

# **СИСТЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ**

Волков Г. В., 4 курс, кафедра системного программирования СПбГУ,  
grihanaft0510@gmail.com

Руководитель: Граничин О. Н., д.ф.-м.н., профессор кафедры  
системного программирования СПбГУ, o.granichin@spbu.ru

## **Аннотация**

В наши дни анализ финансовых рынков представляет из себя отдельную область математики. Предметом анализа является зависимость между статистическими показателями рынка и движением цен.

В статье рассматривается задача разработки прототипа системы, моделирующей работу инструментов анализа финансовых рынков для оценивания финансовых стратегий.

## **Введение**

Финансовый рынок — это рынок, на котором производится торговля ценными бумагами и производными инструментами, такими как фьючерсы, опционы. Анализом финансового рынка называют поиск зависимостей между факторами, влияющими на цену и её фактическим значением. Впоследствии, на основе этих зависимостей строится предположение о будущей цене.

Анализом рынка занимаются его участники: будь то профессиональный аналитик, или же частный инвестор. Для принятия решения о купле-продаже актива, как правило, применяются инструменты анализа. Инструменты анализа бывают двух типов: технические [3] и фундаментальные [2]. Инструменты первого типа используют прошлые значения цен, объемы торгов и другую статистическую информацию рынка. Фундаментальный анализ, в свою очередь, оценивает общее состояние финансово-экономических отраслей, инвестиционную привлекательность отдельных компаний, новостной фон.

Как правило, алгоритмы, основанные на техническом анализе, проверяются на исторических данных путём симуляции торговли. Однако, фундаментальный анализ гораздо сложнее формализовать, поэтому он верифицируется в реальных условиях. Существует множество систем,

позволяющих протестировать стратегию, использующую технический анализ, на исторических данных. Но при попытке протестировать собственный подход пользователи сталкиваются с ограничениями по способу реализации. Недостаток свободы в реализации алгоритмов технического анализа для их автоматизированного тестирования мотивировал автора работы на создание системы, решающей данную проблему.

## Цель работы

### *Постановка задачи*

Целью работы является создание прототипа программного комплекса для автоматического тестирования стратегий технического анализа на исторических данных.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Разработать требования к прототипу системы;
- Разработать архитектуру прототипа системы;
- Реализовать прототип системы;
- Реализовать инструменты технического анализа в рамках разработанной системы и оценить их эффективность;
- Применить алгоритм SPS [6] как инструмент технического анализа в разработанной системе и оценить его эффективность;

## Требования к прототипу системы

Ниже описаны требования к прототипу системы моделирования.

1. Добавление новых стратегий.  
Прототип системы должен быть реализован с возможностью добавления новых стратегий.
2. Учёт дополнительных параметров финансового рынка.  
Должны учитываться дополнительные параметры рынка. Такие, как комиссии и возможность маржинальной<sup>1</sup> торговли.

---

<sup>1</sup>Маржинальная торговля – проведение спекулятивных торговых операций с использованием денег, предоставляемых торговцу в кредит под залог оговоренной суммы – маржи

### 3. Оценка стратегий

Необходимо реализовать метрики, которые будут использоваться для формальной оценки работы стратегии по завершению симуляции торгов.

## Архитектура

В данной главе описана высокоуровневая архитектура прототипа.

### *Поставщик данных*

Задача поставщика данных в предоставлении информации, относящейся к конкретному финансовому активу. В качестве поставщика данных может использоваться любой источник структурированной информации об истории цен конкретного финансового инструмента. Под структурированной информацией подразумеваются японские свечи, которые следует рассматривать как набор следующих характеристик о дне торгов:

- Цена открытия (начальная цена торгов)
- Цена закрытия (цена последней сделки)
- Наибольшая цена (максимальная цена актива)
- Наименьшая цена (минимальная цена актива)
- Объём торгов (суммарное )

### *Индикатор*

Индикатором называется алгоритм, который по предоставленной поставщиком данных информации возвращает фиксированное количество чисел. Возвращаемые индикатором значения впоследствии используются для принятия решения о торговле.

### *Стратегия*

Результатом работы стратегии является один из следующих сигналов:

- Покупать
- Ничего не делать
- Продавать

Как правило, стратегии пользуются результатом одного или нескольких индикаторов, на основе которых и делается решение о подаваемом сигнале.

## *Портфолио*

Портфолио аккумулирует в себе стратегии и финансовые активы, к которым применяется та или иная стратегия. Задача портфолио заключается в том, чтобы по результатам стратегий сформировать запрос на покупку или продажу конкретных активов.

## *Аккаунт*

В прототипе системы аккаунт является абстракцией пользователя, который занимается открытием и закрытием позиций по каким-либо финансовым инструментам.

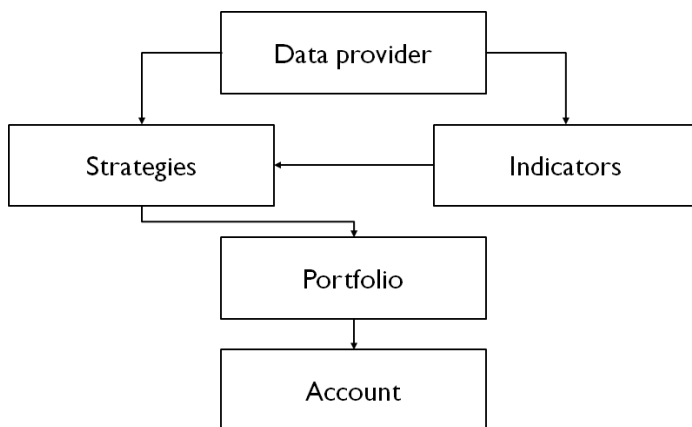


Рис. 1: Высокоуровневая архитектура

## Эффективность работы стратегий

Для оценки эффективности работы стратегий были использованы следующие метрики:

- Доходность  
Соотношение общей чистой прибыли и начального депозита;
- Волатильность  
Стандартное отклонение ежедневной доходности вложенного актива;
- Максимальная просадка  
Максимальная разница между двумя значениями остатка средств, идущих подряд;
- Ожидаемый выигрыш  
Средняя доходность одной позиции;

## Реализация

В качестве языка программирования был выбран Python3 и следующие библиотеки:

- Plotly – интерактивная графическая библиотека, используемая для визуализации значений индикаторов и сигналов, подаваемых стратегиями;
- pandas – библиотека для обработки данных о рынке;
- sqlite3 – DB-API модуль для работы с SQLite базами данных;

## Реализованные алгоритмы анализа

В ходе апробации были реализованы следующие индикаторы в рамках системы:

- Средний истинный диапазон [5];
- Линии Боллинджера [1];
- Простое скользящее среднее;

- Экспоненциальное скользящее среднее;
- Индекс относительной силы [7];
- Средняя волатильность;

Также были реализованы следующие стратегии:

## 1. Bollinger Bands crossing

Стратегия использует средний истинный диапазон и Линии Боллинджера и имеет следующие параметры:

- Период Линий Боллинджера;
- Период среднего истинного диапазона;
- Процент истинного диапазона для размещения запроса на сделку;

Для заключения сделки используется процент среднего истинного диапазона как пороговое значение. Стратегия основана на следующих правилах:

- Если цена открытия ниже нижней Линии Боллинджера на величину, больше или равную пороговому значению, подаётся сигнал на покупку;
- Если цена открытия выше верхней Линии Боллинджера на величину, больше или равную пороговому значению, подаётся сигнал на продажу;

## 2. MA crossing [4]

Классическая стратегия, основанная на разности между двумя простыми скользящими средними с разными периодами.

Стратегия имеет следующие параметры:

- Малый период скользящей средней;
- Простой период скользящей средней;
- Процент средней волатильности для размещения запроса на сделку;

Определим направление, как разность между скользящей средней с малым периодом и скользящей средней с большим периодом. При этом направление может получиться как положительным, так и отрицательным.

Стратегия основана на следующих правилах:

- Если направление положительно и его абсолютное значение больше средней волатильности, умноженной на заранее известный процент, то подаётся сигнал на покупку;
- Если направление положительно и его абсолютное значение больше средней волатильности, умноженной на заранее известный процент, то подаётся сигнал на продажу;

### *Sign-Perturbed Sums*

Sign-Perturbed Sums (SPS) [6] – алгоритм построения доверительных интервалов для неизвестных параметров линейных систем при слабых статистических допущениях.

Данный алгоритм было предложено использовать в качестве индикатора и исследовать зависимость тренда от полученного доверительного интервала для коэффициента прямой, описывающей этот тренд. На Рис.2 представлен результат работы SPS. Доверительный интервал строится на основе доверительного интервала для тренда.

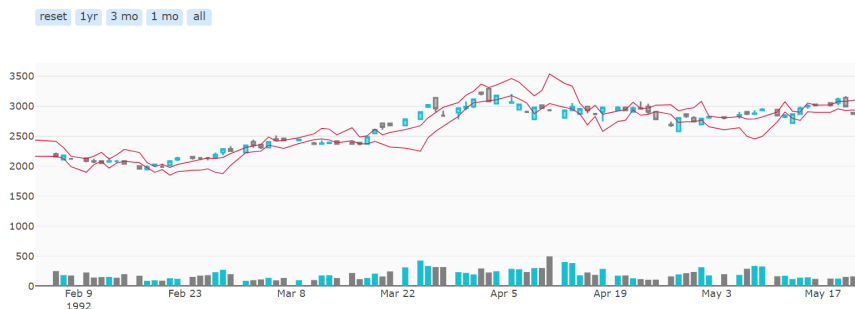


Рис. 2: Доверительные интервалы, построенные с помощью SPS

Можно заметить на графике участки выхода цен за доверительный интервал. Это свидетельствует о смене тренда в ту или иную сторону. Также SPS позволяет довольно рано детектировать смену тренда, что может быть использовано в стратегии.

На основе SPS была реализована стратегия со следующими правилами:

- Если тренд меняется на восходящий, то подаётся сигнал на покупку
- Если тренд меняется на нисходящий, то подаётся сигнал на продажу

## Сравнение с другими подходами

Из реализованных стратегий были выбраны Bollinger Bands crossing и SPS для сравнения результатов симуляции. Перед запуском симуляции были подобраны оптимальные параметры для используемого финансового инструмента. В Таблице 1 представлены результаты симуляции торгов.

Метрика	SPS	Bollinger Bands crossing
Доходность (%)	36.00	8.50
Волатильность (%)	30.42	25.93
Максимальная просадка (%)	23.05	40.97
Ожидаемый выигрыш (%)	2.04	3.40

Таблица 1: Результаты работы Bollinger Bands crossing и SPS

Как видно по результатам симуляции, SPS показал более хорошие результаты, нежели Bollinger Bands crossing. Более высокий ожидаемый выигрыш второго подхода, при более низкой доходности свидетельствует о том, что стратегия SPS совершает большее количество сделок. Более высокая волатильность также является результатом большего количества сделок.

## Заключение

Реализованный прототип системы моделирования работы инструментов технического анализа и результаты, полученные при симуляции стратегии, основанной на алгоритме SPS, создают фундамент для дальнейших исследований в этой области. Предметом исследования может являться как сам прототип, так и применение SPS в комбинации с существующими подходами в данной предметной области.

## Литература

- [1] Bollinger Bands technical tool explanation  
<https://www.bollingerbands.com/bollinger-bands>
- [2] Benjamin Graham, David Dodd Security Analysis: Sixth Edition, Foreword by Warren Buffett – 2008.



- [3] Pring Martin J. Technical Analysis Explained: The Successful Investor's Guide to Spotting Investment Trends and Turning Points. — 1980.
- [4] How to Use a Moving Average to Buy Stocks  
<https://www.investopedia.com/articles/active-trading/052014/how-use-moving-average-buy-stocks.asp>
- [5] Average True Range – ATR Definition  
<https://www.investopedia.com/terms/a/atr.asp>
- [6] Balázs Cs. Csáji, Marco C. Campi, Erik Weyer, Sign-Perturbed Sums: A New System Identification Approach for Constructing Exact Non-Asymptotic Confidence Regions in Linear Regression Models
- [7] Relative Strength Index - RSI Definition  
<https://www.investopedia.com/terms/r/rsi.asp>