

УДК 336.7

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО РЫНКА НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ХЁРСТА

Палювина А.С.¹

магистрант,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,

Москва, Россия

Аннотация

В настоящее время многие модели анализа и прогнозирования на финансовом рынке основаны на гипотезе эффективного рынка и предположении о нормальном распределении, однако данный подход игнорирует вероятность наступления экстраординарных событий. Теория фракталов позволяет осуществлять анализ рынков в кризисные периоды. Важнейшим показателем фрактального анализа является коэффициент Хёрста, который позволяет выявить важные характеристики временных рядов и особенности поведения инвесторов на финансовых рынках разных стран.

Ключевые слова: фрактальный анализ, коэффициент Хёрста, валютный курс, гипотеза фрактального рынка, финансовый кризис, поведение инвесторов

FRACTAL FINANCIAL MARKET ANALYSIS USING HURST COEFFICIENT

Palyuvina A.S.

Undergraduate student,

Financial University under the Government of the Russian Federation,

Moscow, Russia

¹ Научный руководитель: Катаргин Николай Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент Департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г.Москва.

Annotation

Currently, many models of analysis and forecasting in the financial market are based on the efficient market hypothesis and the assumption of normal distribution, but this approach ignores the probability of extraordinary events. Fractal theory is used for analysis of markets in crisis periods. The most important indicator of fractal analysis is the Hurst coefficient, which allows identifying important characteristics of time series and the behavior of investors in the financial markets of different countries.

Keywords: fractal analysis, Hurst coefficient, exchange rate, fractal market hypothesis, financial crisis, investor behavior

В теоретических моделях и эмпирических исследованиях традиционно применяется гипотеза эффективного рынка (Efficient Market Hypothesis - EMH), однако она часто подвергается критике. Основным аргументом против EMH выступает возникновение финансовых кризисов: по предположению EMH, кризисы – настолько экстраординарные события, что зачастую вероятность их возникновения принимается как несущественная и не учитывается. В связи с этим, возникла еще одна гипотеза – гипотеза фрактального рынка (Fractal Market Hypothesis – FMH). В отличие от EMH, FMH способна объяснять кризисы. Предполагается, что рынок стабилен, если он состоит из большого количества инвесторов с разными инвестиционными горизонтами, что гарантирует ликвидность. Когда инвесторы меняют свои инвестиционные горизонты (например, фундаментальная информация становится ненадежной, а долгосрочные инвесторы уходят с рынка или сокращают свои горизонты), баланс между краткосрочной и долгосрочной перспективами искажается, рынок становится менее ликвидным и возникает кризис.

FMH подчеркивает влияние информационных и инвестиционных горизонтов на поведение инвесторов. В традиционной теории финансов информация не рассматривается как особенный элемент. Инвестор также

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

является универсальным. По сути, инвестором является любой, кто желает приобрести, реализовать или держать финансовый актив, основываясь на доступной информации. Инвестор также считается рациональным, он всегда стремится максимизировать доходность и знает, как оценивать текущую информацию. Этот подход, где информация и инвесторы являются общими случаями, подразумевает, что все виды информации одинаково влияют на всех инвесторов.

Напротив, FMH была построена на основе наиболее общих характеристик рынков[4, 57]. По своей сути она основана на понятии, опущенном в EMH, - ликвидности. Согласно FMH, ликвидность обеспечивает плавный процесс ценообразования на рынке, делая его стабильным. Если ликвидность сжимается, рынок становится нестабильным и происходят экстремальные движения. В литературе FMH обычно связывают с обнаружением фрактальности или мультифрактальности ценовых процессов финансовых активов. Фрактальная теория рынка также предполагает, что распределение доходностей имеет более острый пик и более толстые хвосты по сравнению с нормальным распределением, что также подтверждается на эмпирических расчётах (рис. 1).

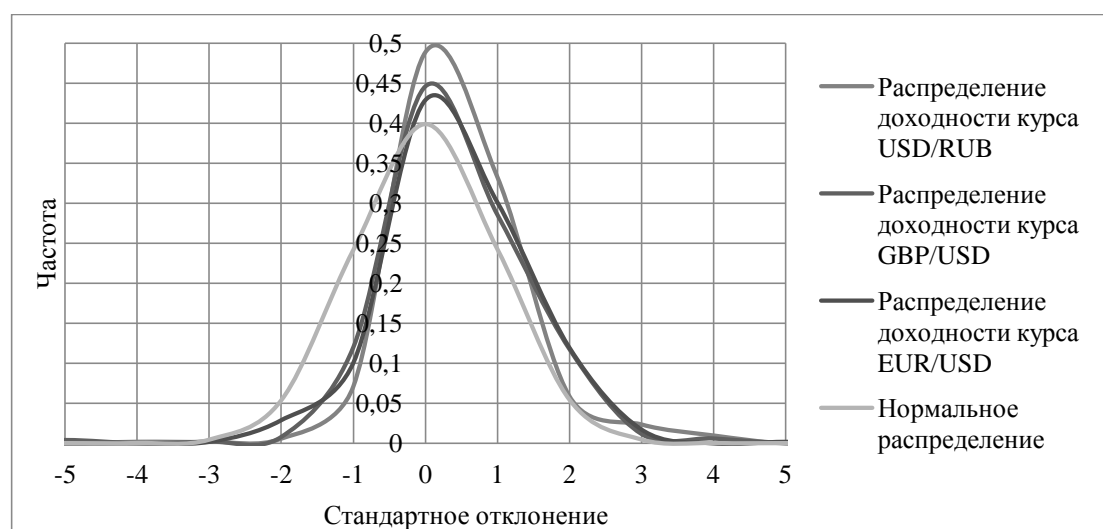


Рис. 1 – Графики распределения доходностей валютных котировок USD/RUB, GBP/USD и EUR/USD и график нормального распределения (недельные доходности, 2009-2018 гг.)

FMH тесно связана с понятием фракталов - самоподобных структур, которые можно найти в природе или среди математических объектов. В случае естественных фракталов самоподобие является приблизительным, математические же фракталы могут демонстрировать точное самоподобие (быть одинаковыми в любом масштабе), популярным примером этого является снежинка Коха (рис.2). Теория фракталов имеет много направлений и приложений, но важен тот факт, что фракталы не ограничены геометрическими объектами, они также могут описывать процессы во времени.

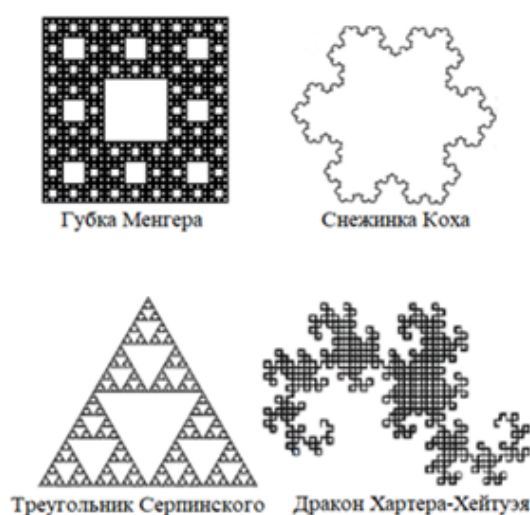


Рис.2 – Примеры геометрических фракталов

В FMH предполагается, что рынки имеют фрактальную структуру, и, среди прочего, это означает, что процесс изменения цен имеет долгую память. Долгая память является нарушением EMH, поскольку последняя предполагает, что изменения цен следуют случайному блужданию (независимы друг от друга). Фрактальный анализ временных рядов предлагает меру длинной памяти – показатель (коэффициент) Хёрста. Показатель Хёрста (H) был введен в середине прошлого века британским гидрологом Э. Хёрстом, который изучал статистические свойства переливов реки Нил для практической задачи определения оптимального размера плотины, но впервые он был применён к временным рядам значительно позже, и теперь он всё ещё является популярной мерой для анализа финансовых рынков [2]. Показатель Хёрста может

принимать значения от 0 до 1 и позволяет тестировать ЕМН (если цены независимы, он имеет значение, близкое к 0,5), а также FMN, которая предполагает, что показатель Хёрста, как правило, должен быть выше 0,5. Показатель Хёрста связан с фрактальной размерностью D по формуле: $D=2-H$ [3], в связи с этим, в теории фракталов размерность принимает дробные значения. Процессы с более высоким H (персистентные процессы) имеют D , близкую к 1, поэтому они ведут себя во времени линейным образом, и более устойчивы, а график менее «зазубрен», в то время как процессы с низким H и, следовательно, более высоким D являются более неустойчивыми.

Таким образом, показатель Хёрста является полезным показателем для анализа финансовых рынков. Его значение может дать некоторое представление о характере процесса изменения цен. Поскольку показатель Хёрста способен обнаруживать долгосрочные зависимости во временных рядах, его можно использовать в качестве инструмента для тестирования ЕМН и FMN, что будет сделано в практической части данной работы. Кроме того, показатель Хёрста может использоваться для обнаружения скрытых циклов в наборах данных [4].

Существуют различные методы оценки показателя Хёрста. Первым из методов был R/S-анализ, который до сих пор остаётся одним из популярных методов. Тем не менее, у него есть некоторые недостатки, среди которых: зависимость от количества элементов ряда, непригодность для анализа нестационарных рядов, чувствительность к краткосрочным корреляциям. Также существует множество методов оценки коэффициента Хёрста, в том числе, посредством вейвлет-анализа. В данной работе далее оценка коэффициента производится по двум вышеупомянутым методам, при этом для нивелирования недостатков при применении R/S-анализа в качестве входных данных использовались логарифмические доходности динамики валютных курсов.

Идея R/S-анализа – это зависимость между масштабируемыми кумулятивными отклонениями от среднего (смещения) и количеством точек

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

данных, используемых в анализе (времени). Показатель Хёрста является показателем масштабирования: $H = (\log(R/S(n)))/(\log(c \times n))$, где

H – коэффициент Хёрста;

S – среднеквадратичное отклонение ряда данных;

R – размах накопленного отклонения;

n – количество периодов наблюдений;

c – заданная константа, положительное число, эмпирически выявленное значение которого равно 0,5 (по расчётам Хёрста для природных явлений).

В данной работе оценка коэффициента Хёрста посредством R/S-анализа производилась в специальной программе Fractan.

Второй метод оценки – дискретное вейвлет-преобразование – в своей основе имеет принцип кратномасштабного анализа, то есть разложения ряда данных на низкочастотную аппроксимацию и малые (высокочастотные) детали. Оценка с помощью данного метода производилась в программе Matlab.

В качестве данных взяты недельные значения курсов валют (доллар США к национальной валюте) за 2001-1кв.2019 гг. двух групп стран (согласно методике МВФ) – развитых (страны Еврозоны, Швейцария, Швеция, Япония, Канада, Великобритания) и развивающихся (Китай, Россия, Аргентина, Бразилия, Турция, ЮАР, Индонезия) [1]. Целью анализа является выявление особенностей динамики валютных курсов, на основе которых можно сделать вывод о поведении инвесторов и наличии стабильности на валютных рынках анализируемых стран (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент Хёрста при анализе динамики валютных курсов разных стран

Валюта	R/S-анализ	Вейвлет-преобразование
Евро	0.5355	0.5188
Швейцарский франк	0.4993	0.5007
Шведская крона	0.5153	0.4959
Йена	0.5391	0.5130
Канадский доллар	0.5540	0.5559
Фунт стерлингов	0.5506	0.5445

Юань	0.7688	0.8099
Российский рубль	0.5916	0.5893
Аргентинское песо	0.7097	0.7080
Бразильский реал	0.6738	0.6521
Турецкая лира	0.6168	0.6064
Южноафриканский рэнд	0.6285	0.6106
Индонезийская рупия	0.6333	0.6205

Согласно полученным результатам, коэффициент Хёрста для валютных курсов развитых стран имеет значение, близкое к 0,5. Это означает, что рынки данных стран являются более приближёнными к понятию эффективного рынка, более транспарентными, инвесторы являются относительно независимыми, поэтому на их поведение в меньшей степени влияет мнение толпы. Напротив, на развивающихся рынках наблюдается более высокий коэффициент Хёрста, то есть динамике валютных курсов соответствует персистентный характер. На развивающихся рынках инвесторы более подвержены «стадному» инстинкту из-за особенностей структуры рынков и менталитета, а также из-за более выраженной асимметричности в распространении информации. Данные рынки являются менее устойчивыми и более подверженными кризисным явлениям.

В данной работе проанализирован общий характер динамики валютных курсов, однако можно предположить, что поведение инвесторов в разные периоды времени (безкризисный и кризисный) может характеризоваться различным значением коэффициента Хёрста. В связи с этим, можно выделить перспективное направление дальнейшего исследования – попытка предсказать критические точки в поведении рынка с использованием показателя Хёрста, то есть предположить, что локальный показатель Хёрста изменит свой тренд до изменения цен. Так, динамика на рынке становится более волатильной до кризиса, поэтому ежедневные изменения цен становятся менее коррелированными, чем в стабильном состоянии, даже если в поведении рынка всё ещё нет резких изменений. Поскольку значение показателя Хёрста $H > 0,5$ может указывать на наличие дальних корреляций или «персистентность»

процесса, оно соответствует сильной и продолжительной тенденции. Напротив, низкое значение показателя Хёрста указывает на «нервозность» рынка или «антиперсистентность» процесса (данному явлению характерно понятие «возврат к среднему»).

Таким образом, с помощью FMH можно исследовать характер динамики цен и валютных курсов на рынке, а также финансовые кризисы. Как указывалось ранее, наличие инвесторов с разными горизонтами гарантирует стабильность рынка. Кризис возникает, когда фрактальная структура рынка искажена. Такое искажение может произойти, если инвесторы, имевшие длительные инвестиционные горизонты, либо прекратят участвовать на рынке, либо сократят свои горизонты. Когда горизонты становятся однородными, ликвидность сжимается, а рынок находится в состоянии «свободного падения» и цены обваливаются. Это может произойти в период экономической или политической нестабильности, когда никто не уверен в будущем и не готов нести высокий риск. Э. Петерс приводит пример следующей ситуации [4]. После убийства президента США Джона Кеннеди 22 ноября 1963 года цены на акции возросли: смерть президента сделала весьма неопределёнными будущие перспективы. Основная информация потеряла свою ценность, и долгосрочные инвесторы, которые обычно основывают свои решения на ней, покинули рынок. В тот день индекс S&P500 потерял около 3%, и позже Нью-Йоркская фондовая биржа была закрыта и открыта снова спустя несколько дней после того, как инвесторы снова могут делать долгосрочные прогнозы. Также, большие потери произошли в первый торговый день после атак 11 сентября (S&P500 потерял около 14%, DJI - 11%), хаос и неопределенность были главными факторами, которые привели рынок в движение даже спустя неделю после трагедии (NYSE и Nasdaq не были открыты 11 сентября и оставались закрытыми до 17 сентября).

Итак, EMH и FMH по-разному интерпретируют финансовые кризисы. EMH утверждает, что кризис - это случайное отклонение от стабильного

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

эффективного состояния, в то время как FMH полагает, что кризисы являются логическим следствием недостатка ликвидности на рынке, и они возникают, если инвесторы не уверены в будущем состоянии рынка. Однако было бы преждевременно утверждать, что FMH всегда работает лучше, чем EMH. Как и любая теория, она имеет свои ограничения и описывает только часть реальности. Что касается финансового кризиса, то фрактальный анализ может объяснить поведение инвесторов, запускающее механизм кризиса, но ничего не говорит, например, о причинах формирования рыночных пузырей. FMH делает акцент на тех аспектах, которые ранее практически не принимались во внимание – инвестиционные горизонты и ликвидность. Данные понятия могут объяснить такие явления, как поведение толпы, с экономической, а не психологической точки зрения. Эта теория предлагает некоторые характерные черты, которые следует искать в поведении рынка.

Библиографический список:

1. Данные по курсам валют – Информационная платформа Investing.com. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.investing.com/currencies/>
2. Зиненко А.В. R/S-анализ на фондовом рынке / А.В. Зиненко // Математические модели социальных и экономических систем. Бизнес-информатика. – 2012. – №3(21). – с. 24-30.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
4. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории хаоса в инвестициях и экономике. – М.: Интернет-трейдинг, 2004. – 304 с.
5. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: Пер. с англ. – М.: Мир, 2000. – 281 с.
6. Теплов С.Е. Применение R/S-анализа на фондовых рынках / С.Е. Теплов // Финансы и бизнес. – 2008. – №1. – с.129-137.

Оригинальность 95%