

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики

Технический анализ в трейдинге с помощью сплайн-интерполяции

индикатора Экспоненциальное скользящее среднее

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 451 группы

направления 38.03.05 — Бизнес-информатика

механико-математического факультета

Каменского Даниила Юрьевича

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. Современные финансовые рынки характеризуются высокой степенью неопределённости, волатильностью и сложной структурой ценовых процессов. В условиях быстрого изменения рыночной конъюнктуры особую значимость приобретает задача анализа и прогнозирования динамики цен финансовых инструментов.

Одним из ключевых направлений анализа является технический анализ, основанный на изучении исторических данных о цене и объёмах торгов. В рамках технического анализа широко применяются различные индикаторы, позволяющие выявлять тренды и формировать торговые сигналы. Современные исследования финансовых рынков тесно связаны с гипотезой эффективного рынка, согласно которой цены финансовых активов отражают всю доступную информацию. Однако на практике наблюдаются отклонения от данной гипотезы, что позволяет использовать методы технического анализа для выявления закономерностей в поведении цен.

В последние годы значительное развитие получила алгоритмическая торговля, основанная на автоматизированных системах принятия решений. В таких системах особую роль играют методы математической обработки временных рядов, позволяющие повысить устойчивость и точность торговых сигналов.

В этой связи актуальным является использование методов сглаживания и аппроксимации, направленных на уменьшение влияния случайных колебаний цены. Одним из таких методов является сплайн-интерполяция, позволяющая представить дискретные данные в виде гладкой функции.

Особое место среди таких индикаторов занимает экспоненциальное скользящее среднее (ЕМА), которое отличается повышенной чувствительностью к последним изменениям цены и широко используется в практической торговле. В современных условиях актуальной является задача не замены классических индикаторов, а повышения качества их аналитического представления. Одним из перспективных подходов является использование методов математической интерполяции.

Сплайн-интерполяция представляет собой эффективный инструмент аппроксимации функций, позволяющий перейти от дискретного представления данных к непрерывному. Применение данного метода к ЕМА позволяет

рассматривать индикатор как гладкую функцию, что расширяет возможности анализа.

Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования методов технического анализа путём применения математических методов обработки временных рядов.

Цель работы-исследовать эффективность применения сплайн- интерполяции к индикатору ЕМА для улучшения качества торговых сигналов

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- анализ методов технического анализа;
- исследование ЕМА;
- изучение сплайнов;
- разработка алгоритма;
- реализация модели;
- анализ результатов.

Объект исследования: Процесс технического анализа ценовых временных рядов финансовых инструментов, в частности акций, с использованием индикаторов, таких как экспоненциальное скользящее среднее (ЕМА).

Основное содержание работы. Работа состоит из введения, 5 разделов, заключения Работа включает в себя следующие 5 разделов:

- Технический анализ как инструмент прогнозирования;
- Теория сплайн-интерполяции;
- Реализация;
- Анализ результатов экспериментов;
- Интерпретация результатов;

В **первом** разделе рассматриваются теоретические основы технического анализа финансовых рынков. Описаны основные подходы к анализу ценовых временных рядов, включая:

- индикаторный анализ;
- осцилляторы;
- анализ объёмов;

Особое внимание уделено трендовым индикаторам, среди которых важное место занимают скользящие средние.

Рассмотрены основные виды скользящих средних:

простая (SMA); экспоненциальная (EMA); взвешенная (WMA).

Показано, что EMA обладает преимуществами по скорости реакции на изменения цены, однако остаётся подверженной запаздыванию сигналов. Экспоненциальное скользящее среднее рассчитывается рекурсивно, при этом больший вес придаётся последним значениям цены. Это позволяет индикатору быстрее реагировать на изменения рыночной ситуации по сравнению с простым скользящим средним.

Коэффициент сглаживания определяется через выбранный период усреднения и оказывает существенное влияние на поведение индикатора: при малых значениях периода EMA становится более чувствительным, при больших — более сглаженным.

Однако высокая чувствительность EMA приводит к увеличению количества ложных сигналов в условиях отсутствия выраженного тренда. В боковом рынке цена может многократно пересекать линию индикатора, что снижает практическую ценность сигналов и требует дополнительной фильтрации.

Экспоненциальное скользящее среднее широко применяется не только в классическом техническом анализе, но и в современных алгоритмических торговых системах. Его популярность обусловлена относительной простотой вычисления и возможностью оперативного реагирования на изменение рыночной ситуации. В отличие от простого скользящего среднего, EMA учитывает динамику последних цен более интенсивно, что особенно важно в условиях высокой волатильности финансовых рынков.

Следует отметить, что эффективность EMA существенно зависит от выбора периода усреднения. Краткосрочные EMA позволяют быстрее реагировать на изменения тренда, однако становятся более чувствительными к рыночному шуму. Долгосрочные EMA, напротив, обеспечивают более стабильное сглаживание, но увеличивают задержку сигналов. Таким образом, возникает необходимость поиска методов, позволяющих сохранить чувствительность индикатора при одновременном снижении количества ложных пересечений.

Одним из способов решения данной проблемы является использование математических методов аппроксимации и сглаживания временных рядов. Применение сплайн-интерполяции позволяет представить значения EMA в

виде гладкой непрерывной функции, что делает анализ поведения индикатора более устойчивым и наглядным.

Также в главе описаны методы формирования торговых сигналов на основе пересечения цены и индикатора, которые используются в дальнейшем исследовании.

Во **втором** разделе рассматриваются методы интерполяции функций и временных рядов.

Проанализированы основные методы:

- линейная интерполяция;
- полиномиальная интерполяция;
- сплайн-интерполяция.

Показано, что полиномиальная интерполяция высокого порядка может приводить к эффекту Рунге, что делает её менее пригодной для анализа финансовых данных.

Особое внимание уделено кубическим сплайнам, которые обладают следующими свойствами:

- непрерывность функции;
- непрерывность первой и второй производных;
- отсутствие резких колебаний;
- высокая точность аппроксимации.

В отличие от глобальных методов аппроксимации, сплайны строятся локально на каждом интервале между узловыми точками. Это позволяет избежать эффекта сильных колебаний функции, характерного для полиномов высокой степени.

Кубические сплайны обеспечивают оптимальный баланс между точностью аппроксимации и вычислительной сложностью. Их применение особенно эффективно при работе с данными, содержащими шум, что характерно для финансовых временных рядов.

Использование сплайнов в сочетании с техническими индикаторами позволяет улучшить интерпретацию сигналов и повысить устойчивость анализа. Рассмотрен математический аппарат построения сплайнов, включая систему уравнений для определения коэффициентов.

Показано, что сплайн-интерполяция является эффективным инструментом для сглаживания и анализа временных рядов. Дополнительным преимуществом кубических сплайнов является их высокая устойчивость к локальным выбросам данных. Финансовые временные ряды характеризуются значительным уровнем шума, вызванного случайными рыночными колебаниями, новостным фоном и спекулятивной активностью участников рынка. В таких условиях использование классических методов аппроксимации может приводить к появлению нестабильных результатов.

Сплайн-интерполяция позволяет сгладить локальные колебания без существенной потери информации о глобальном направлении тренда. Благодаря этому улучшается визуальное восприятие индикатора и повышается качество формируемых торговых сигналов.

Кроме того, использование непрерывной функции открывает возможности для дальнейшего математического анализа. В частности, появляется возможность исследования производных функции, анализа скорости изменения тренда и оценки кривизны временного ряда. Подобные методы могут быть использованы при создании более сложных систем прогнозирования финансовых рынков.

В **третьем** разделе описана практическая реализация исследования.

В качестве исходных данных использовались исторические котировки акций Apple за период 2020–2025 гг.

Реализованы следующие этапы:

- Загрузка данных с использованием библиотеки `yfinance`;
- Расчёт ЕМА;
- Построение сплайн-интерполяции;
- Генерация торговых сигналов;
- Проведение `backtesting`.

Алгоритм генерации сигналов основан на пересечении цены и индикатора:

- сигнал покупки — пересечение снизу вверх;
- сигнал продажи — пересечение сверху вниз.

Каждый этап реализации был выполнен с использованием современных библиотек языка Python, что обеспечило гибкость и воспроизводимость результа-

тов. В частности, библиотека `pandas` использовалась для обработки временных рядов, а `scipy` — для построения сплайн-интерполяции.

При генерации торговых сигналов учитывалось не только само пересечение цены и индикатора, но и направление движения, что позволило исключить часть ложных сигналов.

Особое внимание было уделено выбору параметров модели, таких как период ЕМА и шаг интерполяции. Эти параметры оказывают существенное влияние на итоговые результаты и требуют настройки в зависимости от характера анализируемого рынка. Также реализована модель оценки сигналов, основанная на анализе их успешности на различных горизонтах прогнозирования (5, 10, 20 дней).

Проведение `backtesting` является важным этапом исследования, поскольку позволяет оценить работоспособность разработанного подхода на исторических данных. В ходе тестирования анализировались торговые сигналы, возникающие при пересечении цены и индикатора. Для каждого сигнала определялось последующее направление движения цены на выбранном временном горизонте.

Использование исторических котировок акций Apple обусловлено высокой ликвидностью данного финансового инструмента и значительным объёмом рыночных данных. Кроме того, акции компании Apple характеризуются достаточно выраженными трендовыми движениями, что делает их удобным объектом для исследования методов технического анализа.

В процессе тестирования проводилось сравнение результатов классического ЕМА и ЕМА со сплайн-интерполяцией. Это позволило оценить влияние сглаживания на качество торговых сигналов и определить практическую целесообразность предложенного подхода.

В **четвёртом** разделе проведена статистическая обработка результатов.

Использованы следующие метрики:

- количество сигналов;
- количество успешных сигналов;
- доля успешных сигналов;
- количество ложных сигналов.

Дополнительно проводился анализ распределения сигналов во времени, что позволило выявить периоды повышенной и пониженной эффективности модели. Было установлено, что в периоды высокой волатильности преимущества сплайн-интерполяции проявляются наиболее явно.

Также рассматривалась стабильность результатов при изменении параметров модели. Полученные данные показали, что сплайн-ЕМА демонстрирует более устойчивое поведение по сравнению с классическим ЕМА.

Важно отметить, что улучшение качества сигналов достигается без существенного увеличения вычислительных затрат, что делает предложенный подход пригодным для использования в реальных торговых системах. Проведено сравнение двух подходов:

- классического ЕМА;
- сплайн-интерполированного ЕМА.

Анализ показал, что использование сплайн-интерполяции:

- снижает уровень шумов;
- делает сигналы более устойчивыми;
- повышает точность определения точек пересечения.

В ряде случаев наблюдается увеличение вероятности успешных сигналов.

В **пятом** разделе выполнена интерпретация полученных результатов.

Показано, что предложенный подход не заменяет классические методы, а дополняет их, улучшая качество анализа.

Рассмотрены перспективы дальнейшего развития:

- использование производных сплайна;
- комбинирование с другими индикаторами;

Также проведено сопоставление с современными методами анализа, включая методы машинного обучения. Отдельно следует отметить, что предложенный подход может быть интегрирован в существующие торговые стратегии без их кардинального изменения. Это позволяет использовать его в качестве дополнительного инструмента фильтрации сигналов.

Кроме того, сплайн-интерполяция может применяться не только к ЕМА, но и к другим техническим индикаторам, что открывает возможности для дальнейших исследований.

Экспериментальная часть. В соответствии с рисунком 1 представлен график Динамики цены закрытия и ЕМА(20) для AAPL.

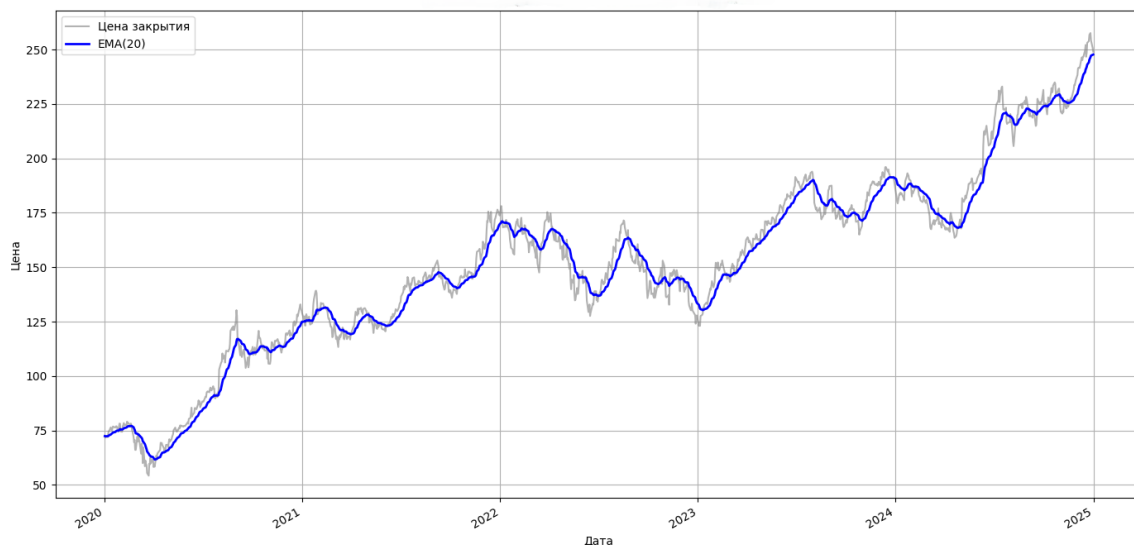


Рисунок 1 — Динамики цены закрытия и ЕМА(20) для AAPL.

На рисунке 2 показан результат применения сплайн-интерполяции.



Рисунок 2 — Сравнение ЕМА и Spline ЕМА

Как видно, сплайн сглаживает индикатор и делает пересечения более точными.

Заключение. В результате выполнения выпускной квалификационной работы была исследована возможность повышения эффективности технического анализа с использованием сплайн-интерполяции. Полученные результаты

подтверждают перспективность применения математических методов интерполяции в задачах технического анализа. Использование сплайн-интерполяции позволяет повысить устойчивость индикатора ЕМА и уменьшить влияние случайных рыночных колебаний на процесс формирования сигналов.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанного подхода в автоматизированных торговых системах и системах поддержки принятия решений. Предложенный метод может использоваться как самостоятельно, так и совместно с другими инструментами технического анализа.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением набора анализируемых индикаторов, использованием адаптивных параметров ЕМА и применением методов машинного обучения для автоматической оптимизации торговых стратегий. Разработан алгоритм построения сплайн-интерполяции для индикатора ЕМА и реализована программная модель на языке Python. Проведён численный эксперимент, показавший, что применение сплайнов позволяет:

- улучшить сглаживание данных;
- повысить точность анализа;
- уменьшить количество ложных сигналов.

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования сплайн-интерполяции в задачах технического анализа.

Разработанный подход может быть применён при создании торговых стратегий и систем анализа финансовых рынков. Полученные результаты демонстрируют, что применение методов математической интерполяции позволяет повысить эффективность классических инструментов технического анализа без существенного усложнения моделей.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенного метода в системах алгоритмической торговли, а также в аналитических инструментах для принятия инвестиционных решений.

В дальнейшем развитие данного направления может быть связано с применением более сложных методов аппроксимации, а также с интеграцией методов машинного обучения.