

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Математико-механический факультет

Кафедра системного программирования

Фрактальный анализ рынка

Курсовая работа студента 345 группы
Землянкой Светланы Андреевны

Научный руководитель

.....

Е.Ю. Ширяев

Санкт-Петербург
2011

Оглавление

1. Введение.....	3
2. Теория.....	4
2.1. Фрактальная геометрия.....	4
2.2. Фракталы.....	5
2.3. Гипотеза фрактального рынка.....	5
3. Существующие исследования.....	7
4. Цели.....	8
5. Описание алгоритма.....	9
5.1. R/S – анализ фрактального рынка.....	9
5.2. Алгоритмы торговли.....	10
6. Реализация.....	12
6.1. Используемое программное обеспечение.....	12
6.2. Анализ рисков.....	12
6.3. Торговый робот.....	13
6.4. Тестирование.....	13
6.5. Трудности в реализации.....	13
7. Итог.....	14
8. Направление дальнейшего развития.....	15
Список литературы.....	16

1. Введение

«Понедельник 15 сентября 2008 года вошел в финансовую историю США и всего мира. Всего за один день произошли два события, потрясшие Уолл-стрит: инвестбанк Merrill Lynch перестал существовать самостоятельно, приняв предложение о слиянии с Bank of America, а инвестбанк Lehman Brothers не смог найти покупателя на свои активы и объявил о банкротстве». [1] Банкротства крупнейших мировых финансовых институтов, обесценивание активов в очередной раз заставило усомниться экономическую общественность в адекватности классической финансовой теории.

Гипотеза эффективности финансовых рынков (ЕМН, Effective Market Hypothesis) основана на предположении о том, что текущая цена бумаг содержит в себе информацию о всех факторах, повлиявших на нее. На основании данных предположений строится модель рынка и проводится ее анализ. В результате все изменения такого рынка легко предсказуемы, но из-за того, что модель слишком идеализированна конечный результат часто оказывается далеким от реальности.

В противопоставление ЕМН была выдвинута гипотеза фрактального рынка (ФМН, Fractal Market Hypothesis), основанная на теории хаоса и теории фракталов. В ФМН модель рынка более близка к реальности и в результате ее анализ сильно усложняется, зато повышается его точность.

Целью данной работы является написание программы, анализирующей состояние рынка, и на основе полученных данных, выбирающей наиболее подходящий алгоритм торговли. А так же написание самого робота, торгующего на бирже, который принимает то или иное решение, опираясь на теорию фрактального рынка.

2. Теория

2.1. Фрактальная геометрия

Фрактальная геометрия — геометрия Демиурга. В отличие от Евклидовой геометрии она основывается на грубости и асимметрии. Объекты не являются вариациями совершенных форм, они бесконечно сложны. Качество самоподобия является определяющим свойством фрактала. Вторая проблема, возникающая при применении евклидовой геометрии к нашему миру, является проблема размерности. В трехмерном мире действительно трехмерными являются только твердые предметы. Строго говоря, полый мячик с отверстиями не является трехмерным объектом. Евклидова геометрия — это упрощение фрактальной геометрии, геометрии Демиурга.

Демиург создал не только фрактальное пространство, но и фрактальное время. Традиционно события рассматриваются как случайные или как детерминированные, но во фрактальной теории эти два типа событий сосуществуют. Фрактальное время характеризуется локальной случайностью и глобальным детерминизмом, т.е. события сами по себе случайны, но в целом предопределены. Детерминизм дает нам закон природы, а случайность вносит разнообразие.

Например, Уэстоном и Гольдбергером постулировалось, что физические фрактальные структуры созданы природой, потому, что они устойчивей к ошибкам, чем симметричные. [2]

Перенесем теперь понятие об устойчивости к ошибкам на финансовые ряды. Фондовый рынок состоит из инвесторов: начиная с тик-трейдеров и заканчивая долгосрочными инвесторами. У каждого есть индивидуальный инвестиционный горизонт, который может быть упорядочен во времени. Стабильный рынок — это рынок, на котором все участники могут осуществлять операции друг с другом, при этом все подвергаются одинаковым рискам, в зависимости от присущих каждому участнику шкалы времени и инвестиционного горизонта. То есть пятиминутные трейдеры сталкиваются с тем же самым риском крупного события, что и трейдеры с недельным горизонтом. Если в масштабе дэй-трейдера имеет место крах, то рынок остается стабильным, если другие трейдеры, которые имеют другие линии горизонта, рассматривают такой крах как возможность покупки и совершают ее. Таким образом, рынок остается стабильным потому, что не имеет характерного масштаба времени. Если бы на рынке были, например, только минутные трейдеры, то он был бы неустойчив. [4]

Демиург объяснял, что случайность равняется новшеству, а детерминированность тому, как система воспринимает это новшество. На рынках новшество это новая информация, а детерминированность — это то, как рынок оценивает эту информацию.

Фрактальная математика часто кажется алогичной, но это происходит только потому, что мы привыкли думать «по-евклиду», приближать предметы к более совершенным формам.

2.2. Фракталы

Точного определения понятия фракталов не существует, но существует ряд свойств, которые помогают его определить. Во-первых, это *самоподобие*, т.е. связь между объектом в целом и его частями. Оно может быть как простым (снежинка Коха, ковер Серпинского), так и более сложным (ценовой ряд). Во-вторых, это *фрактальная (дробная) размерность*, т.е. фрактал имеет не обязательно целую размерность.

Фрактальная размерность определяет то, как предмет заполняет пространство. Фрактальная размерность временного ряда описывает насколько изрезанным он является. Согласно ожиданиям прямая должна иметь размерность 1, а размерность случайного временного ряда 1.5.

На этом свойстве фракталов основаны многие алгоритмы анализа риска на рынке, например, R/S – анализ.

2.3. Гипотеза фрактального рынка

Устойчивый рынок не то же самое, что и эффективный рынок. Устойчивый рынок — это ликвидный рынок. Если рынок ликвиден, то можно рассматривать цену как близкую к «справедливой». Тем не менее, рынки не всегда ликвидны. Когда имеет место недостаток ликвидности, участвующие инвесторы готовы взять любую цену, которую они могут взять независимо от того является она справедливой или нет.

Если бы одна информация имела одно и то же влияние на всех инвесторов, то не было бы никакой ликвидности. После получения одной информации инвесторы начали бы осуществлять одни и те же действия. Тем не менее, это не так. Все инвесторы, торгующие на рынке, имеют различные инвестиционные горизонты. Мы можем так же сказать, что информация важная в различных инвестиционных горизонтах различна.

Гипотеза фрактального рынка подчеркивает воздействие ликвидности и инвестиционных горизонтов на поведение инвесторов. Рынки существуют для того, что бы обеспечить стабильную ликвидную окружающую среду для торговли. Инвесторы хотят получить хорошую

цену, но она не обязательно будет «справедливой» ценой в экономическом смысле. Такое предположение называется гипотезой *фрактального рынка* вследствие такой самоподобной статической структуры.

При нарушении фрактальной структуры рынок становится нестабильным. Нарушение происходит тогда, когда инвесторы с длинными инвестиционными горизонтами или прекращают участвовать на рынке, или сами становятся краткосрочными инвесторами. Происходит это в тот момент, когда инвестор начинает считать, что более долгосрочная фундаментальная информация недостоверна.

В отличие от ЕМН гипотеза фрактального рынка (FMH) говорит, что информация оценивается согласно инвестиционному горизонту инвестора. Поскольку различные инвестиционные горизонты оценивают информацию по-разному. [3]

3. Существующие исследования

На данный момент гипотеза фрактального рынка является наиболее перспективной из всех имеющихся, поэтому исследования в этой области происходили неоднократно.

1. *Гачков А.* Рандомизированный алгоритм R/S – анализа финансовых рядов.

Статья, посвященная улучшению алгоритма R/S – анализа на зашумленных данных. В своей работе я использовала как обычную версию R/S – анализа, так и рандомизированный алгоритм.

2. *Смирнова Н.* Анализ фрактальных свойств финансово-экономических процессов в РФ.

Дипломная работа, посвященная теоретической обоснованности фрактальной гипотезы рынка и ее применимости в российских реалиях.

3. *Investor's Dream*

Приложение, реализующее некоторые из алгоритмов фрактальной экономики.

Отличие моей работы заключается в том, что моей задачей, в первую очередь, был анализ рынка и последующий выбор наиболее подходящего алгоритма торговли, тогда как в представленных исследованиях внимание уделялось либо самой торговле, либо анализу.

4. Цели

Конечной целью данной работы было написание торгового робота, анализирующего состояние рынка, и на основании полученных результатов, выбирающего стратегию для торговли. Для ее осуществления необходимо было выполнить несколько пунктов:

- 1) Изучение непосредственно фрактальной теории рынка и сравнение ее с гипотезой эффективного рынка.
- 2) Изучение теорий фракталов и хаоса, которые лежат в основе фрактальной гипотезы рынка.
- 3) Оценка предполагаемых результатов, которые будут получены при применении данной теории.
- 4) Написание приложения, реализующего анализ текущего состояния рынка, и делающего прогнозы относительно будущего его развития.
- 5) Реализация нескольких алгоритмов торговли на бирже и выявление эффективности каждого из них в зависимости от положения на рынке.
- 6) Написание логики, отвечающей за выбор алгоритма относительно результатов полученных при анализе.
- 7) Тестирование полученного робота, проверка его универсальности.
- 8) Сравнение предполагаемых результатов с полученными.

5. Описание алгоритма

5.1. R/S – анализ фрактального рынка

R/S — анализ опирается в первую очередь на такое свойство фракталов, как дробная (фрактальная) размерность. Фрактальная размерность характеризует то, как объект или временной ряд заполняет пространство. Кроме того, она описывает структуру предмета при изменении масштаба предмета. Фрактальная размерность временного ряда измеряет, насколько изрезанным является этот временной ряд. Гладкая линия имеет размерность 1, которая совпадает с ее евклидовой размерностью. Временной ряд цен на активы представляет собой зазубренную линию. Она не одномерна, так как не является гладкой, в то же время она и не двумерна, так как не заполняет плоскость. Таким образом, размерность финансового ряда находится между единицей и двойкой. Размерность случайного фрактального ряда равна 1.5.

Для анализа фрактальной размерности наиболее широко используется R/S – анализ финансового ряда, в ходе которого вычисляется показатель Херста. Чем ближе показатель к 0, тем ближе размерность ряда к 2, и соответственно, выше риски. Чем ближе показатель к 1, тем риски ниже. Для подтверждения гипотезы эффективного рынка показатель Херста должен быть равен 0.5.

Подробнее каждый шаг алгоритма:

- Начнем с временного ряда длины M и переведем его во временной ряд длины N исходя из такого соотношения:

$$N_i = \log\left(\frac{M_{(i+1)}}{M_i}\right), \quad i = 1, 2, \dots, (M-1).$$

- Делим этот период на A смежных подпериодов длины n так, что $An=N$. Помечаем каждый подпериод за I_a , с учетом того, что $a = 1, 2, \dots, A$. Каждый элемент в I_a помечен N_k , при этом $k = 1, 2, \dots, n$. Для каждого I_a длины n среднее значение определяет так:

$$e_a = \frac{1}{n} \sum N_{(k,a)}$$

- Временной ряд накопленных отклонений $X_{k,a}$ от среднего значения для каждого подпериода I_a определяется как:

$$X_{(k,a)} = \sum_{i=1}^k (N_{(i,a)} - e_a)$$

- Диапазон определяется как максимальное значение за вычетом минимального $X_{k,a}$, в пределах каждого подпериода I_a :

$$R_{(I_a)} = \max X_{(k,a)} - \min X_{(k,a)}, \quad 1 \leq k \leq n.$$

- Каждый диапазон R_{I_a} теперь нормализуется путем деления на соответствующий S_{I_a} . Поэтому повторно нормированный размах в течении каждого I_a подпериода равен R_{I_a}/S_{I_a} . В шаге 2 выше мы получили смежные подпериоды длины n . Следовательно, среднее значение R/S для длины n определяется как:

$$S_{(I_a)} = \left(\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{k=1}^n (N_{(k,a)} - e_a)^2 \right)^{0.5}.$$

- Длина n увеличивается до следующего более высокого значения, $a(M-1)/n$ является целочисленным значением. Мы используем значение n , включающие начальные и конечные точки временного ряда, и шаги 1-6 повторяются до $n=(M-1)/2$.

$$(R/S)_n = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A (R_{(I_a)}/S_{(I_a)}).$$

- Теперь можно применить уравнения $\log(R/S) = \log(c) + H \log(n)$, выполняя простую регрессию методом наименьших квадратов на $\log(n)$, как независимой переменной. Отрезок, отсекаемый на координатной оси, является оценкой $\log(c)$ константой. Наклон уравнения является оценкой показателя Херста H . [1, 4]

5.2. Алгоритмы торговли

Алгоритмы торговли в основном основываются на другом свойстве фракталов — самоподобии. Т.е. при торговле идет анализ данных на различных временных промежутках, а решение принимается на основе того как они соотносятся друг с другом.

В связи с этим был выделен ряд индикаторов:

1) Аллигатор

По существу Аллигатор - это комбинация Линий Баланса за различные временные периоды. Данный индикатор позволяет определить появление тренда на рынке и отреагировать на него вовремя.

2) Бар разворота

Бар разворота представляет собой точку предполагаемого разворота цены. Этот индикатор позволяет открыть позицию ближе к точной точке изменения тренда.

3) *Фрактал (восходящий и нисходящий)*

Если говорить о восходящем фрактале, то смысл его в том, что рынок движется наверх и после того, как все те, кто хотел купить, купили, рынок откатывается назад. Затем на трейдеров начинает влиять некоторая новая информация (Хаос). Возникает новый поток покупок, и рынок, ища место несоответствия ценности и согласия в цене, движется наверх. После такого сигнала мы можем предположить, что рынок продолжит движение вверх и превзойдет этот фрактал.

4) *Awesome Oscillator*

Осциллятор представляет собой некоторый аналог производной от изменений цены, т.е. он показывает направление движения рынка.

5) *Ускорение/Замедление («АС»)*

Этот индикатор показывает направление движения скорости рынка, т.е. ее ускорение и замедление. При поступлении новой информации сначала изменяется ускорение («АС»), потом направление движения рынка («АО»), и только потом изменяется сама цена. Использование этих индикаторов помогает «увидеть» изменение цены до того, как она изменится.

Алгоритмы торговли представляют собой различные комбинации из этих индикаторов и реакции на эти сигналы. Их эффективность варьируется в зависимости от того, в каком положении рынок находится на данный момент [4, 5, 6, 7].

6. Реализация

6.1. Используемое программное обеспечение

Для того, что бы упростить процесс обмена данными между роботом и торговой биржей, а также для того, что бы автоматизировать его последующее тестирование, было использовано приложение *LiveTradeProfessional*. Данная программа является торговым терминалом для организации доступа к биржевым торговым системам в режиме реального времени. Приложение позволяет работать с наиболее распространенным торговым терминалом: QUIK (версии 5.13.0.75 или выше), с промежуточными серверами (PТС, Мicex), а так же с некоторыми интерфейсами для обмена сообщениями с торговыми серверами (SmartCom, Alor, Transaq).

При разработке робота немаловажным фактором было удобство его дальнейшего тестирования. *LiveTradeProfessional* предоставляет возможность тестирования на исторических данных, а так же графическое представление конечного результата.

Для создания роботов, использующих данное программное обеспечение, предоставляет специализированную библиотеку функций. Сам же робот должен реализовывать интерфейс на С# [11].

6.2. Анализ рисков

В качестве первой задачи было выбран анализ текущего положения на рынке и определение риска при вхождении на него в данный момент. В качестве алгоритма был выбран R/S – анализ. Результатом такого анализа являются показатель Херста и размерность ценового ряда, которые вместе отражают рискованность рынка. Подробнее алгоритм анализа был описан выше.

При реализации R/S – анализа критическим местом было время его выполнения. При анализе данных на небольшом периоде результаты нельзя считать достоверными, а на большом анализ занимал слишком много времени.

Недостаток данного анализа состоит в том, что при вычислении показателя Херста на «зашумленных» данных (т.е. на данных на которых оказывают влияние сделки, совершаемые другими инвесторами) результат может быть неточным. Для того, чтобы этого избежать было принято решение использовать рандомизированный алгоритм R/S – анализа. Его отличие от обычного R/S – анализа состоит в том, что в нем возрастает количество испытаний при фик-

сированном временном отрезке, и конечное выбирается из них случайным образом. Повышение эффективности алгоритма при использовании такого метода подтверждена в работе [10].

6.3. Торговый робот

Следующим этапом была реализация самого робота. Для этого необходимо было реализовать все индикаторы и удобную систему обмена данными между ними. Учитывая то, что планировалось сильно варьировать алгоритм работы робота в зависимости от результатов анализа, достаточно много времени было уделено разработке его архитектуры. В результате мы добились достаточной модульности приложения, что обеспечило повышенную надежность и упростило дальнейшую его поддержку [6, 7].

6.4. Тестирование

Особое место в разработке приложения заняло его тестирование. Необходимо было проверить эффективность выбранных алгоритмов на реальных исторических данных, что заняло достаточно много времени. Тестирование проходило на различных временных интервалах, на различных бумагах, в разное время торгов. И, на основании полученных результатов, были выявлены наиболее оптимальные алгоритмы для торговли в каждом конкретном случае.

6.5. Трудности в реализации

- *Гибкости в реализации программы.*

Робот, проведя анализ рынка, должен сам принимать решение о том, какой алгоритм дальше использовать. И это переключение между алгоритмами должно происходить «налету». В результате такая гибкость была достигнута на уровне архитектуры программы.

- *Повышенные требования к надежности*

Учитывая предметную область данного приложения условие надежности особенно критично, т.к. даже небольшой сбой в работе может повлечь за собой большие потери. Надежность улучшалась несколькими путями: во-первых, за счет архитектуры самого приложения (модульность приложения упрощало его расширение, позволяя не задумываться о том, что из-за введения новой функциональности старая может перестать работать корректно), во-вторых, дублированием информации в критических местах (в некоторых случаях требовалось подтверждение сигнала), и в-третьих, за счет многократного тестирования приложения на каждом этапе его разработки.

7. Итог

Результатом проведенной работы является написание торгового робота, выполняющего предварительный анализ рынка, и выбирающего наиболее подходящий в данной ситуации алгоритм торговли. Робот имеет следующую функциональность.

- Определение рисков рынка с помощью определение размерности ценового ряда.
- В случае, если риски превышают максимальную границу, то робот не открывает позиции.
- В зависимости от того, на каком рынке он запущен, какой инвестиционный горизонт задан, в какое время суток происходит торговля, робот выбирает наиболее прибыльный алгоритм.
- Во время торговли робот может открывать позиции, наращивать их, частично закрывать или закрывать полностью в зависимости от поведения цены и других индикаторов.
- Графическое представление всех моментов, в которых робот принимает то или иное решение.

8. Направление дальнейшего развития

- Добавление новых алгоритмов анализа рынка
- Проверка эффективности данного робота на большем числе рынков
- Использование нейронных сетей при анализе информации об оптимальном алгоритме.

Список литературы

- [1] *Кокшаров. А.* Атлант упал // Эксперт № 35. 2009.
- [2] *Кроновер Р.* Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории // 2000г.
- [3] *Мандельброт. Б., Хадсон Р.* (Не)послушные рынки. Фрактальная революция в финансах // 2006г.
- [4] *Петерс Э.* Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. // 2004г.
- [5] *Петерс Э.* Порядок и хаос на рынке капиталов. // 2000г.
- [6] *Уильямс Б.* Новые измерения в биржевой торговле.
- [7] *Уильямс Б., Уильямс Дж.* Торговый хаос // 2005г.
- [8] *Смирнова Н.* Анализ фрактальных свойств финансово-экономических процессов в РФ // 2004г.
- [9] *Пашутин С.* Нелинейная динамика российского рынка: фрактальный подход к устранению хаоса.
- [10] *Гачков А.* Рандомизированный алгоритм R/S – анализа финансовых рядов // 2009г.
- [11] *Cofite* // Официальный сайт компании: <http://cofite.ru> (дата последнего обращения: 19.05.2011).