

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики

**Индикатор ROC и его сплайн-интерполяция**

**в техническом анализе рынка ценных бумаг**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 441 группы

направления 09.03.03 — Прикладная информатика

механико-математического факультета

Федоровой Марии Александровны

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н., доцент

А.Ю. Трынин

Заведующий кафедрой

зав. кафедрой, д.ф.-м.н., доцент

В.С. Рыхлов

Саратов 2026

**Введение.** Данная выпускная квалификационная работа предназначена для проведения аналитического эксперимента по оценке эффективности использования сплайн-аппроксимации в анализе индикатора ROC (Rate of Change) на реальных рыночных данных. В основе проекта лежит применение библиотек для обработки и анализа данных, таких как `numpy`, `pandas`, `yfinance` и вспомогательных инструментов для интерполяции и визуализации, включая `scipy.interpolate` и `matplotlib.pyplot`.

Главная идея эксперимента — сравнить поведение и эффективность стандартного индикатора ROC и его варианта с применением сплайн-аппроксимации. Сглаживание кривых с помощью сплайнов помогает снизить шумовые помехи и повысить точность выявляемых торговых сигналов. В ходе анализа осуществляются вычисления показателей, таких как уровни для входа и выхода из сделки, а также учёт комиссий и минимальной прибыльности, необходимой для признания сделки успешной.

Процесс работы включает в себя загрузку исторических данных по выбранному активу, вычисление индикатора ROC, его сглаживание методом сплайн-аппроксимации, генерацию торговых сигналов и оценку их эффективности. В результате получается сводная статистика, включающая процент успешных сделок, общую прибыльность и иные метрики, что позволяет оценить потенциал стратегии в реальных условиях.

Данный инструмент ориентирован на трейдеров, аналитиков и исследователей, занимающихся автоматизацией торговых стратегий и численным моделированием. Он предоставляет возможность экспериментировать с параметрами, анализировать качество сигналов и принимать обоснованные решения по разработке и оптимизации торговых систем.

Работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемых источников и приложений А, В с результатами проведённых экспериментов и кодом реализации программы.

**Первый раздел** посвящён рассмотрению технического анализа как инструмента прогнозирования тренда рынка ценных бумаг.

Индикатор ROC (Rate of Change) представляет собой инструмент, позволяющий трейдерам оценивать темпы изменения цен актива за определенный временной интервал. Его формула представлена в выражении (1):

$$ROC = \frac{P_n}{P_t} \times 100 - 100, \quad (1)$$

где  $P_n$  обозначает текущую цену актива, а  $P_t$  — цену актива  $t$  дней назад.

Индикатор ROC дает возможность понять, как цена изменялась по сравнению с предыдущими значениями, что делает его полезным для определения трендов на рынке. Наиболее распространенный период для анализа — 21 день, но трейдеры могут адаптировать этот период под свои торговые стратегии.

Основные индикаторы тренда, такие как ROC, заслуживают внимания не только в трейдинге, но и в других областях, включая медицину, где их используют для диагностики и анализа сигналов. Значение ROC может быть интерпретировано для определения направленности рынка: положительные значения ROC и углы наклона линий от 0 до 90 градусов могут свидетельствовать о росте, в то время как отрицательные значения и углы от 90 до 180 градусов сигнализируют о возможном снижении цен.

Применение сплайн-интерполяции для значений индикатора ROC может обеспечивать более плавные и непрерывные представления данных, что может быть особенно полезно для выявления краткосрочных и долгосрочных трендов. Этот метод позволяет снизить влияние выбросов и колебаний, позволяя трейдерам лучше оценивать рынок и принимать более обоснованные решения.

Сплайн-интерполяция находит широкое применение в различных сферах, включая финансовый анализ и трейдинг. Этот метод заключается в построении гладкой функции, которая проходит через заданные точки (узлы) и позволяет эффективно аппроксимировать данные. Одним из основных преимуществ сплайнов является их способность минимизировать осцилляции и обеспечивать гладкость интерполяции, что особенно актуально в условиях изменения временных рядов финансовых индикаторов.

Сплайн-функции, особенно кубические, опираются на математические концепции, считающиеся оптимальными для интерполяции. Основная идея заключается в том, что функция интерполируется по кускам, каждый из которых представляется полиномом низкой степени. Это позволяет избежать

чрезмерной флуктуации между узлами, что бывает характерно для более простых подходов к интерполяции, таких как линейные или полиномиальные функции высокого порядка.

Процесс создания кубического сплайна сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений с трёхдиагональной матрицей, что обеспечивает быстроту вычислений и эффективность при обработке данных в реальном времени. Это важно для трейдеров, которым необходимо быстро реагировать на изменения рыночной ситуации.

Сплайны не только облегчают интерполяцию данных, но и позволяют создавать более сложные модели, которые могут учитывать множество факторов, влияющих на динамику рынка. Однако для достижения наилучших результатов необходима правильная настройка параметров сплайна и учёт специфики данных. В частности, при анализе индикатора ROC желательно оптимально подбирать точки узлов, чтобы обеспечить необходимость как можно более точного отслеживания колебаний цен.

Таким образом, сплайн-интерполяция представляет собой мощный инструмент для анализа и прогнозирования временных рядов, позволяя трейдерам лучше понимать рыночные динамики и принимать более обоснованные решения.

Во **втором разделе** были рассмотрены основные виды и свойства сплайнов, а также основные характеристики сплайнов. Был проведён анализ различных видов сплайнов, включая линейные, квадратичные, кубические и аппроксимирующие сплайны. Установлено, что кубические сплайны обеспечивают оптимальное сочетание гладкости и вычислительной эффективности, что делает их наиболее подходящими для анализа финансовых временных рядов.

Сплайны — кусочно-гладкие функции, широко применяемые для аппроксимации и интерполяции данных в различных областях компьютерной графики, моделирования и численных методов. Благодаря своим особенностям, сплайны позволяют создавать гладкие, управляемые и точные кривые и поверхности.

Основными свойствами сплайнов являются:

1. **Линейность.** Сплайны являются линейными по своим коэффициентам, что означает, что сумма двух сплайнов или умножение сплайна на константу дает результат того же типа. Это обеспечивает возможность удобного анализа и построения сложных кривых из базовых компонентов.

2. **Гладкость.** Одним из ключевых свойств сплайнов является их гладкость. Кубические сплайны обеспечивают непрерывность функции и её первых двух производных, что делает кривую очень плавной.

3. **Локальность.** Сплайны обычно обладают свойством локальной поддержки: изменение одного узла влияет только на небольшой участок кривой. Это позволяет редактировать один сегмент кривой без воздействия на всю остальную часть.

4. **Точность интерполяции и аппроксимации.** Сплайны способны точно проходить через заданные точки (интерполяция), что важно для восстановления формы по исходным данным, а также могут аппроксимировать множество точек, минимизируя ошибку.

В зависимости от степени полинома и способа построения выделяют следующие виды сплайнов:

- **Линейные сплайны** обеспечивают кусочно-линейную аппроксимацию, просты в реализации, но имеют низкую гладкость, поэтому обычно применяются для быстрых визуализаций.
- **Кубические сплайны** являются самым распространенным типом, обеспечивающим высокую гладкость с непрерывностью первых и вторых производных.
- **Квадратичные сплайны** обладают меньшей гладкостью по сравнению с кубическими, но часто проще в реализации и требуют меньше вычислительных ресурсов.
- **Аппроксимирующие сплайны** не обязательно проходят через все точки, а стремятся минимизировать ошибку между кривой и набором данных. Эти сплайны полезны при наличии шума в данных и необходимости сглаживания.

**Третий раздел** посвящён организации численного эксперимента эффективности прогноза тренда котировок акций с помощью сплайн-интерполяции и основным этапам реализации исследования. Данный эксперимент включа-

ет последовательность этапов, направленных на оценку влияния применения сплайн-интерполяции для сглаживания индикатора и определения возможных торговых сигналов.

Процесс загрузки и подготовки данных включает следующие шаги:

1. Использование API `yfinance` для загрузки исторических данных по выбранной акции за определённый период.
2. Выделение данных по ценам закрытия (`Close`) — базового показателя для дальнейшего анализа.
3. Обработка пропусков, ошибок загрузки и форматирование данных в структуру `pandas DataFrame`.
4. Проверка целостности данных и их достаточности для расчетов.

Расчет индикатора ROC производится по формуле (2):

$$ROC(t) = \frac{Close_t - Close_{t-n}}{Close_{t-n}} \times 100\%, \quad (2)$$

где  $n$  — количество периодов для определения относительного изменения.

После вычисления проводится последовательная обработка всего ряда данных, проверка наличия достаточного количества элементов и визуализация полученного индикатора для предварительного анализа.

Построение сглаженной кривой включает следующие этапы:

1. Определение узлов интерполяции — исходных точек времени и соответствующих значений индикатора.
2. Использование функции `scipy.interpolate.splrep` для определения параметров сплайн-аппроксимации.
3. Восстановление сглаженной кривой через функцию `scipy.interpolate.splev`.
4. Настройка параметров сплайна для достижения оптимального сглаживания.

Генерация торговых сигналов на основе сглаженного индикатора производится следующим образом:

1. Установка уровней триггеров (пересечение  $-5\%$  и  $+5\%$ ) для выявления потенциальных моментов входа и выхода.
2. Вычисление разности между сглаженным индикатором и уровнями.

3. Определение точек пересечения границ — сигналов на покупку и продажу.
4. Разработка алгоритма входа и выхода из сделок по сигналам.
5. Ведение журнала сделок с фиксацией цен входа и выхода, даты и результата.

Оценка эффективности торговой стратегии включает:

1. Расчет прибыли и убытков по каждой сделке с учетом торговых комиссий.
2. Подсчет общего количества сделок, процента успешных, средней прибыли.
3. Анализ коэффициентов эффективности.
4. Сравнение результатов с использованием исходных и сглаженных индикаторов.

В **четвёртом разделе** была проведена статистическая обработка результатов экспериментов, описаны основные показатели и их значение, выполнен дополнительный анализ результатов, а также рассмотрены вопросы статистической значимости и риск-менеджмента.

В таблице 4.1 представлены основные показатели, используемые для оценки эффективности стратегии.

Таблица 1 — Основные показатели эффективности стратегии

<b>Показатель</b>	<b>Описание</b>
Общее число сделок (total_trades)	Общее количество сделок, инициированных стратегией за весь анализируемый период
Число успешных сделок (successful_trades)	Количество сделок, которые принесли прибыль выше выбранного порога (более 2%)
Уровень успеха (success_rate)	Доля успешных сделок от общего числа, выраженная в процентах
Средняя прибыль на сделку (avg_profit)	Средний процент дохода по всем сделкам, включая прибыльные и убыточные
Общая прибыль (total_profit)	Итоговое суммарное отношение доходов всех сделок за весь тестовый период

Уровень успеха рассчитывается по формуле (3):

$$\text{Success rate} = \frac{\text{число успешных сделок}}{\text{общее число сделок}} \times 100\% \quad (3)$$

Полученные метрики должны интерпретироваться в совокупности. Если `success_rate` высок, а `avg_profit` при этом также положительный, то стратегия может быть реально прибыльной. Если `success_rate` низкий, а средняя прибыль положительна — это может указывать на то, что прибыльные сделки крупнее убыточных. Высокая активность при низкой доходности зачастую связана с переусложнением стратегии или чрезмерным торможением рынка.

Также стоит учитывать риск-менеджмент: даже при высокой эффективности стратегия должна иметь механизмы ограничения убытков, чтобы избежать крупных просадок.

В **пятом разделе** представлена интерпретация результатов проведённых экспериментов и выполнен анализ эффективности применения сплайн-аппроксимации индикатора ROC. Были рассмотрены основные показатели прибыльности и успешности торговой стратегии, проведена оценка точности торговых сигналов и степени влияния сглаживания на снижение количества ложных сигналов.

Анализ полученных результатов позволяет выделить следующие ключевые метрики:

- Общее количество сделок говорит о степени активности стратегии. Высокий показатель свидетельствует о частых торговых операциях.
- Количество успешных сделок показывает число сделок с положительным результатом, что важно для оценки точности прогноза.
- Процент успешных сделок показывает долю прибыльных операций. Значение выше 50% обычно считается хорошим показателем.
- Средняя прибыль демонстрирует средний доход или убыток на сделку.

Если `success_rate` и `avg_profit` выше 50%, стратегия демонстрирует потенциал для использования на реальных рынках. В случае, когда число сделок велико, необходимо оценить промежуточную прибыльность и риски, связанные с частой торговлей.

Использование сплайнов помогает сгладить показатели индикатора ROC, снижая количество ложных сигналов за счет подавления рыночного шума.

Хорошим результатом является наличие высокой корреляции между сигналами и движением цен.

Положительные значения показателей средней прибыли и процента успешных сделок подтверждают перспективность применения методов сплайн-интерполяции в задачах технического анализа и автоматизированной торговли.

**Шестой раздел** содержит поблочное описание разработанного программного кода. Эксперимент проводится на исторических данных фондового рынка с последующей генерацией торговых сигналов, оценкой успешности сделок и визуализацией результатов. Рассмотрены основные этапы реализации системы:

- загрузка и обработка исторических рыночных данных;
- вычисление индикатора ROC;
- реализация сплайн-аппроксимации;
- генерация торговых сигналов;
- оценка эффективности торговых операций;
- визуализация результатов эксперимента.

Разработанная программная система реализована на языке Python с использованием объектно-ориентированного подхода. Разработанная программная реализация обеспечивает полный цикл исследования эффективности сплайн-аппроксимации индикатора ROC на реальных финансовых данных и позволяет оценить влияние методов сглаживания на качество торговых решений.

**Заключение.** В данной дипломной работе представлен комплексный анализ эффективности использования метода сплайн-аппроксимации для сглаживания индикатора ROC в торговых стратегиях на реальных рыночных данных. Разработанный программный инструмент позволяет загрузить исторические котировки, вычислить индикатор ROC, применить сплайн-аппроксимацию для сглаживания, а также определить торговые сигналы и оценить их успешность с учетом комиссий и минимальной прибыли.

Основные выводы по эксперименту следующие:

1. Метод сплайн-аппроксимации существенно влияет на качество сигналов, сглаживая случайные колебания и повышая стабильность торговых решений.
2. Сравнение результативности торговых стратегий на исходных и сглаженных данных показывает, что используемый подход способен повысить точность прогнозирования разворотов рынка.
3. Экспериментальные показатели по прибыльности, успешным сделкам и коэффициентам эффективности подтверждают потенциальную выгоду внедрения метода в автоматизированные торговые системы.

Данное исследование является шагом к более точному и устойчивому анализу рыночных индикаторов и демонстрирует, что использование сплайн-аппроксимации — перспективный инструмент для повышения эффективности торговых стратегий на финансовых рынках.