

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра математической экономики

**Разработка индикатора рынка ценных бумаг на основе приближения и
интерполяции тренда цен**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 441 группы

направления 09.03.03 Прикладная информатика

механико-математического факультета

Жидиковой Полины Александровны

Научный руководитель
профессор, д.ф-м.н, профессор

С.И. Дудов

Зав.кафедрой
д.ф-м.н, профессор

С.И. Дудов

Саратов 2020 г.

Введение. С момента развития рыночной политики в России рынок ценных бумаг занимает достаточно востребованную позицию, представляя акции разных секторов экономики. Актуальность выбранной темы заключается в том, что инвесторы пытаются предвидеть и спрогнозировать дальнейшую динамику рынков, прибегая к анализу инвестиционной привлекательности всего рынка ценных бумаг, а так же отдельных акций.

Существуют два инструмента прогнозирования рынка ценных бумаг – технический и фундаментальный анализы. Фундаментальный анализ основывается на изучении общей экономической ситуации, состояния отраслей экономики, положения отдельных компаний, ценные бумаги которых обращаются на рынке. Так же, он позволяет определить, какие из приобретенных ценных бумаг являются привлекательными, а какие следует продать. В основном используется для долгосрочных инвестиций.

Технический анализ позволяет прогнозировать будущее изменение цен на основе анализа прошлых изменений цен. Проводится для определения наилучших условий покупки или продажи акций. Применяется в основном для кратковременных инвестиций.

Условно подразделяют графический и алгоритмический методы технического анализа. Алгоритмический анализ работает с техническими индикаторами. Это определенные алгоритмы, в основе которых лежат формулы. Индикаторы делятся на 3 вида – трендовые, осцилляторные и объемные. Тренд – общее направление развития явления, определяющее основную тенденцию динамического ряда. По направлению движения различают восходящий, нисходящий и боковой тренды.

Целью данной бакалаврской работы является рассмотрение некоторых трендовых индикаторов технического анализа, построение индикатора на основе приближения и метода интерполяции, а так же сравнение их эффективности и прогнозных свойств.

Для осуществления обозначенной цели служат следующие задачи:

- Изучение выбранного набора индикаторов
- Построение индикатора на основе приближения тренда цен алгебраическим полиномом
- Построение индикатора на основе интерполяции тренда цен
- Применение индикаторов к акциям выбранной компании
- Сравнение прогнозных свойств индикаторов

Объект исследования – трендовые индикаторы технического анализа, индикатор на основе интерполяции и индикатор на основе приближения тренда цен алгебраическим полиномом. Предмет исследования – акции банка «Тинькофф».

Бакалаврская работа состоит из введения, четырех основных разделов, заключения, списка литературы и приложения. В первом разделе дается краткий обзор основных трендовых индикаторов, которые уже имеются в общем доступе у пользователей технического анализа. Во втором разделе описывается построение индикатора на основе интерполяции тренда цен. В третьем разделе описывается построение индикатора на основе приближения тренда цен алгебраическим полиномом. В четвертом разделе показывается план проведения расчетов цен на акции банка «Тинькофф» с помощью некоторых выбранных индикаторов и построенного во втором и третьем разделе индикатора, а так же приведен анализ полученных результатов. Тестирование индикаторов проводилось на примере цен закрытия акций банка «Тинькофф» с 01.03.2020 по 31.03.2020.

Основное содержание работы. В разделе 1 приводится краткий обзор уже существующих индикаторов фондового рынка. Индикаторы вырабатывают торговые сигналы. По ним инвестор ориентируется – совершать покупку, продажу или подождать более благоприятной ситуации для сделок.

Итак, для начала рассмотрим группу индикаторов скользящие средние (Moving Average). Скользящие средние – трендовый технический индикатор, который показывает усредненную цену финансового инструмента за некоторый промежуток времени. У всех скользящих средних есть минус – запаздывание. В этой главе рассматриваются четыре вида скользящих средних.

Простая скользящая средняя (Simple Moving Average, SMA) содержит в себе вычисление среднего значения цены за некоторый период времени. Производится расчет арифметического среднего цены акций за выбранный период времени. Сумма цен закрытия делится на число рассматриваемых периодов.

$$SMA = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

где p_i – значение цены в i -ом периоде;

n – длина сглаживания.

Взвешенная скользящая средняя (Weighted Moving Average), в отличие от простой, учитывает веса цен в зависимости от их давности. Идея заключается в том, чтобы придать больший вес новым значениям и меньший вес более старым.

На практике подбирают весовые коэффициенты таким образом, что максимальный вес имеет самое последнее значение цены, а минимальный – самое первое. С учетом использования такого принципа подбора коэффициентов получаем формулу для вычисления линейно-взвешенной скользящей средней:

$$WMA = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (p_i * (n - i))}{\sum_{i=1}^n i}$$

где p_i – значение цены в i -ом периоде;

n – длина сглаживания.

Экспоненциальная скользящая средняя (Exponential Moving Average, EMA) представляет собой вариант взвешенной скользящей средней с периодом усреднения и весовыми коэффициентами.

Экспоненциальная скользящая средняя определяется рекуррентной формулой, то есть текущее значение выражается через предыдущее:

$$EMA = \alpha * p_i + (1 - \alpha) * EMA_{np}$$

где EMA_{np} – экспоненциальная скользящая средняя за предыдущий период;

p_i – значение цены в i -ом периоде;

α – весовой коэффициент.

Сглаженная скользящая средняя (Smoothed Moving Average, SMMA) показывает среднее значение цены за некоторый промежуток времени. Значение SMMA в текущий момент времени зависит от значения в предыдущем. Имеет немного плавный тип в отличие от классической SMA.

$$SMMA = \frac{(\sum_{i=1}^n p_i - SMMA_{np} + p_i)}{n}$$

где $SMMA_{np}$ – сглаженная скользящая средняя за предыдущий период;

p_i – значение цены в i -ом периоде;

n – длина сглаживания.

Скользящие средние являются частью более сложных индикаторов.

Индикатор «Аллигатор» (Alligator) – торговая стратегия, созданная рыночным игроком Биллом Уильямсом. Alligator разрабатывался для оценки направления рыночного тренда и выявления периодов отсутствия какого-либо значительного движения (бокового тренда). Основная цель индикатора — подача сигналов о зарождающемся тренде. Данный индикатор представляет собой набор трех сглаженных скользящих средних с разными периодами

сглаживания и сдвигом на графике. Каждая из скользящих средних имеет свой определенный цвет и название.

Синяя кривая называется «челюсть», имеет расчетный период 13 и смещение вперед на 8 баров.

$$Alligator\ Jaw = SMMA(MP, 13, 8)$$

Она показывает возможное положение цены при отсутствии фундаментальных экономических новостей, которые влияют на инвесторов и провоцируют их на совершение сделок, откуда и появляется движение цены.

Красная кривая называется «зубы», имеет расчетный период 8 и смещение вперед на 5 баров.

$$Alligator\ Jaw = SMMA(MP, 8, 5)$$

Демонстрирует часовую тенденцию. Указывает на влияние факторов в краткосрочном периоде.

Зеленая кривая называется «губы», имеет расчетный период 5 баров и смещение вперед на 3 бара.

$$Alligator\ Jaw = SMMA(MP, 5, 3)$$

где MP (*Median Price*) = $\frac{(High - Low)}{2}$; *High* – максимальная цена, *Low* – минимальная цена.

Отображает еще меньшую временную структуру, 12-минутную тенденцию. Отображает еще более краткосрочный период.

«Челюсть», «зубы» и «губы» Аллигатора показывают взаимодействие разных временных периодов. Совокупность этих трех линий характеризует тренд. Различают 4 основные фазы индикатора:

1. «Аллигатор просыпается». В этой фазе «губы» и «зубы» начинают подниматься или опускаться относительно «челюстей» после периода спада. Этот сигнал показывает наступление начальной фазы тренда.

2. «Аллигатор питается». Тут «зубы» пытаются преодолеть «губы», а это означает становление мини-тренда и его приближение к пику.
3. «Аллигатор сыт». «Зубы» начинают опускаться до нижнего диапазона, что характеризует достижение предела тренда.
4. «Аллигатор спит». Кривые собраны вместе и движутся равномерно относительно друг друга. Следовательно, на рынке нет ярко выраженного движения.

Данный индикатор наиболее самостоятельный инструмент из большинства других трендовых индикаторов. Однако из-за того, что он основан на скользящих средних, любой сигнал появляется с опозданием.

Следующий рассматриваемый индикатор - «Полосы Боллинджера» (Bollinger Bands). Это торговая стратегия, в основе которой так же лежат скользящие средние. Позволяет измерять не только направление движения графика цен, но и скорость этого движения. Его задача состоит в определении расположения цены относительно ее стандартного торгового диапазона.

Индикатор представляет собой совокупность трех линий, которые могут быть скользящими средними любого вида. Полосы рассчитываются по формулам:

- Центральная линия представляет собой простую скользящую среднюю с периодом сглаживания 20.

$$Central\ Line = SMA(20)$$

- Верхняя линия отличается от центральной сдвигом вверх на среднеквадратичное отклонение.

$$Upper\ Band = SMA(20) + k * \sigma$$

- Нижняя линия отличается от центральной сдвигом вниз на среднеквадратичное отклонение.

$$Lower\ Band = SMA(20) - k * \sigma ,$$

где k – коэффициент для среднеквадратичного отклонения;

σ – среднее квадратичное отклонение.

Периодически на графике индикатора возникают паттерны, появление которых может являться торговым сигналом. Таких сигналов 2:

- «Двойная вершина» или модель «M». Сигнал на продажу сформируется, когда цена пересечет среднюю полосу Боллинджера сверху вниз.
- «Двойное дно» или модель «W». Сигнал на покупку сформируется, когда цена пересечет среднюю полосу Боллинджера снизу вверх.

Индикатор «Полосы Боллинджера» достаточно точный индикатор. Однако трейдеры обычно используют его в комбинации с другими для подтверждения полученных сигналов.

В разделе 2 Рассматриваются основные принципы интерполяции и схема построения индикатора. Интерполяция – это способ построения функции по имеющимся узлам. Зная значения цен на некоторые ценные бумаги в предыдущем периоде, применяем метод интерполяции и находим вид функции. Далее подставляем в нее значение следующего момента времени и находим значение цены в нем. Задача интерполяции ставится сначала с математической точки зрения, а потом переносится на экономическое пространство ценных бумаг в виде постановки вспомогательной задачи, которая сводится к задаче линейного программирования.

Задана таблица значений цены некоторой ценной бумаги в определенные моменты времени t .

t	t_0	t_1	t_2	t_3	...	t_N
y	y_0	y_1	y_2	y_3	...	y_N

где, $y_i = f(t_i), i=1 \dots N$.

Значения времени t упорядочены по возрастанию $t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_N$.

Относительно значений исходной таблицы и алгебраического полинома $P_n(t) = a_n * t^n + a_{n-1} * t^{n-1} + \dots + a_1 * t + a_0$ может выделить естественную характеристику – максимальное уклонение, которое выражается формулой:

$$\max_t |f(t) - P_n(t)|$$

Итак, искомый полином $P_n(t)$ должен обладать свойством, что максимальное уклонение будет минимально, то есть

$$\max_t |f(t) - P_n(t)| \rightarrow \min_A$$

где $A = (a_n, a_{n-1}, \dots, a_0)$ – вектор искомых коэффициентов.

Описав задачу и ход ее решения, получаем вспомогательную задачу, которую можно записать в виде задачи линейного программирования в следующем виде:

$$\begin{cases} \max_t |f(t) - P_n(t)| \rightarrow \min_A \\ P_n(t_k) = f_k \end{cases}$$

Далее опишем схему построения индикатора. Нам задана таблица значений котировок акций:

t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	...	t _N
y	y ₀	y ₁	y ₂	y ₃	...	y _N

В ней t – моменты времени, y – значения цен закрытия в каждый день торгов. Предполагается, что $t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_N$.

Этапы построения индикатора:

1. Выбираем степень полинома n.
2. Выбираем количество необходимых узлов для решения задачи интерполяции – n+1.
3. Решаем задачу интерполяции, то есть находим неизвестные коэффициенты $A = (a_n, a_{n-1}, \dots, a_0)$.
4. Подставляем полученные коэффициенты в формулу полинома.

5. Подставляем следующую временную точку в полином с уже известными коэффициентами.
6. Получаем прогнозное значение.

В 3 разделе описывается постановка задачи приближения, сведение ее к задаче линейного программирования и схема построения индикатора на основе приближения тренда цен. Отличие чебышевского приближения от метода интерполяции заключается в том, что интерполяция дает более узкую вариативность комбинации степени полинома и количества используемых точек для прогноза, так как их соотношение фиксировано парой $(n, n+1)$. Чебышевское приближение позволяет выбрать степень полинома и количество используемых узлов, которое может быть больше $n+1$.

Пусть задана таблица дискретным набором значений:

t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	...	t _N
y	y ₀	y ₁	y ₂	y ₃	...	y _N

При этом узлы упорядочены по возрастанию $t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_N$, и выполняется равенство $y_k = f(t_k)$, $k = 0, \dots, N$.

Алгебраический полином имеет вид:

$$P_n(A, t) = a_0 + a_1 * t + a_2 * t^2 + \dots + a_n * t^n, A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)$$

и имеет по отношению к первой таблице естественную характеристику – максимальное уклонение, равное:

$$\max_t |f(t) - P_n(A, t)|$$

Положим при фиксированном n

$$p(A) = \max_t |f(t_k) - P_n(A, t_k)|$$

Полином $P_n(A^*, t)$, для которого максимальное уклонение минимально, то есть:

$$\max_k |f(t_k) - P_n(A^*, t_k)| = \min_A p(A)$$

называется полиномом наилучшего приближения исходной таблицы.

Таким образом, задачу по отысканию полинома наилучшего приближения можно записать в виде:

$$p(A) = \max_t |f(t) - P_n(A, t)| \rightarrow \min_A$$

Итак, нам задана таблица значений котировок акций:

t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	...	t _N
y	y ₀	y ₁	y ₂	y ₃	...	y _N

В ней t – моменты времени, y – значения цен закрытия в каждый день торгов. Предполагается, что $t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_N$.

Этапы построения индикатора:

1. Выбираем степень алгебраического полинома n.
2. Выбираем количество используемых узлов m для решения задачи приближения, причем $m > n + 1$.
3. Полагаем $i = 0$.
4. Решаем задачу $\max_t |f(t) - P_n(A, t)| \rightarrow \min_A$.
5. Вектор коэффициентов A – решение задачи. В качестве значения индикатора $I_{m,n}(t)$ в точке t_{i+m+1} берется

$$I_{m,n}(t_{i+m+1}) = P_n(A_i, t_{i+m+1}).$$

Проверяем, если $i + m + 1 < N$, то увеличиваем i на единицу $i = i + 1$. Возвращаемся в пункт 4. Иначе, если $i + m + 1 = N$, расчеты заканчиваются. Получившееся значение индикатора $I_{m,n}(t)$ рассчитано во всех точках $t_{m+1}, t_{m+2}, \dots, t_n$. Получаем прогнозные значения цен во всех точках временного периода.

В 4 разделе проводится бэк-тестирование экспоненциальной скользящей средней, индикаторов на основе интерполяции и чебышевского приближения. Для бэк-тестирования выбраны актуальные цены акций банка «Тинькофф» за март 2020 года. Периоды берутся разные для определения наиболее точных прогнозных свойств.

Для проведения бэк-тестирования необходимо:

1. Выбрать степени полиномов $n_1 = 1, n_2 = 2, n_3 = 3$.
2. Выбрать необходимое кол-во точек $m_1 = 2, m_2 = 3, m_3 = 4$.
3. Построить индикатор экспоненциальной скользящей средней с выбранными периодами сглаживания – кол-во точек m .
4. Построить индикатор на основе интерполяции с выбранными степенями n .
5. Построить индикатор на основе чебышевского приближения с вариациями степеней и кол-вом точек (n, m) .
6. Построить графики по всем полученным данным.
7. Проанализировать полученные результаты. Сравнить прогнозные свойства индикаторов, их качество прогноза. В качестве критериев точности прогноза построенных индикаторов возьмем:
 1. Максимальное отклонение от исходного значения.
 2. Среднее арифметическое отклонение полученных значений от исходных.

Заключение. В данной работе была рассмотрена лишь небольшая часть индикаторов технического анализа. Некоторым из них был проведен бэк-тестинг на основе данных о ценах на акции банка. На основе исследуемых данных был проведен анализ прогнозных свойств выбранных индикаторов.

Программы для вычисления значений по индикаторам на основе интерполяции и приближения были написаны на языках программирования Java и MatLab и описаны в разделе приложения. Там же и приведена инструкция пользования.

Использование технического анализа на практике достаточно простое. Все что нужно инвестору – изучить сигналы индикаторов и смотреть их на графике. Такое графическое представление обеспечивает наглядность и удобство использования.