МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

Кафедра математической экономики

Исследование эффективности технического индикатора: Накопления/Распределения (A/D)

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВАРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 Курса 441 группы

направления 09.03.03 Прикладная информатика

механико-математического факультета

Забелиной Олеси Романовны

Научный руководитель

профессор, д.ф. – м. н, доцент ____________________ А.Ю. Трынин

подпись, дата

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор ____________________ С. И. Дудов

подпись, дата

Саратов 2020

Введение

В работе рассмотрен технический индикатор Накопления/Распределения, а так же его эффективность на рынке ценных бумаг. Актуальность изучения данной темы непосредственно связана со значимостью функционирования рынка ценных бумаг для экономического развития любой страны. Рынки ценных бумаг являются одним из ключевых механизмов привлечения денежных ресурсов на цели инвестиций, модернизации экономики, стимулирования роста производства. Вместе с тем мировые рынки ценных бумаг, как показывает опыт многих десятилетий, могут быть источниками масштабной финансовой нестабильности, макроэкономических рисков и социальных потрясений. Особенно проблемными являются формирующиеся фондовые рынки, к числу которых принадлежит российский, являвшийся в 90-е годы при незначительных масштабах одним из самых рискованных фондовых рынков мира.

Отечественной наукой не решена задача прогноза структуры и динамики рынка ценных бумаг, основанного на исследовании воздействующих, на него фундаментальных факторов и сложившейся модели рынка. Не дан ответ и на вопрос о долгосрочной макроэкономической политике, ее приоритетах и механизме ее реализации, обеспечивающих устойчивое развитие рынка ценных бумаг, снижение его рисков, рост доли ресурсов, перераспределяемых через этот рынок на цели инвестиций в реальный сектор.

Проблемной остается роль государства на рынке ценных бумаг, его деятельность на рынке нуждается в расширенном реструктурировании (наравне с рынком ценных бумаг как системой).

Анализ конкурентной среды, в которой действует российский фондовый рынок, осуществляется в ограниченном объеме, не рассматриваются возможности роста его конкурентоспособности в сравнении с другими формирующимися рынками за счет осуществления программы специальных мер, направленных на решение этой задачи.

Целью исследования является изучение состояние российского рынка ценных бумаг.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

- изучить теоретические взгляды на сущность ценных бумаг и формы ее проявления во взаимосвязи с движением периодически высвобождаемой из оборота стоимости;
- осуществить анализ динамики основных фондовых индексов на рынке ценных бумаг.
- охарактеризовать основные проблемы на рынке ценных бумаг и наметить основные направления по выходу из кризиса.

Объектом исследования в работе выступает российский рынок ценных бумаг, рассматриваемый на основе анализа воздействующих на него фундаментальных факторов.

Предметом исследования выступает эффективность технического индикатора Накопления/Распределения.

В процессе рассмотрения данной темы нами были использованы следующие методы:

1. Теоретический анализ литературы и вторичных данных.
2. Практический метод.

В процессе написания данной работы нами в основном была использована учебная и монографическая литература.

Первая глава посвящается непосредственно индикатору Накопления/Распределения, который был разработан Марком Чайкиным. Приводится полное описание индикатора: история создания, формула, базовые принципы использования, а также основные недостатки. Во второй главе рассматриваются сплайны и способы их вычисления. Приводится подробное описание аппроксимации кубическими сплайнами, а так же интерполяции с помощью квадратичного и кубического сплайна. В последней главе рассматривается практическое использование изученного материала. В целях экономии времени и ресурсов стояла задача провести аппроксимацию функции заданного индикатора сплайнами интерполяции. Она была достигнута с помощью программного кода на языке Python. Продемонстрированы результаты численных экспериментов.

Основное содержание работы

Работа состоит из трех глав:

1. Технический индикатор Накопления/Распределения, общая теория

2. Сплайны и способы их вычисления

3. Постановка задачи и построение модели,

причем каждая глава содержит несколько разделов. В первой главе описан сам технический индикатор, его использование и основные недостатки. **Индикатор Accumulation Distribution** представляет собой сумму восходящих движений цены, являющихся результатом накопления (accumulation) бумаг у участников рынка, и нисходящих движений, вызванных распределением (distribution) бумаг,то есть их продажей. Чем больше объем в данный период времени, тем больший вклад вносит текущее изменение цены в направление индикатора. Формула индикатора Accumulation Distribution - AD:

$$AD_m = [\frac{(Close - Low) - (High - Close)}{(High - Low)} \cdot Volume] + AD_{n-1}$$

(1)

Индекс накопления/распределения - также известный как линия накопления/распределения - дает нам представление об объеме спроса и предложения. Направление линии подсказывает нам, какой давление на рынке преобладает - на покупку или на продажу. Принято считать, что в период восходящей тенденции большинство цен закрытия фиксируется поблизости максимума торгового периода. Подключение к тренду со стороны новых игроков способствует увеличению объема сделок. В случае с нисходящей тенденцией цены закрытия, как правило, располагаются рядом с минимумом, а общий объем увеличивается и здесь, так как растет количество трейдеров, желающих заключить сделку на продажу.

Другой раздел посвящен задачам аппроксимации кубическими сплайнами и интерполяции сплайнами.

Аппроксимация или приближение — научный метод, состоящий в замене одних объектов другими, в каком-то смысле близкими к исходным, но более простыми.

Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых или более удобных объектов (например, таких, характеристики которых легко вычисляются или свойства которых уже известны). В теории чисел изучаются диофантовы приближения, в частности, приближения иррациональных чисел рациональными. В геометрии рассматриваются аппроксимации кривых ломаными. Некоторые разделы математики в сущности целиком посвящены аппроксимации, например, теория приближения функций, численные методы анализа.

Целью сплайн метода является упрощение алгоритма вычислений при аппроксимации плоских кривых кубическими сплайнами за счет исключения из алгоритма операций по составлению и решению систем линейных уравнений, что, в конечном счете, приводит к повышению скорости вычислений.

Интерполяция — в вычислительной математике способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений. При решении задач с научными и инженерными расчётами часто приходится оперировать наборами значений, полученных опытным путём или методом случайной выборки. Как правило, на основании этих наборов требуется построить функцию, на которую могли бы с высокой точностью приближать другие получаемые значения. Такая задача называется приближение функций. Интерполяцией называют такую разновидность приближения функций, при которой график построенной функции проходит точно через имеющиеся значения данных.

В заключительной главе идет постановка задач и построение модели. В данной работе предметом исследования является фондовый рынок. Динамика цены на этом рынке часто носит флуктуационный характер, поэтому для описания данных процессов используют стохастические вероятностные модели, в которых исследуемый процесс то есть решение системы стохастических уравнений, содержащих источник случайности.

Наиболее перспективным является метод, основанный на теории детерминированного хаоса. Здесь возникновение флуктуаций объясняется как результат неслучайных взаимодействий связанных переменных в нелинейной динамической системе.

Согласно данной теории введение в модель теоретически оправданных нелинейностей может описать экономические флуктуации более успешно, чем введение случайных переменных.

На первом этапе моделирования необходимо определить основные факторы движения рынка. Согласно теории технического анализа, которая широко применяется для прогнозирования поведения рыночных характеристик, динамика рынка включает три основных источника информации, а именно: цену контракта, объем торгов и "открытый интерес". Объем торгов и "открытый интерес"не первостепенные, но, тем не менее, чрезвычайно важные факторы, влияющие на формирование цены. "Открытый интерес" это количество не закрытых позиций на конец торгового дня. На основе данных факторов формируется ликвидность рынка и оборот торгов.

В результате модель прогнозирования цен на фондовом рынке должна описывать процесс из мнения трех рыночных характеристик цены контракта, объема торгов и "открытого интереса".

Перед тем, как построить математическую модель необходимо обработать исходные данные. Из файла данных, в котором цены зафиксированы в различные моменты времени, восстанавливаются значения цен с равномерным шагом по времени ($\Delta t = 1$ час) и находятся наибольшее и наименьшее значения цены, т.е высший и нижний уровни цен на каждом временном шаге, и находятся соответствующие с ними моменты времени.

Обозначим через $V(t_i)$, i=$1 \ldots n$ - цена акции в i-й момент времени, тогда значения цен в узлах сетки определятся следующим образом:

$$R(t_i)=\frac{V_1(t_{i+1})+V_2(t_i)}{2},$$

где $R(t_i)$ - значение цен в узлах сетки;

$V_1(t_{i+1})$ - цена акции в момент открытия;

$V_2(t_i)$ - цена акции в момент закрытия.

Затем массив цены акции P образуется путем добавления в массив R наибольшего и наименьшего значений цены в каждом интервале времени.

Экспериментально поведение сложной системы определяется путем наблюдений в течение какого-то интервала времени над некоторым экономическим показателем $X(t)$, в нашем случае ценой. Анализ этой последовательности, на формирование которой оказывают влияние и другие переменные, позволяет определить число дифференциальных уравнений первого порядка N, необходимых для моделирования динамики системы. Фрактальная размерность аттрактора d должна удовлетворять неравенству $d < N$. Округлив d до ближайшего целого сверху, получим величину N.

Для определения размерности аттрактора строим псевдофазовое пространство, используя значения временного ряда цены, взятые со сдвигом во времени. Например, фазовый портрет на плоскости может быть построен с использованием вектора:

$$\{X(t), X(t+T)\}.$$

Идея заключается в том, что сигнал $X(t+T)$ связан с производной сигнала $X(t)$, и результат имеет те же свойства, что и при использовании истиной фазовой плоскости.

Далее для численной оценки корреляционной размерности используем корреляционную функцию, подсчитывающую число пар точек, расстояние между которыми меньше L.

$$C(L) = \lim_{N\to\infty}\{\frac{1}{N^2}\sum Q(L - \|X_i - X_j\|)\},$$

$$Q = 0, \text{ если } L - \|X_i - X_j\| \geq 0;$$

$$Q = 1, \text{ если } L - \|X_i - X_j\| < 0.$$

Сама корреляционная размерность оценивается из наклона зависимости $\ln[C(L)]$ от $\ln(L)$.

Поведение показателей рынка ценных бумаг описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений, которая имеет следующий вид [7]:

$$\overline{X} = A \cdot X + \overline{F}, \tag{2}$$

где

$$\overline{X} = \begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \\ X_3(t) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_1(t) & 0 & 0 \\ 0 & b_2(t) & 0 \\ 0 & 0 & c_3(t) \end{bmatrix}, \overline{F} = \begin{bmatrix} a_2(t) \cdot X_1(t) \cdot X_2(t) + a_3(t) \cdot X_1(t) \cdot X_3(t) \\ b_1(t) \cdot X_1(t) \cdot X_2(t) + b_3(t) \cdot X_2(t) \cdot X_3(t) \\ c_1(t) \cdot X_1(t) \cdot X_3(t) + c_2(t) \cdot X_2(t) \cdot X_3(t) \end{bmatrix},$$

Существующая взаимосвязь между вышеописанными экономическими показателями отражена перекрестным произведением соответствующих фазовых переменных.

В качестве первой фазовой координаты выбираем $X_1(t)$ – цену контракта, в качестве второй и третьей рыночные характеристики, которые оказывают наиболее сильное влияние на формирование цены это $X_2(t)$ – объем торгов и $X_3(t)$ – "открытый интерес".

$X_1(t)$ $X_2(t)$ – оборот торгов. Отражает взаимосвязь между ценой контракта и объемом торгов и позволяет учитывать в модели внутренние силы, управляющие движением цены.

$X_1(t)X_3(t)$ – текущая ликвидность рынка. Позволяет отразить факт заинтересованности тем или иным контрактом с долгосрочной точки зрения; другими словами, определить, насколько серьезно участники рынка воспринимают текущий тренд. Отражает взаимосвязь между ценой контракта и "открытым интересом".

$X_2(t)X_3(t)$ – взаимосвязь между объемом торгов и "открытым интересом". О количественной характеристике взаимосвязи объема и "открытого интереса"известно мало, но качественную характеристику, опираясь на экспериментальные данные, можно сформулировать следующим образом: "Увеличение объема торгов должно подтверждаться достаточным открытым интересом".

$a_1(t)$, $a_2(t)$, $a_3(t)$,$b_1(t)$, $b_2(t)$, $b_3(t)$, $c_1(t)$, $c_2(t)$, $c_3(t)$ – неизвестные коэффициенты, зависящие от времени t, определяют степень влияния соответствующих показателей рынка и их взаимосвязи на поведение системы. Данные коэффициенты являются переменными на некотором достаточно большом отрезке времени, но кусочно–постоянными на небольшом исследуемом интервале шаге прогноза. Эти коэффициенты характеризуют:

$a_1(t)$– изменение цены на один процент в единицу времени, 1/с.

$a_2(t)$– изменение оборота торгов на один процент в единицу времени, 1/с.

$a_3(t)$– изменение ликвидности рынка на один процент в единицу времени, 1/с.

$b_1(t)$– влияние цены на изменение оборота торгов, 1/руб·с.

$b_2(t)$– изменение объема торгов на один процент в единицу времени, 1/с.

$b_3(t)$– влияние открытого интереса на изменение взаимосвязи: объем – "открытый интерес 1/шт·с.

$c_1(t)$– влияние цены на изменение ликвидности рынка, 1/руб·с.

$c_2(t)$– отражает влияние объема торгов на изменение взаимосвязи: объем "открытый интерес 1/шт·с.

$c_3(t)$– изменение открытого интереса на один процент в единицу времени, 1/с.

В качестве начальных условий берутся значения переменных в момент времени t_k: $X_1(t_k)$, $X_2(t_k)$, $X_3(t_k)$, которые находятся из исходного временного ряда. Считаем, что коэффициенты $a_i(t)$, $b_i(t)$, $c_i(t)$, i=1,2,3 на каждом временном шаге постоянны. Это означает, что на интервале времени [t_k, t_{k+1}] имеется задача Коши.

Решение этой задачи на интервале времени [t$_k$, t_{k+1}] дает прогностические значения характеристик рынка в момент времени t_{k+1}

Интегрирование системы нелинейных дифференциальных уравнений вида (3.1) можно осуществить численным методом. Сначала необходимо определить коэффициенты $a_i(t)$, $b_i(t)$, $c_i(t)$, i=1,2,3. Для этого рассмотрим модель в фиксированные моменты времени t_k, t_{k-1}, t_{k-2}. Предположим, что на интервале времени [t_{k-1}, t_{k-2}] коэффициенты принимают постоянные значения. Зафиксировав координаты X_1, X_2, X_3 и вычислив производные, получим систему линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов a_i, b_i, c_i, i=1,2,3

$$\begin{cases}
a_1X_1(t_k)+a_2X_1(t_k)X_2(t_k)+a_3X_1(t_k)X_3(t_k)=X_1'(t_k)\\
a_1X_1(t_{k-1})+a_2X_1(t_{k-1})X_2(t_{k-1})+a_3X_1(t_{k-1})X_3(t_{k-1})=X_1'(t_{k-1})\\
a_1X_1(t_{k-2})+a_2X_1(t_{k-2})X_2(t_{k-2})+a_3X_1(t_{k-2})X_3(t_{k-2})=X_1'(t_{k-2})\\
b_2X_2(t_k)+b_1X_1(t_k)X_2(t_k)+b_3X_2(t_k)X_3(t_k)=X_2'(t_k)\\
b_2X_2(t_{k-1})+b_1X_1(t_{k-1})X_2(t_{k-1})+b_3X_2(t_{k-1})X_3(t_{k-1})=X_2'(t_{k-1})\\
b_2X_2(t_{k-2})+b_1X_1(t_{k-2})X_2(t_{k-2})+b_3X_2(t_{k-2})X_3(t_{k-2})=X_2'(t_{k-2})\\
c_3X_3(t_k)+c_1X_1(t_k)X_3(t_k)+c_2X_2(t_k)X_3(t_k)=X_3'(t_k)\\
c_3X_3(t_{k-1})+c_1X_1(t_{k-1})X_3(t_{k-1})+c_2X_2(t_{k-1})X_3(t_{k-1})=X_3'(t_{k-1})\\
c_3X_3(t_{k-2})+c_1X_1(t_{k-2})X_3(t_{k-2})+c_2X_2(t_{k-2})X_3(t_{k-2})=X_3'(t_{k-2})
\end{cases} \tag{3}$$

Производные в левых частях (3.2) оцениваются с помощью кубического сплайна, построенного по временному ряду цен акций.

Из решения (3.2) находятся искомые коэффициенты. Вычисленные коэффициенты подставляются в (3.1) с начальными условиями $X_1(t_k)$, $X_2(t_k)$, $X_3(t_k)$. В результате получается система нелинейных дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{cases} X_1'(t) = a_1 X_1(t) + a_2 X_1(t) X_2(t) + a_3 X_1(t) X_3(t) \\ X_2'(t) = b_2 X_2(t) + b_1 X_1(t) X_2(t) + b_3 X_2(t) X_3(t) \\ X_3'(t) = c_3 X_3(t) + c_1 X_1(t) X_3(t) + c_2 X_2(t) X_3(t) \end{cases} \tag{4}$$

Решая задачу для (3.3), получим значения $X_1(t_{k+1})$, $X_2(t_{k+1})$, $X_3(t_{k+1})$ в момент времени t_{k+1}, т. е прогноз цены акций и двух первых её производных на один шаг вперед.

Задача состоит в том, чтобы на языке программирования C++, написать программу, реализующую численный эксперимент приближения непрерывной функции с помощью сплайна порядка 1, дефекта 1, а далее на языке программирования Python написать программу, которая аппроксимирует функцию изученного индикатора с помощью данных сплайнов.

На отрезке $[a, b]$ задана непрерывная функция $f(x)$. Даны её значения в точках $x_{k,n} = \frac{(b-a)k}{n} + a, k = 0, 1, 2, ...n, n \in N$. Эти точки называют узлами интерполяции. Сплайны $S(f, x)$ должны в точках $x_{k,n} = \frac{(b-a)k}{n} + a, k = 0, 1, 2, ...n, n \in N$. совпадать с $f(x_{k,n}) = S(f, x_{k,n})$, а между ними, на $[a, b]$ приближённо представлять $f(x)$. Это свойство называют интерполяцией. В данном случае между точками $x_{k,n} = \frac{(b-a)k}{n} + a, k = 0, 1, 2, ...n$, при каждом $n \in NS(f, x) = a_k x + b_k$ является линейной функцией, т.е. многочленом первой степени. В точках $x_{k,n} = \frac{(b-a)k}{n} + a, k = 0, 1, 2, ...n$ функция $S(f, x)$ ломается. Здесь у неё существует производная порядка степень сплайна минус дефект сплайна. В этом случае 1-1=0. Производная нулевого порядка - это сама непрерывная функция, у которой производной может не существовать. Т.о. график сплайна есть ломаная, которая в узлах сплайна может ломаться, но вершины ломаной лежат точно на графике функции $f(x)$. В данном случае узлы сплайна и интерполяции совпадают $x_{k,n} = \frac{(b-a)k}{n} + a, k = 0, 1, 2, ...n, n \in N$. Между узлами ломаная должна приближённо представлять функцию $f(x)$.

На практике примение такое: берем значение котировок ценной бумаги с ресурса: https://www.finam.ru с частым шагом, например, одна минута. Затем приближаем функции с этими данными с помощью сплайнов. Берем шаг между узлами чуть больше, например, пять, пятнадцать или тридцать минут. Вычисляем индикатор по значениям сплайнов. Сравниваем поведение индикатора по точным данным и по сплайнам, если разница небольшая, то использует более редкие данные, а не с минутным или тиковым шагом. Потом приближаем их с помощью программного кода на языке программирования Python и пользуемся индикатором по ним. На основе полученных данных делаем вывод об эффективности технического индикатора Накопления/Распределения.

Заключение

1.Разработан метод сплайн-аппроксимации, позволяющий вычислять коэффициенты сплайн-функций без составления и решения громоздких систем линейных уравнений.

2.Полученные формулы позволяют производить вычисление любого из коэффициентов сплайна для любого отрезка независимо от других.

3.Получили упрощенную последовательность вычислений, что позволяет существенно повысить скорость и точность расчетов на ЭВМ при одновременном упрощении программного кода в том числе и при его отладке, что имеет определяющее значение при решении оперативных задач

4.Полученные результаты позволяют обобщить целый класс задач, связанный с аппроксимацией кривых кубическими сплайнами, т.к. при решении поставленной задачи используются матрицы заранее вычисленных коэффициентов.

Основным недостатком полиномиальной интерполяции является то, что она неустойчива на одной из самых удобных и часто используемых сеток - сетке с равноудаленными узлами. Если позволяет задача, эту проблему можно решить за счет выбора сетки с Чебышевскими узлами.

К достоинствам сплайн-интерполяции следует отнести высокую скорость обработки вычислительного алгоритма, поскольку сплайн — это кусочно-полиномиальная функция и при интерполяции одновременно обрабатываются данные по небольшому количеству точек измерений, принадлежащих к фрагменту, который рассматривается в данный момент. Интерполированная поверхность описывает пространственную изменчивость различного масштаба и в то же время является гладкой. Последнее обстоятельство делает возможным прямой анализ геометрии и топологии поверхности с использованием аналитических процедур.

Работа на финансовых рынках предполагает вероятностную оценку будущих событий. Абсолютно точное предсказание динамики цен в течение какого-либо периода времени является одной из важнейших задач на рынке бумаг по сей день.

В данной работе был рассмотрен технический индикатор Накопления/Распределения. Была выполнена задача о аппроксимации индикатора сплайнами для существенного экономия времени и ресурсов. На основе полученных данных сделан вывод, что при количестве точек между узлами не превышающих пяти, ошибка минимальна,а при большем количестве точек индикатор приближается намного хуже.