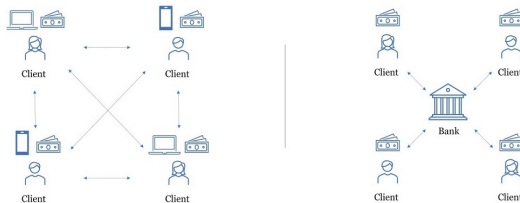
Список использованных источников



## Централизованные и де- финансы

**Централизованные финансы** – традиционная модель финансов, основанная на участии финансовых посредников (банки, брокеры, финансовые институты), которые контролируют все финансовые операции и имеют доступ к личным данным клиентов.

**Децентрализованные финансы (DeFi)** – экосистема децентрализованных приложений (Dapps), которые предоставляют финансовые услуги, построенных на базе распределенных сетей без какого-либо централизованного управляющего органа.



Ценные бумаги традиционно подразделяются на три категории: доцевые ценные бумаги (акции простые, акции привилегированные), долговые ценные бумаги (государственные, корпоративные облигации, векселя) и производные ценные бумаги (фьючерсы, опционы).

*Акция* – эмиссионная ценная бумага, доля владения компанией, закрепляющая права её владельца (акционера) на получение части прибыли акционерного общества в виде дивидендов, на участие в управлении акционерным обществом и на часть имущества, остающегося после его ликвидации, пропорционально количеству акций, находящихся в собственности у владельца.

*Облигация* – это долговая ценная бумага, по которой эмитент – компания или государство – обязуется выплатить инвестору определенную сумму и определенный процент в будущем.

A *forward contract* is an agreement to buy or sell an asset at a certain future time for a certain price. It can be contrasted with a spot contract, which is an agreement to buy or sell an asset almost immediately. A forward contract is traded in the over-the-counter (OTC) market.

A *futures contract* is an agreement between two parties to buy or sell an asset at a certain time in the future for a certain price. Unlike forward contracts, futures contracts are normally traded on an exchange. To make trading possible, the exchange specifies certain standardized features of the contract.

*Options* are traded both on exchanges and in the OTC market. There are two types of option. A *call option* gives the holder the right to buy the underlying asset by a certain date for a certain price. A *put option* gives the holder the right to sell the underlying asset by a certain date for a certain price.

*Структурный продукт* – сочетание традиционных финансовых инструментов (акции, облигации, валюты) и производных финансовых инструментов

(фьючерсы, опционы)

**Длиная позиция** (Long) – покупку (buy) базового актива в предположении роста цены в будущем, **короткая позиция** (Short) – продажу (sell) актива в предположении падения цены в будущем.

Биржевые заявки (ордера) в общем случае делятся на две основных категории:

а) поддерживаемые биржей и б) поддерживаемые конкретным брокером (условные).

Биржевые заявки:

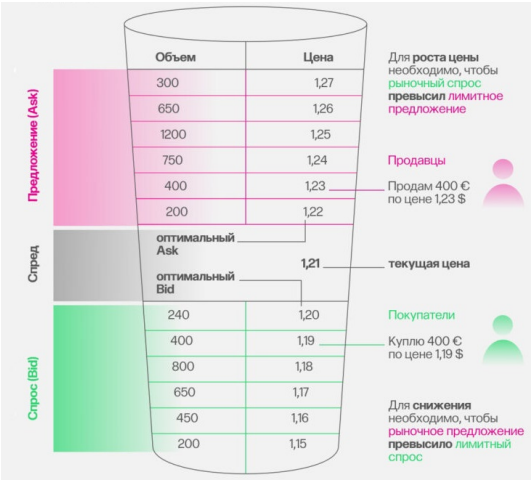
**Лимитная заявка** – заявка на покупку или продажу определенного количества лотов по определенной цене.

**Рыночная заявка** – заявка купить/продать определенное количество лотов по лучшей доступной цене.

Полный список заявок Мосбиржи – <https://www.moex.com/a2798>

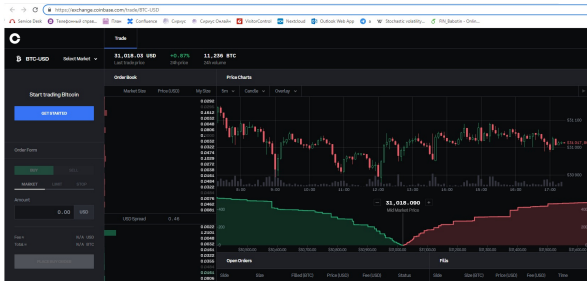


# Таблица лимитных заявок (limit order book)



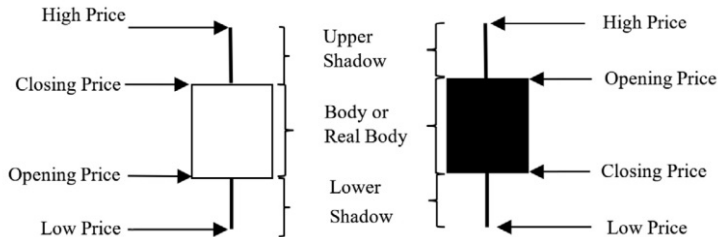
# Введение

## График цены



**Свеча** – это способ отображения информации о движении цены актива.

- Тело свечи – диапазон открытия-закрытия (Open-Close) для выбранного таймфрейма (минута, час, день).
- Фитиль (тень) – максимум (High) и минимум (Low) для выбранного таймфрейма.
- Цвет – направление движения рынка: зеленое (незакращенное) – рост, красное (закращенное) – падение.



**Индикаторы технического анализа** – это алгоритмы, которые позволяют получать данные о будущих ценах с помощью данных о котировках за определенный промежуток времени.

Можно условно выделить основные классы индикаторов:

- Трендовые (скользящие средние, moving average, MA)
- Осцилляторы (индекс относительной силы, relative strength index, RSI)
- Индикаторы объема (балансовый объем, on balance volume, OVB)
- Канальные индикаторы (полосы Боллинджера, Bollinger Bands, BB)

Технический анализ онлайн

<https://www.finam.ru/profile/moex-akcii/sberbank/tehanalys-live-new/>

<https://www.tradingview.com/chart/?symbol=NASDAQ%3AAAPL>

## Простая скользящая средняя

Общее название для семейства функций, значения которых в каждой точке определения равны некоторому среднему значению исходной функции за предыдущий период.

$$SMA_t = \frac{1}{n} (m \cdot MA_t + (n - m) \cdot SMA_{t-1}), \quad MA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} C_{t-i},$$

$n$  – количество значений исходной функции для расчёта скользящего среднего (период),

$m$  – вес,

$C_{t-i}$  – значение исходной функции в точке  $t - i$ . По умолчанию цена Close.

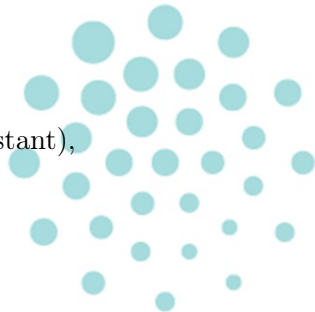
## Экспоненциально взвешенное скользящее среднее

Разновидность взвешенной скользящей средней, веса которой убывают экспоненциально и никогда не равны нулю:

$$EMA_t = \alpha \cdot C_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1},$$

$C_t$  – значение исходной функции в момент времени  $t$ ;

$\alpha = \frac{2}{(n+1)} \in (0,1)$  – сглаживающая константа (smoothing constant), характеризующая скорость уменьшения весов.



## Индекс относительной силы

1. Определить положительные  $U$  и отрицательные  $D$  ценовые изменения.

Если

$$U = Close_i - Close_{i-1} > 0, \quad D = 0,$$

то день называется «восходящим».

$$U = 0, \quad D = Close_{i-1} - Close_i > 0,$$

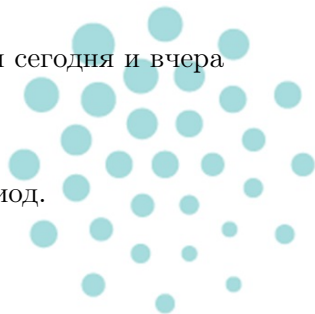
то день называется «нисходящим». Если цены закрытия сегодня и вчера равны, то  $U = D = 0$ .

2. Сгладить  $U$  и  $D$ :

$$RS = \frac{EMA[n] \text{ of } U}{EMA[n] \text{ of } D}, \quad \alpha = \frac{1}{n}, \quad n - \text{период.}$$

3. Вычислить

$$RSI = 100 - \frac{100}{(1 + RS)}.$$



## Пример технического анализа. Сбербанк. Финам





Расчет индикатора ведется нарастающим итогом – текущее значение определяется как сумма объемов на предыдущих и текущем периодах ценового графика. При суммировании учитывается знак: если цена на периоде росла, объем получает положительное значение, если падала – отрицательное.

$$OBV_t = OBV_{t-1} + \begin{cases} +v, & \text{если } Close_t > Close_{t-1} \\ 0, & \text{если } Close_t = Close_{t-1} \\ -v, & \text{если } Close_t < Close_{t-1} \end{cases}.$$

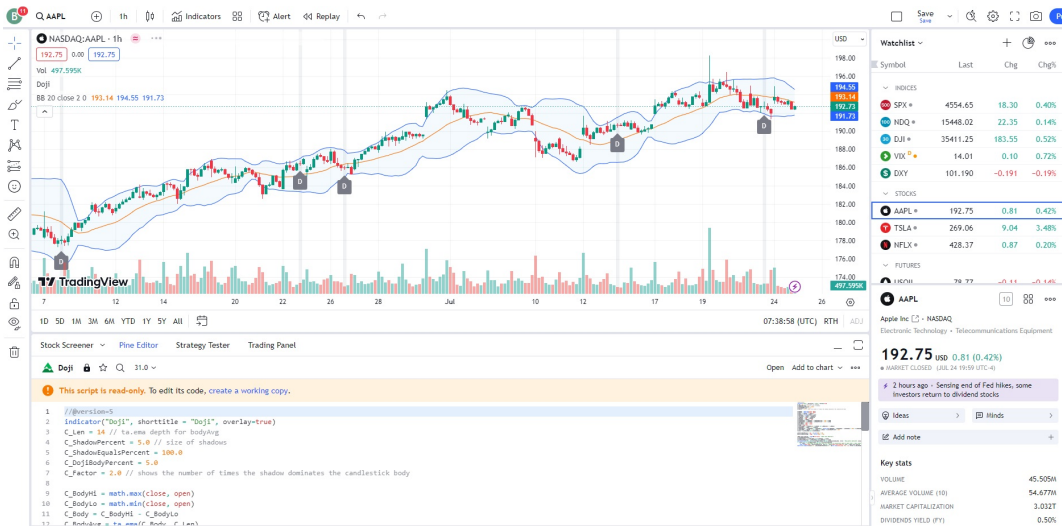
<https://www.tradingview.com/ideas/onbalancevolume/>

# Технический анализ

## Полосы Боллинджера

$$st.dev = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2}$$





У некоторых свечей могут отсутствовать тени или тело или может быть только одна тень. По этим факторам японские свечи разделяют на:

- Доджи (Doji) – тело свечи выглядит как линия, где цена открытия и закрытия совпадают или находится очень близко.

$$20 \cdot |Open - Close| \leq High - Low,$$

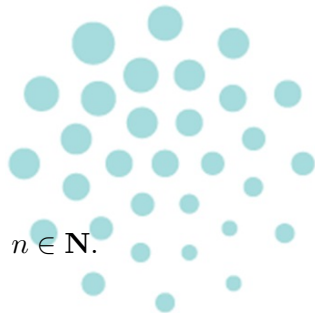
- Марубозу (Marubozu) – длинные тела без теней.

$$High - Low = Open - Close + \epsilon$$

и

$$Open - Close > \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |Open_i - Close_i|, \quad n \in \mathbb{N}.$$

- Обычные свечи – нет аномалий в формировании.



# Технический анализ

## Свечные паттерны

### NEUTRAL CANDLESTICK PATTERNS

DOJI



SPINNING TOP



### BULLISH CANDLESTICK PATTERNS

HAMMER



INVERTED HAMMER



DRAGONFLY DOJI



BULLISH ENGULFING



PIERCING LINE



MORNING STAR



MORNING DOJI STAR



THREE WHITE SOLDIERS



### BEARISH CANDLESTICK PATTERNS

SHOOTING STAR



HANGING MAN



GRAVESTONE DOJI



BEARISH ENGULFING



DARK CLOUD COVER



EVENING STAR



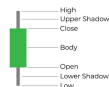
EVENING DOJI STAR



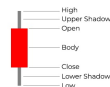
THREE BLACK CROWS



Bullish Candlestick



Bearish Candlestick

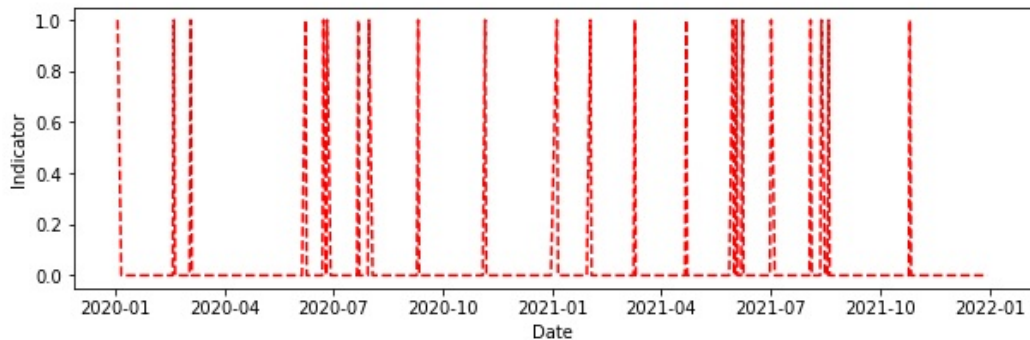


Формальное описание 103 свечных паттернов приведено в статье [Hu et al., 2019]. В статье [Liang et al., 2022] приведено описание процесса построения прогноза тренда с использованием свечных паттернов.

## Индикаторная функция для Доджи

```
1 def doji(df):
2     df['doji'] = 0
3     for i in range(len(df)):
4         if 20*abs(df.loc[i,'open'] - df.loc[i,'close']) <= df.loc[i,'high'] - df.loc[i,'low']:
5             df.loc[i,'doji'] = 1
6     plt.figure(figsize=(10, 3))
7     plt.plot(df['Date'], df['doji'], 'r--')
8     plt.xlabel('Date'); plt.ylabel('Indicator')
9     return df['doji']
```

# Индикаторная функция для Доджи



# Индикаторная функция для Марубозу

```
1 def marubozu(df, eps, window):
2     df['marubozu'] = 0
3     for i in range(window, len(df)):
4         sumt = abs(df.loc[(i-window):i, 'open']-df.loc[(i-window):i, 'close']).sum()
5         if ((abs(df.loc[i, 'high'] - df.loc[i, 'low'] - df.loc[i, 'open'] + df.loc[i, 'close']) <= eps)
6             and (df.loc[i, 'open'] + df.loc[i, 'close']) > 3.0/2.0/window*sumt):
7             df.loc[i, 'marubozu'] = 1
8     plt.figure(figsize=(10, 3))
9     plt.plot(df['Date'], df['marubozu'], 'r--')
10    plt.xlabel('Date'); plt.ylabel('Indicator')
11    return df['marubozu']
```

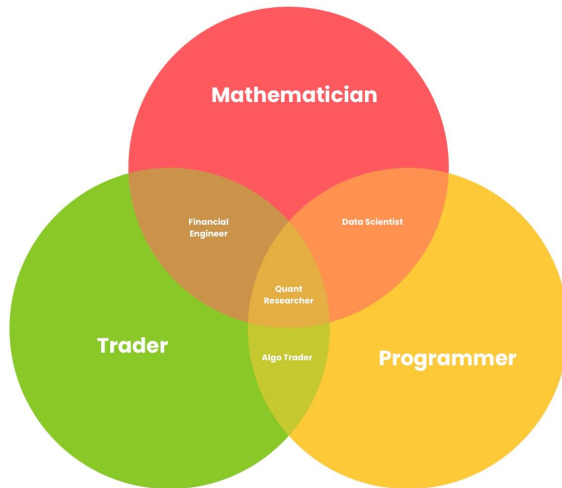


Метод для определения внутренней стоимости ценной бумаги путем анализа основных факторов, которые могут повлиять на реальный бизнес компании и ее будущие перспективы. С помощью фундаментального анализа мы пытаемся ответить на такие вопросы:

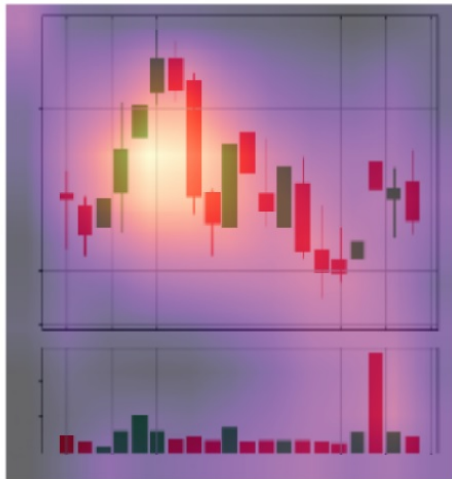
- Стабильно ли растет выручка компании?
- Какова платежеспособность компании?
- Имеет ли компания хорошую рентабельность?
- Достаточно ли у компании ликвидных активов по сравнению с обязательствами и т. д.?

<https://www.finam.ru/fundindexes/indexes/>





# Технический анализ (vs) Машинное обучение



# Алгоритмическая торговая система, альфа

## Основные определения

Под *алгоритмической торговой стратегией* или *альфой* будем понимать сочетание алгоритмов, которое позволяет принимать решения об открытии и закрытии позиции и сопровождении сделки [Kakushadze, 2016, Tulchinsky, 2015].

Для создания альфы можно использовать различные подходы: например, индикаторы технического анализа, свечные паттерны, модели нейронных сетей, фундаментальный анализ.

Для оценки альфы можно рассматривать множество параметров, которые могут оказать влияние на принятие решения: коэффициент Шарпа, коэффициент бета, эффективность торговых сигналов, текущие и зафиксированные убытки, количество прибыльных и убыточных сделок, доходность (PnL), оборот (turnover), среднее время удержания позиции и т. д.

# Алгоритмическая торговая система, альфа

## Логика разработки альфы

Alphas are mathematical models to predict the future price movements of various financial instruments [Tulchinsky, 2015].

- Alpha Logic
- Information in the Form of Data
- Idea
- Mathematical Expression
- Apply Operations
- Final Robust Alpha
- Translate into Positions in Financial Instrument
- Check Historical PnL, Other Performance Measurements (Information Ratio, Turnover, Drawdowns, etc.)



*Доходность инструмента*

$$r_i(t) = \frac{close_i(t)}{close_i(t-1)} - 1, \quad r_i(t) = \ln \frac{close_i(t)}{close_i(t-1)}.$$

*Доходность торговой стратегии* или PnL (profit and loss)

$$PnL(t; \alpha) = \sum_i \alpha_i(t) \cdot r_i(t+2),$$

$\alpha_i(t)$  – инвестиции в  $i$ -ый инструмент.

*Оборот (turnover)*

$$turnover(t; \alpha) = \sum_i |\alpha_i(t) - \alpha_i(t-1)(1 + r_i(t))|$$

показывает, какой объем сделок пришлось совершить во время текущей ребалансировки портфеля.

Коэффициент Шарпа (Sharp Ratio) показывает, какую доходность приносят инвестиции на каждую единицу риска:

$$S = \frac{\mathbf{E}\{R - R_f\}}{\sigma} = \frac{\mathbf{E}\{R - R_f\}}{\sqrt{\text{Var}\{R - R_f\}}},$$

где  $R$  – доходность портфеля (актива),

$R_f$  – доходность от альтернативного вложения (безрисковая процентная ставка),

$\mathbf{E}\{R - R_f\}$  – премия за риск (математическое ожидание превышения доходности активов над доходностью от альтернативного вложения),

$\sigma$  – стандартное отклонение доходности портфеля (актива).



Бета-коэффициент актива – это показатель волатильности актива по отношению к рынку в целом (например, к индексу биржи). Коэффициент бета может рассчитываться не только для отдельной бумаги, но и для целого портфеля:

$$\beta = \frac{\text{cov}(r_i, r_m)}{\sigma_m^2},$$

где  $r_i$  – доходность  $i$ -го актива,

$r_m$  – рыночная доходность,

$\sigma_m^2$  – дисперсия рыночной доходности.





При создании ТС можно учитывать следующие параметры:

- возможность расширения и сокращения позиции;
- выбор типа и условий исполнения ордеров;
- расчёт размера (объёма) позиции;
- использование стоп-ордеров;
- размер исходного депозита;
- процентные ставки по свободным и заёмным средствам;
- лимиты для открытия и удержания длинных или коротких позиций;
- использование заёмных средств (кредитное плечо);
- комиссионный сбор (биржевой и брокерский);
- выбор цены и отсрочки исполнения ордера;
- эффект проскальзывания (недостающий объем приобретается по более высокой цене).



## Анализ эффективности торговых сигналов стратегии

Статистическое оценивание торговых стратегий предполагает поиск оптимального поведения кривой капитала (график изменения депозита) с учетом возможных убытков. Без статистически надежных исследований с учетом риска невозможно выбрать лучшую (единственную) среди конкурирующих стратегий, а также оценить, насколько результаты работы стратегии в будущем будут соответствовать историческим.

При проведении тестирования и оптимизации торговых стратегий необходимо уделять особое внимание эффективности торговых сигналов стратегии и управлению рисками. Эффективность сигналов определяется на основании эффективности входа и выхода в каждую отдельно взятую позицию.

## Анализ эффективности торговых сигналов стратегии

Эффективность сигнала на вход в позицию определим как

$$\mathfrak{E}_i^{entry} = (p_i^{max} - p_i^{entry}) / (p_i^{max} - p_i^{min}), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $p_i^{entry}$  – цена входа в позицию,  $p_i^{max}$  ( $p_i^{min}$ ) – максимальная (минимальная) цена, которая наблюдалась во время удержания позиции,  $n$  – общее количество сигналов.

Эффективность сигнала на выход из позиции определим как

$$\mathfrak{E}_i^{exit} = 1 + (p_i^{exit} - p_i^{max}) / (p_i^{max} - p_i^{min}), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $p_i^{exit}$  – цена выхода в позицию.



## Анализ эффективности торговых сигналов стратегии

Итоговую эффективность сигнала по отдельно взятой сделке определим как

$$\Theta_i = (p_i^{exit} - p_i^{entry}) / (p_i^{max} - p_i^{min}), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

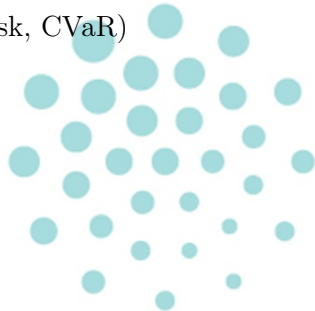
тогда эффективность торговых сигналов стратегии в целом будем определять как среднее значение среди эффективности сигналов всех сделок:

$$\Theta_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Theta_i.$$



Выделяют различные методы измерения рыночного риска:

- стоимость под риском (Value-at-Risk, VaR)
- условная стоимость под риском (Conditional Value-at-Risk, CVaR)
- текущие и зафиксированные убытки стратегии
- максимальная просадка (MaxDrawDown)
- коэффициент Рачева (Rachev ratio)



## Меры риска

$VaR(x)$  – стоимостная оценка риска, т. е. выраженная в денежных единицах величина возможных потерь  $X$  за определенный период времени, характеризующая заданной вероятностью:

$$\mathbf{P}(X \leq VaR_{\alpha}) = 1 - \alpha, \quad \alpha \in (0, 1).$$

$CVaR$  – величина условных ожидаемых потерь, которые могут произойти в  $(1 - \alpha) \cdot 100\%$  наихудших случаях реализации случайной величины  $X$ :

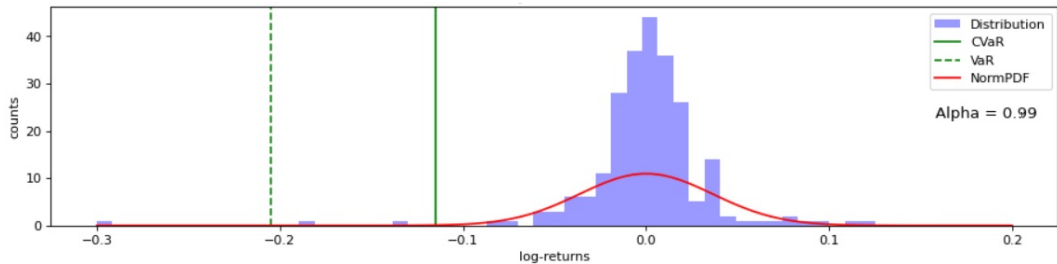
$$CVaR_{\alpha}(x) = \mathbf{E}[x | x \leq VaR_{\alpha}], \quad \alpha \in (0, 1).$$

Коэффициент Рачева – соотношение вознаграждения к риску

$$R-ratio = \frac{CVaR(\alpha)^+}{CVaR(\alpha)^-}$$

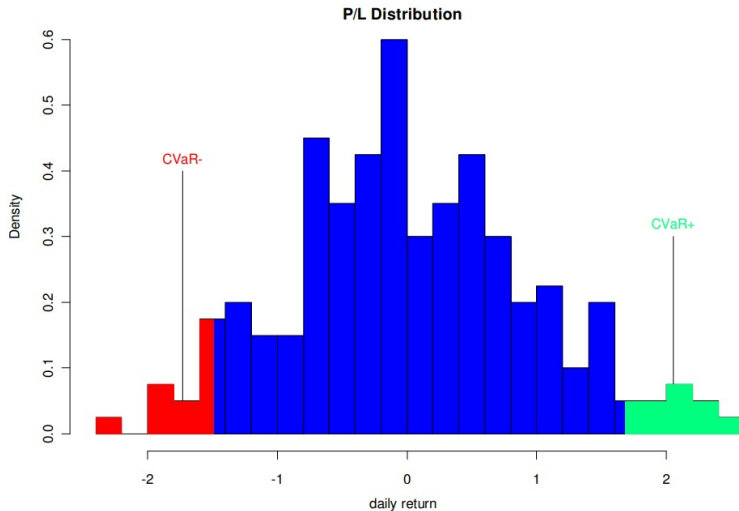
# Алгоритмическая торговая система, альфа

## Меры риска



# Алгоритмическая торговая система, альфа

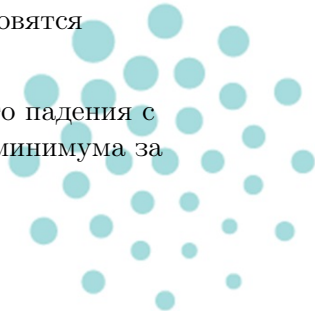
## Меры риска





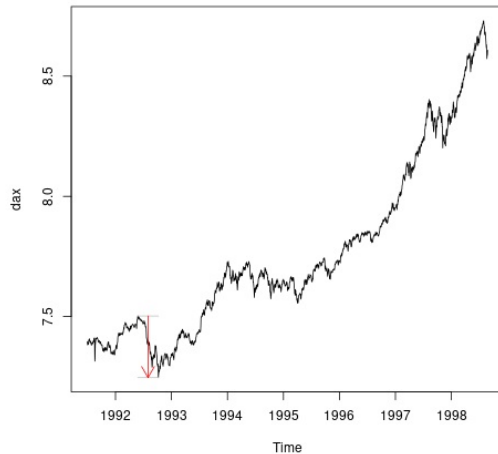
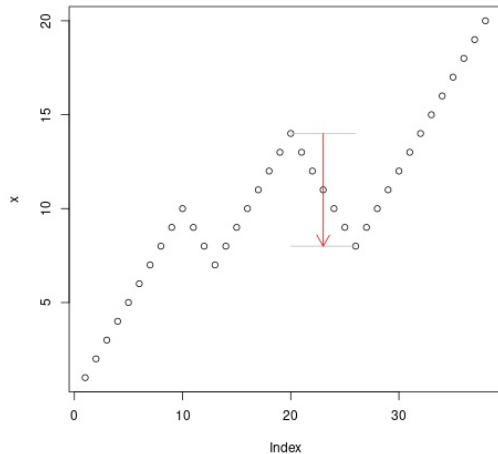
Под *текущими убытками стратегии* будем понимать уменьшение денежного баланса за счет убыточных позиций, открытых на данный момент времени. В момент закрытия убыточных позиций текущие убытки становятся *зафиксированными*.

Максимальная просадка (maxDrawdown) – мера наибольшего падения с локального максимума кривой капитала до его локального минимума за выбранный период времени (например, год).



# Алгоритмическая торговая система, альфа

## Меры риска



# Алгоритмическая торговая система, альфа

## Обратное тестирование

Для оценки качества торговой стратегии, применяется процедура *обратного тестирования* (*backtesting*). Стратегия пошагово применяется к историческим данным, после чего анализируются характеристики системы, полученные на исторических данных.

Для исторического тестирования используют [Tulchinsky, 2015]

- Метод Монте-Карло.
- Модели ценообразования (модель Блэка-Шоулза).
- Объясняющие (explanation) модели.

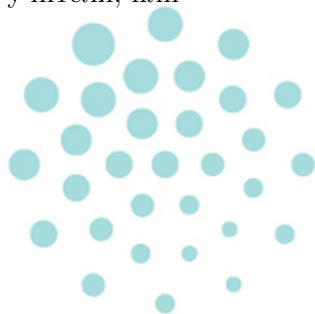
Ограничения и проблемы [Fang and Yan, 2019]

- **Переобучение.**
- **Ошибки в данных.**
- **Недостаточная ликвидность и спреды.**
- **Изменение рыночных условий.**
- **Ограничение по дробности финансовых инструментов.**



В литературе выделяют следующие типы машинного обучения [Wang et al., 2016]:

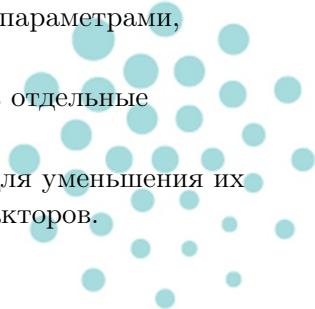
- обучение с учителем (supervised learning), обучение без учителя, или самообучение (unsupervised learning),
- обучение с подкреплением (reinforcement learning),
- частичное обучение (semi-supervised learning),
- динамическое обучение (online learning),
- активное обучение (active learning).



- **Задача классификации.** Предсказываемые классы: up (цена будет расти), down (цена будет падать). По инструментам с предсказанием up открывается длинная позиция (long), а по инструментам с предсказанием down – короткая позиция (short). В данном варианте остается открытым вопрос весов отдельных инструментов в портфеле.
- **Задача регрессии.** В данном варианте предсказывается доходность (а не цена) финансового инструмента. Полученная доходность может использоваться непосредственно в качестве веса инструмента в портфеле.
- **Задача прогнозирования.** Предсказание будущих значений временного ряда на основе его значений в прошлом, и, возможно, дополнительной информации (например, курс доллара).
- **Задача ранжирования** отличается тем, что ответы надо получить сразу на множестве объектов, после чего отсортировать их по значениям ответов. Может сводиться к задачам классификации или регрессии.

Алгоритмы обучения без учителя могут применяться для решения различных задач, включая:

- **Рекомендательные системы** – построение ассоциативных алгоритмов для поиска связей и взаимосвязей между данными или параметрами, которые часто встречаются вместе.
- **Кластеризация** – группировка объектов или данных в отдельные кластеры на основе их сходства или взаимосвязей.
- **Понижение размерности** – преобразование данных для уменьшения их размерности и выделения основных переменных или факторов.



Роль объектов играют пары «ситуация, принятое решение», ответами являются значения функционала качества, характеризующего правильность принятых решений (реакцию среды). Как и в задачах прогнозирования, здесь существенную роль играет фактор времени. Примеры прикладных задач: формирование инвестиционных стратегий, автоматическое управление технологическими процессами, самообучение роботов и т. д.



- **quantmod** – получение котировок из различных источников, а также для визуализации исходных финансовых временных рядов.
- **rusquant** – получение котировок российских брокеров (Финам, Тинькофф, Алор).
- **xts** – работа с временными рядами как объектами класса xts (eXtensible Time-Series).
- **TTR** – основные индикаторы для проведения технического анализа.
- **quantstrat** – тестирование торговых стратегий.
- **fPortfolio** – формирование портфелей ценных бумаг, вычисление характеристик портфеля (эффективная граница, меры риска и т. д.), анализ доходности портфельных инвестиций.
- **PortfolioAnalytics** – моделирование и визуализация решения задачи портфельного инвестирования.



# Интерфейсы для работы с временными рядами

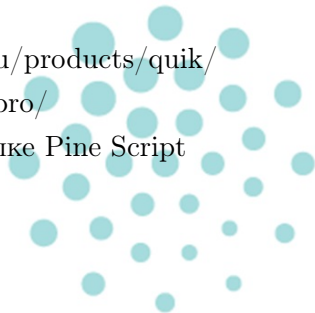
## Языки Python, C++

- **MOEX ISS API** – запросы к информационно-статистическому серверу Московской Биржи <https://wlm1ke.github.io/apimoeX>
- **Tinkoff Invest API** – интерфейс для взаимодействия с торговой платформой Тинькофф Инвестиции <https://github.com/Tinkoff/investAPI>
- **Cbonds API and Data Feed** – интерфейс взаимодействия с данными по облигациям, акциям, рейтингам, отчетности <https://cbonds.ru/api/>
- **Deribit API** – прикладной программный интерфейс биржи Deribit <https://docs.deribit.com/>
- **yfinance** – запросы к серверу Yahoo Finance <https://github.com/ranaroussi/yfinance>
- **Comon Trade API, Finam** – программный интерфейс для написания алгоритмов и создания торговых роботов (TRANSAQ) <https://www.finam.ru/landings/trade-api/>

# Специализированное программное обеспечение

## Языки Python, C++

- **TA-Lib** – технический анализ <https://github.com/TA-Lib/ta-lib-python>
- **Quantlib** – open-source C++ library for quantitative finance  
<https://www.quantlib.org/>
- **QUIK** – программный комплекс <https://arqatech.com/ru/products/quik/>
- **TSLab** – визуальная торговая среда <https://www.tslab.pro/>
- **TradingView** – веб-сервис с поддержкой скриптов на языке Pine Script  
<https://www.tradingview.com>



- Yahoo Finance (<http://finance.yahoo.com/>)
- Quandl (<http://www.quandl.com/>)
- Google Finance (<http://www.google.com/finance>)
- Federal Reserve Bank of St. Louis (<http://research.stlouisfed.org/fred2/>)
- NASDAQ (<https://data.nasdaq.com/>)
- Tushare Pro (<https://tushare.pro/>) – котировки рынка Китая



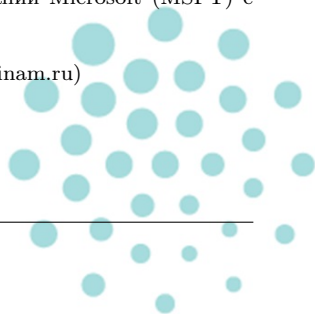
---

## Algorithm 1 Загрузка котировок, R

---

```
1: library(quantmod)
2: getSymbols("MSFT", src = "yahoo") # загрузки котировок акций компании Microsoft (MSFT) с
   сервера Yahoo Finance
3: getSymbols("MSFT", src = "FRED") # с сервера Federal Reserve Bank
4: # Загрузка котировок индекса РТС за последний год с сервера Финам (finam.ru)
5: library(rusquant)
6: getSymbols(paste0('SPFB.', RTS), src='Finam',
7: from= Sys.Date() - 365,
8: to= Sys.Date())
9: price = merge.zoo(SPFB.RTS[,4])
```

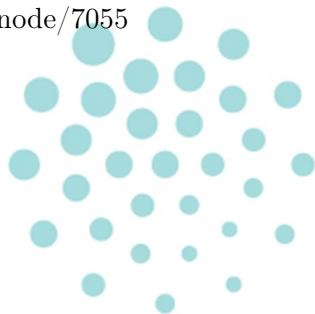
---



```
1 import apimox
2 import numpy as np
3 import pandas as pd
4 import requests
5
6 def obtain_data(ticker, start, end):
7     with requests.Session() as session:
8         data = apimox.get_market_candles(session, ticker, start = start, end = end)
9         df = pd.DataFrame(data)
10    return df
11
12 def prepare_data(df):
13    # time column is converted to "YYYY-mm-dd hh:mm:ss" ("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
14    df['Date'] = pd.to_datetime(df['begin'])
15    df.drop("begin", axis = 1, inplace = True) # drop unix time stamp
16    df = df.reset_index(drop=True)
17    return df
18
19 START_DATE = "2021-06-29"
20 END_DATE   = "2023-06-29"
21 INSTRUMENT = "SBER"
22
23 df = prepare_data(obtain_data(INSTRUMENT, START_DATE, END_DATE))
```

**Quant of the Year Award** – <https://www.pm-research.com/node/7055>

**Quant.Stackexchange** – <https://quant.stackexchange.com/>



1. Построить линейный график цен акций ПАО «Сбербанк» (SBER) за последний год, период – 1 день. Добавить простую (SMA) и экспоненциальную (ЕМА) скользящую среднюю с окном сглаживания  $n = 21$  день по ценам закрытия (Close). Установить зеленый цвет для SMA, красный – ЕМА. В качестве ответа привести таблицу с указанием дат пересечения индикаторов на графике. **Указание.** Использовать **arimoeх**.
2. Для временного ряда цен закрытия (Close) ПАО «Сбербанк» (SBER) построить технические индикаторы – индекс относительной силы RSI(14, 20, 80) и полосу Болинжера BB(21, 2). **Указание.** Использовать библиотеку TA-Lib.
3. Вычислить максимальную просадку (maxDrawDown) для цен закрытия (Close) ПАО «Сбербанк» (SBER).

- 4 Наложить на свечной график метки свечного паттерна Marubozu White/Back для цен акций Apple (AAPL) за последний год, период – 1 день. Сравнить с результатами на <https://www.tradingview.com/>. Провести моделирование и проварьировать  $\epsilon \in [0, 0.3]$  с шагом 0.05% от цены актива. Построить график, сделать выводы. **Указание.** Использовать **yfinance**.
- 5 Провести проверку гипотезы о нормальности распределения логарифмических доходностей для временного ряда котировок Apple (AAPL) и Сбербанк (SBER) за последние 5 лет для периодов: 1 неделя и 1 месяц. Уровень значимости 0,95. Сравнить результаты, сделать выводы. **Указание.** Использовать тест Шапиро-Уилка.



- 6 Вычислить  $VaR_\alpha$  и  $CVaR_\alpha$ ,  $\alpha = 0,01; 0,05; 0,95; 0,99$  для логарифмических доходностей акций ПАО «Газпром» (GAZP) за последний год, период – 1 день. Построить график плотности распределения логарифмических доходностей и отметить на них значения мер риска.
- 7 Построить линейную/нелинейную регрессию для временного ряда индекса Доу Джонса (DJIA) за последний год, период – 1 день. Проверить ее качество. Вычислить границы 0,95–доверительного интервала для уравнения регрессии и наложить их на график регрессии. Построить диагностические графики для регрессионной модели: а) Residuals vs Fitted, б) Normal Q-Q, в) Scale-Location, г) Residuals vs Leverage. Сравнить результаты и сделать выводы.

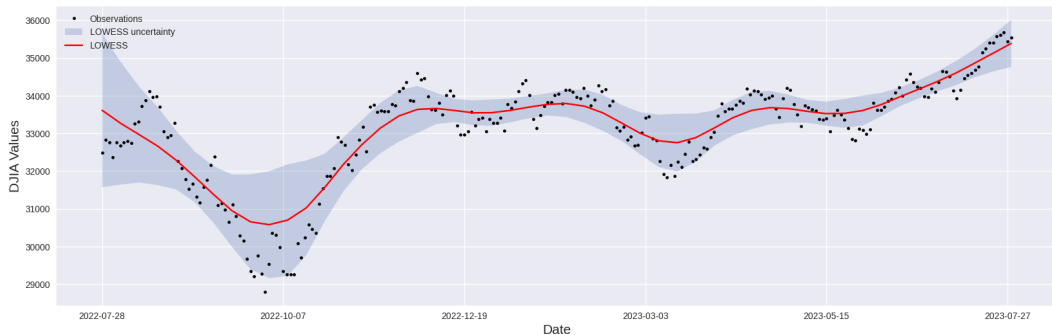









Figure 1 – Пример решения задачи с использованием локально взвешенного сглаживания диаграммы рассеяния (locally-weighted scatterplot smoothing)

-  Fang, Z. and Yan, P. (2019). Backtest–signal or overfitting? *Finding Alphas: A Quantitative Approach to Building Trading Strategies*, pages 69–76.
-  Hu, W., Si, Y.-W., Fong, S., and Lau, R. Y. K. (2019). A formal approach to candlestick pattern classification in financial time series. *Applied Soft Computing*, 84:105700.
-  Kakushadze, Z. (2016). 101 formulaic alphas. *Wilmott*, 2016(84):72–80.
-  Liang, M., Wu, S., Wang, X., and Chen, Q. (2022). A stock time series forecasting approach incorporating candlestick patterns and sequence similarity. *Expert Systems with Applications*, 205:117595.
-  Tulchinsky, I. (2015). *Finding alphas. A quantitative approach to building trading strategies*. Wiley.

-  Wang, J., Zhang, S., Xiao, Y., and Song, R. (2016). A review on graph neural network methods in financial applications. *Journal of Data Science*, 20(2):111–134.
-  Семенов, (2019). *Создание, тестирование и оптимизация торговых систем с использованием программы Metastock и языка R: учебное пособие.* ТПУ, Томск.

