

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики  
наименование кафедры

**Прогнозные свойства индикатора рынка ценных бумаг на основе  
интерполяции тренда цен**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы

направления 09.03.03 «Прикладная информатика»  
код и наименование направления

механико-математического факультета

наименование факультета, института, колледжа

Еремина Кирилла Денисовича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель:

зав. кафедрой, д.ф.-м.н.,  
профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.И. Дудов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой:

зав. кафедрой, д.ф.-м.н.,  
профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.И. Дудов

инициалы, фамилия

Саратов 2022

## Введение

Прогнозирование является неотъемлемой частью всех рыночных процессов и экономики в целом. Прогноз - это одна из важнейших методик, позволяющая различным специалистам в той или иной отрасли экономики принимать более взвешенные решения и сводить риски к определённом минимуму.

Для принятия инвестиционных решений обычно прибегают к использованию двух методов - фундаментальному и техническому анализу. Оба метода направлены на решение одной и той же задачи, а именно, определение дальнейшего движения цены, но отличаются по своей специфике.

Фундаментальный анализ применяется для исследования финансово-экономического состояния отраслей, отдельных компаний и их инвестиционной привлекательности. Компании привлекательны, если их акции устойчивы в долгосрочной перспективе, а у самих компаний есть потенциал развития. Фундаментальный анализ используется для определения с большой степенью достоверности реальной или "справедливой" стоимости ценных бумаг.

При фундаментальном анализе проводится более глубокое изучение финансово-хозяйственного состояния компаний, перспектив ее развития, документов, которые компания публикует о себе.

С помощью технического анализа прогнозируется изменение цен в будущем на основе анализа изменений цен в прошлом. В его основе лежит анализ временных рядов цен, чаще всего графиков с различными таймфреймами. Кроме того, используется информация об объемах торгов и другие важные статистические данные.

В техническом анализе применяются разнообразные инструменты и методы, но все они основаны на одном общем предположении: анализируя временные ряды посредством выделения трендов, возможно спрогнозировать поведение цен в будущем.

В работе будут активно рассматриваться методы технического анализа.

Целью дипломной работы является построение индикатора на основе интерполяции тренда цен, сравнение его со скользящей средней - одним из самых распространённых и активно использующихся индикаторов на рынке

ценных бумаг и по сей день, также следует проанализировать прогнозные свойства и специфику рассматриваемых индикаторов.

Данная тема является актуальной, так как прогнозирование и методы технического анализа являются важнейшими атрибутами для принятия инвестиционных решений.

Для выполнения следующих целей, необходимо выполнить ряд задач, таких как:

1. Изучить и проанализировать необходимую информацию, связанную с темой индикаторов рынка ценных бумаг.
2. Построить индикатор на основе интерполяции тренда цен.
3. Построить индикатор скользящей средней.
4. Протестировать индикаторы используя имеющиеся исторические данные.
5. Сделать выводы на основе проведённого эксперимента.

Бакалаврская работа состоит из введения, шести разделов, некоторые из которых поделены на подразделы, заключительной части, списка использованных источников и примечания

## **Основное содержание работы**

Первый раздел посвящён обзору индикаторов рынка ценных бумаг, их классификациям и особенностям структуры при использовании и построении.

Технические индикаторы представляют собой математические модели анализа временных рядов различного уровня сложности. Обычно их разделяют на две большие группы:

- Трендовые индикаторы
- Осцилляторы

**Индикаторы тренда** позволяют выделить текущий ценовой тренд, являющийся основным объектом изучения в техническом анализе. Большинство из индикаторов тренда основаны на усреднении и сглаживании ценового ряда при помощи скользящих средних. Индикаторы этой группы подают сигналы о развороте тренда, а также подтверждают или опровергают

устойчивость действия текущего тренда, однако не могут использоваться для предсказания колебаний цен в ближайшем будущем.

В отличие от трендовых индикаторов, которые являются инструментами продолжения тенденции, **осцилляторы** - инструменты определения изменения ее направления. Основное предназначение осцилляторов - отразить такое состояние рынка, при котором дальнейшее повышение или понижение цены вряд ли возможно. Состояние рынка, когда растущая цена достигает предела роста, определяют, как состояние перекупленности, а когда падающая цена достигает предела снижения – состояние перепроданности. Именно в определении таких состояний рынка и заключается основное предназначение осцилляторов как инструментов количественного способа технического анализа. Если значение осциллятора находится внутри полосы перекупленное, то это – свидетельство предстоящего изменения восходящей тенденции.

Стоит отметить что помимо базовых классификаций существует множество других. Например, индикаторы технического анализа можно разделить на:

- Денежные
- Психологические
- Динамические

Второй раздел включает в себе описание и всю необходимую информацию об индикаторе ДЕМА (двойная экспоненциальная скользящая средняя): историю создания, структуру, формулы для расчёта, достоинства и недостатки.

В данном разделе также представлен план построения индикаторов SMA (простая скользящая средняя) и ДЕМА.

Третий раздел содержит постановку задачи - математическую часть необходимую для конструирования индикатора на основе интерполяции тренда цен. Также в этом разделе будет представлена схема бэк-тестирования - способ исследования торговой стратегии с использованием исторических данных для анализа финансового результата.

Прогнозирование цен может осуществляться не только благодаря стандартным и более привычным способам – индикаторам технического анализа.

Также используя некоторые численные методы можно получить желаемые прогнозные значения.

Интерполяция - это способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений. При выполнении научных или инженерных расчётов часто приходится оперировать наборами значений, полученных экспериментальным путём или методом случайной выборки.

Прогнозирование цен может осуществляться не только благодаря стандартным и более привычным способам – индикаторам технического анализа.

Таким образом обладая конкретными историческими данными стоимости ценных бумаг, можно воспользоваться методом интерполяции и найти вид функции. При этом для нахождения прогнозного значения цены акции необходимо подставить в функцию, значение следующей временной точки.

Пусть функция  $f$  задана некоторым набором своих дискретных значений:

$x$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$\dots$	$x_n$
$f$	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$\dots$	$f_n$

Где  $x < x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n$  - узлы интерполяции упорядоченных по возрастанию. Потребуем, чтобы интерполирующая (приближающая) функция  $g(x)$  совпадала с интерполируемой (приближаемой)  $f$ , т.е. потребуем выполнения равенства:

$$g(x_k) = f(x_k) = f_k, \quad k = 0, \dots, n$$

что является главным условием интерполяции (ГУИ).

В качестве искомой функции можно выбрать любую линейно независимую систему функций, но чаще всего выбираются степенные функции  $(1, x, x^2, \dots, x^n)$ . Это объясняется тем, что многочлены легко вычисляются, и теория интерполяции многочленами хорошо разработана. В нашем случае искомая функция будет иметь вид многочлена в степени  $n$ :

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n a_k x^k \tag{1}$$

где нижний индекс  $n$  указывает на степень интерполяционного многочлена.

Используя формулу (1) представим главное условие интерполяции в следующем виде:

$$\begin{cases} a_n x_0^n + a_{n-1} x_0^{n-1} + \dots + a_0 = f_0; \\ a_n x_1^n + a_{n-1} x_1^{n-1} + \dots + a_0 = f_1; \\ \dots; \\ a_n x_n^n + a_{n-1} x_n^{n-1} + \dots + a_0 = f_n; \end{cases} \quad (2)$$

По своей алгебраической структуре система равенств (2) представляет собой систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) размерности  $(n + 1) \times (n + 1)$  относительно неизвестных коэффициентов  $a_n, a_{n-1}, \dots, a_0$ .

Для того чтобы СЛАУ имела единственное решение необходимо чтобы определитель рассматриваемой системы был отличен от нуля.

В нашем случае определитель будет иметь специальный вид (**так называемый определитель Вандермонда**):

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_0^n & x_0^{n-1} & \dots & x_0 & 1 \\ x_1^n & x_1^{n-1} & \dots & x_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^n & x_n^{n-1} & \dots & x_n & 1 \end{vmatrix} = \prod_{j>i} (x_j - x_i)$$

Для того чтобы определитель был отличен от нуля, потребуем чтобы набор узлов интерполяции  $(x_n, x_{n-1}, \dots, x_0)$  состоял из попарно различных узлов, проще говоря из различных чисел ( $x_k \neq x_j$ , если  $k \neq j$ )

Таким образом, решение системы (2) существует и единственно. А это значит, что многочлен  $P_n(x)$  существует и единственен.

Четвёртый раздел содержит небольшую историческую справку о компании, котировки которой используются для реализации вычислительных экспериментов. Главной частью этого раздела является план проведения вычислительных экспериментов, содержащий пошаговый алгоритм действий.

Таким образом потребуется выполнить следующие действия:

1. Выстроить график на основе исторических данных

2. Задать период сглаживания простой скользящей средней
3. Построить график прогнозных значений индикатора простой скользящей средней
4. Задать период сглаживания для индикатора ДЕМА
5. Построить график полученных значений индикатора ДЕМА
6. Задать степень алгебраического полинома  $n < N$
7. Отобразить график индикатора на основе алгебраической интерполяции
8. Рассчитать среднюю погрешность для каждого индикатора
9. Проанализировать полученные результаты и сравнить прогнозные свойства индикаторов, сопоставив величины средних погрешностей.

Важно понимать, что для измерения прогнозной силы, результатов работы того или иного индикатора будет использоваться один критерий - приближенность полученных значений к реальным историческим данным.

Пятый раздел отражает результаты вычислительных экспериментов с использованием уже реализованных на языке Python индикаторами технического анализа.

Взятые за основу исторические данные в период с 01.10.2020 по 30.10.2020, были записаны и представлены в отдельной таблице.

В ходе вычислительных экспериментов был выполнен расчёт простой скользящей средней, индикатора ДЕМА и индикатора на основе алгебраической интерполяции. Периоды сглаживания для скользящей средней и ДЕМА, а также степень полиномов для интерполяционного индикатора задаются как  $n = 2, 3, 4$ .

Выстраивается график исходных данных, после чего работа каждого индикатора также выстраивается графически, отражая различия или сходства исторических данных и полученных при тестировании, котировках.

Графический интерфейс был реализован с помощью специализированной библиотеки `matplotlib` позволяющей графически отобразить результаты работы построенных индикаторов, не прибегая к использованию дополнительных приложений или сервисов.

Шестой раздел содержит анализ имеющихся результатов и соответствующие выводы по проделанным экспериментам.

Также важной частью этого раздела является введение дополнительного критерия для измерения прогнозной силы.

Для того чтобы более чётко измерить прогнозную силу построенных индикаторов, необходимо рассмотреть их среднюю погрешность от исходных значений.

Соответствующие данные были отражены в отдельной таблице.

Подсчёт производился с помощью дополнительно используемой программы Microsoft Excel, путём подсчёта суммы всех разностей по модулю, исторических данных и значений, полученных с помощью индикатора, вычисленное выражение необходимо разделить на разность изначальной величины времени и периодом сглаживания или степень полинома, в зависимости от рассматриваемого индикатора.

Сравнивая показатели трёх индикаторов, легко понять, что значения индикатора на основе интерполяции в несколько раз превышают значения индикатора SMA и DEMA, причём с увеличением  $n$  разрыв между величиной показателей только возрастает.

Индикатор на основе алгебраической интерполяции не показал хороших результатов, высокие показатели средней погрешности при различных  $n$  и резкие колебания цен при графическом отображении прогнозных значений, всё это показывает, что данный индикатор имеет слабую прогнозную силу.

Из этого следует, что инвестор для процесса прогнозирования воспользовался бы более популярным и эффективным способом - индикатором простой скользящей средней или двойной экспоненциальной скользящей средней.

## **Заключение**

В результате проведённой работы были выполнены все поставленные задачи. Был изучен необходимый теоретический материал связанный с темой индикаторов ранга ценных бумаг и технического анализа в целом. Выполнено построение индикаторов на основе алгебраической интерполяции, SMA

и ДЕМА. Произведён ряд вычислительных экспериментов с использованием реальных исторических данных, а также проанализированы и сделаны выводы по получившимся результатам тестирования.

Для проведения вычислительных экспериментов использовались программы, реализованные на языке Python. Дополнительно использовалась программа Microsoft Excel для вспомогательных расчётов. Выбор данного языка программирования обуславливается универсальностью, простотой использования и наличием опыта в создании программного кода.

Процесс прогнозирования является неотъемлемой частью не только рынка ценных бумаг, но и экономики в целом, благодаря этому удаётся выбирать более выгодные стратегии, минимизировать риски и приумножать имеющийся капитал.