***Эмпирическая проверка парадокса***

***Гроссмана-Стиглица***

**Семин Семен[[1]](#footnote-1), Ганьков Даниил[[2]](#footnote-2)**

[**senyasemi@yandex.ru**](mailto:senyasemi@yandex.ru)

**Аннотация**

В работе проведена эмпирическая проверка парадокса Гроссмана-Стиглица. Проверка проводилась на фондовых рынках России, Великобритании, Кореи, Тайваня. При анализе использовались методы анализа нелинейных систем. Предложены методы проверки парадокса Гроссмана-Стиглица по прямым и косвенным признакам. Сделан вывод об актуальности парадокса Гроссмана-Стиглица. Предложены новые способы объяснения эффективности фондовых рынков.

**Введение**

Гипотеза эффективного рынка получила бурное развитие в 1970-ые благодаря работам Ю. Фамы. Однако, ещё в 1900 году похожая идея была предложена Луи Бешелье, полагавшим, что поведение фондовых рынках может быть объяснено случайными блужданиями.

Данная гипотеза предполагает, что в силу минимальных транзакционных издержек информация на фондовых рынках распространяется моментально. Данная информация отражается в котировках ценных бумаг. Это, как следствие, должно минимизировать количество манипуляций с ценными бумагами на рынке. Результатом этого должно стать то, что стоимость ценных бумаг колеблется вокруг определенного уровня, соответствующего их объективной стоимости, в зависимости от колебаний спроса и предложения на данный актив.

На техническом уровне это гипотеза формулироваться через понятие стохастические стационарных временных рядов и оптимизации на них. В основе большинства современных моделей лежит портфельная теория Марковица, предполагающая задачу квадратической оптимизации при линейных ограничениях с использованием вектора их средних ожидаемых доходностей [1].

У данной гипотезы с самого началась образовалось большое количество как критиков, так и защитников [2]. С технической точки зрения большая часть критики сосредоточилась идее подхода к фондовому рынку, как к стационарному процессу. Существует мнение, что значительно более соответствующем реальности было бы рассмотрение не линеаризированных моделей, базирующихся на нормальном распределение, а рассмотрение моделей, построенных на основе распределения Леви и Леви процессов [3].

С практической точки зрения гипотезу эффективного рынка ставит под вопрос парадокс Гроссмана-Стиглица [4]. Для выполнения гипотезы эффективного рынка необходимо, чтобы на рынке активной действовали агенты. Однако, если рынок не эффективен, то агенты теряют мотивацию оставаться на нем, т.к. заработок на стохастических стационарных процессах либо маловероятен, либо крайне малодоходен. Не имея повода оставаться на рынке, инвесторы покидают его, делая его несовершенным. Таким образом, рынок должен быть либо постоянно неэффективен, либо совершать колебания вокруг определенного значения.

Недавние события в мировой экономике вновь актуализировали обсуждение гипотезы эффективного рынка: самой показательной, мы считаем, можно назвать ситуацию с акциями GameStop, когда участники сабреддита r/wallstreetbets скоординированными действиями увеличили стоимость акций определенной компании более чем на 1000%, а сами скачки стоимости зависели от количества тематических поисковых запросов в Google [5]. Интересно заметить, что в данном случае рост количества участников торгов не привел к большей эффективности фондового рынка.

Вопрос о корреляции количества агентов на рынке и его эффективности является, на наш взгляд, дискуссионным. Большее количество инвесторов ведет к тому, что знание становится все более и более распределенным, а рыночная власть отдельных крупных игроков сокращается. Однако, многочисленные исследования показывают, что самые крупные фондовые рынки, к примеру, NASDAQ, являются неэффективными [6], а фондовые рынки Нигерии [7] и Турции [8] эффективными. В целом же эффективность рынков развивающихся стран зачастую выше, чем развитых [9].

Существуют различные способы объяснить данное явление. Как правило на крупных рынках развитых стран доля неинституциольных инвесторов больше. В работе [10] показано, что понижение трансакционных издержек может вести к образованию менее осведомленных агентов, что, в свою очередь, ведет к снижению общей эффективности рынка. В наибольшей степени подобным рискам подвержены рынки с большой долей мелких сделок. Работа [11] на примере Тайваньского фондового рынка показывает, что неинституциональные инвесторы ведут себя более «шумно» на рынке.

Целью данной работы является исследование зависимости между количеством участников торгов и его эффективность. Данная работа может внести вклад в понимание фундаментальных принципов работы фондового рынка, причины кризисов на них происходящих. Так же, возможно, выводы, сделанные в работе, помогут регуляторам принимать более эффективные решения.

**Методология**

Выводы о эффективности фондового рынка зависит непосредственно от выбранного периода и метода. Из-за сложности объекта исследования ни одну методологию нельзя назвать до конца идеальной. Их проблемы были продемонстрированы на примере анализа фондовых рынков Балтии в работе [12]. Аналогичная проблема имеется и на Московском фондовом рынке [13].

**Показатель Херста**

Показателем эффективности фондового рынка для нас выступит коэффициент Херста, вычисляемый методом *R/S* анализа по следующей формуле:

где: *R* – нормированный размах вариации, *S* – стандартное отклонение, *n* – количество элементов выборки, *c* – константа, *H* – коэффициент Херста.

Для получения *H* по вышеописанной формуле необходимо осуществить ряд последовательных действий:

1. Разделить временной ряд *N* на *A* периодов длиной *n*. Обозначим каждый период как , где *a=1,2,3…A* и найти среднее значение каждого ряда:
2. Рассчитать отклонение от среднего значения для каждого :
3. Рассчитать размах *R*:
4. Рассчитать стандартное отклонение S:
5. Найти нормированный размах:
6. Дальше менять размер *A* до следующего момента:
7. Далее необходимо перейти в дважды логарифмические координаты и вычислить регрессию методом наименьших квадратов:

Выбор подобного метода анализа можно обосновать рядом аргументов:

1. Наглядность степени эффективности фондового рынка. Коэффициента Херста *H* может принимать следующие значения: *H* < 0.5 – временной ряд является антиперсистентным; *H* = 0.5 – временной ряд представляет собой случайные блуждания; *H* > 0.5 – временной ряд является персистентным. Чем больше значение *H* отклоняется от 0.5, тем более доминирующей в нем является та или иная тенденция. Благодаря этому представляется возможным численно оценить степень отклонение рынка от эффективного состояния;
2. *R/S* анализ является нелинейным, что, по сравнению с линейными методами, например, авторегрессией, позволяет значительно более точно учитывать имеющиеся во временном ряду отклонения и локальные тренды [14].

*R/S* анализ является фрактальным анализом временного ряда. Пионером в применение данного метода к фондовым рынкам можно назвать Б. Мандельброта, который обнаружил фрактальную структуру в ценах на хлопок [15]. Значительный вклад в теорию внес Э. Петерс, разработавший стратегию торговли, основанную на фрактальности рынка [16].

С развитием теории появились мультифрактальные методы анализа временных рядов [17] и соответствующие стратегии и методы анализа рынка [18]. Наибольшую популярность в современном мире приобрёл метод MF-DFA, которой обеспечивает большую точность и глубину анализа. В нашем анализе мы ограничимся использованием только R/S анализа, т.к. в дальнейшем мы будем использовать короткие временные ряды (длиной порядка ). На небольших временных рядах R/S анализ обладает меньшей дисперсией, чем MF-DFA [19]. Большая дисперсия способна помешать нам в оценке динамики рынка и его реакции на изменение количества инвесторов.

**Показатель Ляпунова**

Помимо выше озвученного фрактального анализа, в статье так же будет использоваться расчет показателя Ляпунова. Он показывает скорость расходимости траекторий в фазовом пространстве. Это расхождение может быть описано следующей формулой:

где обозначает показатель Ляпунова, - расстояние между контрольной точкой и ее ближайшим соседом через шагов, - расстояние между контрольной точкой и ее ближайшим соседом в начальный момент.

В нашем случае этот показатель отвечает за «хаотичность», неустойчивость фондового рынка. Чем выше этот показатель, тем выше волатильность рынка.

Использование показателя Ляпунова имеет смысл, если мы говорим о хаотичной системе. Вопрос о хаотичности фондовых рынков является дискуссионным вопроса, которому посвящены многочисленные научные работы [20]. Целью данной работы не является проверка данной гипотезы. Дальнейшие рассуждения мы будем строить на основе предшествующих исследований, которые показывают, что фондовые рынки являются хаотичными системами [21].

Показатель Ляпунова рассчитывается не для абсолютных значений, а для профиля временного ряда длиной *N*, состоящего из значений *n*:

Показатель Ляпунова мы рассчитывали c использованием метода рекуррентного количественного анализа (Recurrence quantification analysis, RQA). На данный момент этот вид анализа показал заметную эффективность в анализе фондовых рынков множества стран [22].

RQA предполагает построение проекции псевдофазового пространства на плоскость по теореме Такенса, где одному состоянию системы *x* в момент *i* соответствует состояние системы в момент *j*. Затем строится бинарная матрица размером . Каждое значение в матрице определяется из следующей формулы:

где – функция Хевисайда, - норма, – размер окрестности точки, в которой ищется пересечение.

Из полученной матрицы можно получить значение дивергенции матрицы, который вычисляется по следующей формуле:

где: – максимальная длина диагональной линии в матрице, состоящей из единиц.

Данный показатель не является показателем Ляпунова, однако он прямо пропорционален ему и имеет ту же динамику [23]. Поэтому мы будем считать, что

В работе [24] показана возможность прогнозировать с помощью показателя Ляпунова кризисные состояние на фондовом рынке.

**Алгоритм анализа**

Суть анализа заключается в сопоставлении показателя Херста, показателя Ляпунова и количество участников торгов. Мы полагаем, что, согласно парадоксу Гроссмана-Стиглица, эти значения будут постоянно колебаться вокруг постоянного значения. Наиболее высокими эти значения должны быть в предкризисные и кризисные периоды.

В работе приводится два вида анализа: по прямым и косвенным признакам. Первый случай предполагает, что нам заранее известно количество уникальных трейдеров, а второй, что единственная известная нам информация – объем и суммарная стоимость совершаемых на рынке операций.

Для расчетов, парсинга данных и построения графиков был написан код на языке программирования Python. Код выложен в открытый доступ [25].

**Алгоритм по прямым признакам**

Данный алгоритм предполагает использование метода скользящего окна длиной в один год и длиной шага в один месяц. Пошагово алгоритм описывается следующим образом:

1. От начальной даты анализа отмеряется период равный одному году;
2. Для значения индексов в данном периоде считается показатель Херста;
3. Считается среднее количество уникальных трейдеров в указанный период;
4. Строится рекуррентная матрица и считается ;
5. Делается шаг длиной в один месяц;
6. Для нового периода повторяются шаги 2-5. Повторяется пока есть возможность делать шаги и оставлять общую длину временного ряда равной году;
7. Строится зависимость коэффициента Херста от среднего количества уникальных участников торгов и показателя Ляпунова.

Данный анализ позволит плавно проследить изменение коэффициента Херста в зависимости от количества трейдеров, совершивших хотя бы одну сделку. Если гипотеза эффективного рынка верна, то на получившемся графике коэффициента Херста не должен заметно отклоняться от 0.5 независимо от количества пользователей. Если верен парадокс Гроссмана-Стиглица, то показатель Херста должен колебаться вокруг определенного значения, которое не обязательно равно 0.5, и, как мы ожидаем, амплитуда колебаний должна уменьшаться при увеличении количества трейдеров.

**Алгоритм по косвенным признакам**

Данный алгоритм является менее точным и надежным, чем предыдущий. Он исходит из предположения, что основной объем дорогостоящих сделок приходится на меньшую долю самых влиятельных участников рынка. Мы предполагаем, что индивидуальные инвесторы располагают меньшим по объему и стоимости объемом ценных бумаг. Таким образом одна операция, проводимая институциональным инвестором может оцениваться в миллионы долларов, а операция, проводимая отдельным трейдером или домохозяйством в сотни или тысячи долларов. В таком случае вместо анализа непосредственного количества участника торгов, мы анализируем задержку между количеством совершенных сделок и их объемом. В пошаговой реализации это выглядит следующим образом:

1. Обозначим количество сделок и объем сделок как *x* и *y* соответственно.
2. Введем новую переменную s, которая будет обозначать кумулятивное произведение отношений приращений *x* и *y*:
3. От начальной даты анализа отмеряется период равный одному году;
4. Строится рекуррентная матрица и считается ;
5. Для значения индексов в данном периоде считается коэффициент Херста;
6. Для каждого месяца *j* длиной *n* в выбранном периоде рассчитаем среднеквадратичное отклонение, а затем рассчитаем среднее значение за год:
7. Делается шаг длиной один месяц
8. Для нового периода повторяются шаги 4-7. Повторяется пока есть возможность делать шаги и оставлять общую длину временного ряда равной году;
9. Строится зависимость полученных значений коэффициента Херста от соответствующих значений *m* и *.*

Кумулятивное произведение мы ввели, чтобы в явном виде проследить изменяющуюся во времени структуру и обозначить критические моменты, если таковые имеют место.

Дисперсия позволяет оценить разброс рынка относительно эффективного значения, если такое имеется.

В условиях стационарного случайного блуждания мы ожидаем, что на протяжение всего периода, , т.к. *s* стремится к 1, среднеквадратичное отклонение будет минимально, а коэффициент Херста . В противном случае мы ожидаем, что будет сильно отклоняться от единицы, при увеличение *m* амплитуда колебания коэффициента Херста будет уменьшаться, при приближении рынка к эффективному состоянию будет максимально, т.к. этот период будет волантильным.

В дальнейшем показатель *m* для удобства мы так же будем называть показателем стабильности.

**Данные**

Для анализа по прямым признакам мы данные Московской биржи. В качестве анализируемых индексов мы взяли индексы IMOEX с 1.01.2007 по 1.01.2021. Период выбран на основе того, что информация о количестве пользователей доступна только с 1.01.2007. Данные о количестве уникальных клиентов, совершивших хотя бы одну сделку взяты с официального сайта Московской биржи [26].

Для анализа по косвенным признакам были выбраны Корейская, Лондонская и Тайваньская фондовая биржа. В качестве анализируемых индексов были взяты KOSPI, FTSE 100, TWSE за период 1.01.1998-1.01.2021. Период выбран на основе того, что они позволяют проанализировать реакцию рынка на кризис Dotcom-ов, кризис 2008 и коронакризис. Данные об объеме и стоимости совершаемых сделок так же брались с официальных сайтов [27, 28, 29].

**Результаты**

Прежде всего стоит оценить эффективность рынков в целом. Сравнение по коэффициенту Херста приведено в таблице 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Imoex | KOSPI | FTSE 100 | TWSE |
| *Коэффициент H* | 0.525 | 0.573 | 0.551 | 0.505 |

Таблица . Сравнение коэффициента Херста

Интересно заметить, что согласно нашим расчетам, Тайваньский рынок можно назвать эффективным. Недалеко от него расположилась Московская биржа.

**Результаты анализа по прямым признакам**

На рисунке 1 отображена зависимость показателя Херста от количества трейдеров. Градиентом на графике обозначен период: более темный цвет точки обозначает более поздний период наблюдений.

Можно заметить, что в полном согласии с парадоксом Гроссмана-Стиглица эффективность рынка колеблется вокруг определенного значения. Однако в короткий промежуток времени (периоды с 113 по 120) коэффициент *H* резко снижается с 0.68 до 0.48. Количество участников торгов за этот период вырос более чем на 13%. С точки зрения парадокса Гроссмана-Стиглица можно было бы сказать, что неэффективность повышает возможный выигрыш агентов от участия в торгах, что влечет к их притоку, но их приток увеличивает эффективность рынка.

Затем на протяжении десяти периодов (с 120 по 130) растет и *H* и среднее количество уникальных пользователей. Однако начиная с 130 периода и по 140 коэффициент Херста снижается, достигая почти эффективного состояния с отметкой .

Интересно отметить динамику, представленную на рисунке 2, на котором отображено количество уникальных трейдеров по месяцам. На отметках 130-137 виден нестабильный рост количества агентов, а затем их стагнация в периодах 138-142. Т.е. сначала эффективность рынка падает и начинает расти количество трейдеров, однако затем рынок приближается к эффективному состоянию и количество трейдеров перестает расти, т.к. эффективный рынок менее привлекателен.

[Рисунок 1. Москва - Херст vs Стабильность(период)]

[Рисунок 2. Московские сделки]

Однако самое интересное начинается потом: количество трейдеров начинает расти в экспоненциальной прогрессии и неэффективность рынка так же резко повышается, достигая своего максимума в . Важно отметить, что показатель Херста в периодах 145-150 слабо меняется, не смотря на продолжающийся экспоненциальный рост количества трейдеров.

Объяснения последнего этапа представляет определенные проблемы. Самым корректным объяснением нам кажется тот факт, что структура резкого роста количества трейдеров почти полностью состоит из неиституциальных инвесторов, а, как мы указывали выше, исследования указывают на то, что они обладают значительно меньшей рациональностью в выборе стратегий поведения. Однако даже с учетом этого фактора можно сказать, что рынок пришел к стабильно неэффективному состоянию и начал колебаться вокруг определенного значения, о чем и говорит парадокс Гроссмана-Стиглица.

Теперь интересно посмотреть на показатель Ляпунова. Результаты показаны на рисунке 3. Как видно, наибольший показатель Ляпунова наблюдается в самом начале исследуемого периода, что объясняется кризисом 2008-го года. Затем он постепенно снижается и продолжительное время заметно не растет. Интересно отметить, что он поначалу никак не реагирует на резкий рост количества пользователей и показатель *H*. Только в последний период можно наблюдать его постепенный рост, что означает постепенно растущий рост нестабильности на рынке. Если он продолжит расти, это может сигнализировать о потенциальных рисках на российском фондовом рынке.

[Рисунок 3. Москва - Херст vs Стабильность vs Ляпунов (период)]

**Результаты анализа по косвенным признакам**

**Корейский рынок**

На рисунке 4 представлена зависимость показателя Херста от усредненной стабильности корейского фондового рынка.

Интересно отметить, что структура графика схожа с графиком для Московской биржи: так же имеется основное «ядро» и отходящего от него в определенной период времени «петля». В отличие от Московской биржи в Корее подобное явление обусловлено кризисом Dotcom-ов. Визуально ключевое отличие графиков заключается в том, что в прошлом «петля» не замыкалась. Действительно, коэффициент *H* для KOSPI сначала отходит от ядра, принимает максимальное на тот момент значение равное , и затем колеблется вокруг определенного значения. Затем начинаются различия: коэффициент Херста резко снижается и принимает значения 0.51 и 0.49 в периоды 41 и 42 соответственно, после показатель стабильности начинает стремительно уменьшаться. Возможно, именно этого в будущем стоит ожидать и на Московской фондовой бирже.

Следует заметить, что своего максимального значения показатель эффективности принимает в период 225 со значением равным 0.69, но показатель стабильности в этот период невысок и равен 0.02. Однако в дальнейшем показатель стабильности растет (максимум в 0.09, что соответствует значению, при котором в прошлый раз образовалась «петля») и достигает границ «ядра». Как видно. Есть риск образования новой петли, что может привести к потенциальным рискам на фондовых рынках.

[Рисунок 4. Корея - Херст vs Стабильность(период)]

На рисунке 5 так же учтен показатель Ляпунова. Как видно, наименее стабильным рынок является в период «петли», период высоких значений и *m,* и *H.* В последний период он, так же, как и Московская биржа, принимает небольшие значения.

Мы считаем, что полученные результаты согласуются с парадоксом Гроссмана-Стиглица, т.к. большую часть времени показатель эффективности колеблется в рамках определенного заданного «ядра». В период же когда начинает расти показатель *m* мы наблюдаем неэффективный рынок с низкой стабильностью. Только через определенный период он приходит к около эффективному состоянию, после чего показатель стабильности резко снижается, возвращаясь в «ядро».

[Рисунок 5. Корея - Херст vs Стабильность vs Ляпунов (период)]

**Лондонский рынок**

Рисунок 6 демонстрирует структуру отличную и от Корейского фондового рынка, и от Корейского. В отличие от прошлых примеров мы имеем не замкнутую петлю не просто ответвление. В случае FTE100 мы все ещё наблюдаем «ядра», только теперь их несколько, и они соединены. Этим переходам соответствуют кризис Dotcom-ов, кризис 2008 и последний коронакризис. В отличии от KOSPI ответвления не замыкаются, а образуют новое «ядро».

[Рисунок 6. Лондон - Херст vs Стабильность(период)]

Интересно заметить, что паттерны образования ответвлений идентичны прошлым случаям. Рассмотрим каждый из случаев в отдельности:

1. Начиная с периода 101 () начинается стабильный рост показателя стабильности и показателя стабильности, достигая своего максимума в период 123 (). После этого рынок постепенно становится все более эффективным, но показатель стабильности продолжает расти. На какой-то период возникают устойчивые структуры (период 130-137). При снижающемся *H* начинает снижаться и *m*. В конце концов период «перехода» завершается в период 154 ();
2. Начиная с периода 200 () показатель Херста вновь начинает стремительно расти, достигая своего максимума в отметке 206 (). После этого полностью повторяется сценарий первого перехода с повышением эффективности рыка, продолжающимся ростом *m*, образованием стабильных структур (периоды 209-211). В итоге, «переход» завершается в период 213 ();
3. О последнем «переходе» рано делать полноценные выводы, т.к. он все ещё в процессе. Наблюдается стабильный рост *H* и *m* с периода 234 (), после чего все параметры растут вплоть до периода 251 (). Затем показатель Херста начинает резко меняться, а показатель стабильности резко расти. Пока сложно полноценно прогнозировать дальнейшие изменение показателей, но основываясь на предыдущих данных мы предполагаем, что показатель Херста будет образовывать стабильные структуры с после чего «переход» образует новое ядро.

Теперь добавим в рассмотрение показатель Ляпунова (рисунок 7). Как видно, рынок наиболее турбулентный именно в моменты переходов, но в периоды нахождения рынка в «ядре» он стабильно невысок. Это роднит явление «петли» на Корейском фондовом рынке и «переходов» на Лондонском.

[Рисунок 7. Лондон - Херст vs Стабильность vs Ляпунов (период)]]

Полученные результаты нельзя назвать противоречащими парадоксу Гроссмана-Стиглица. Главное отличие от предыдущих рынков – наличие нескольких «ядер». В остальном поведение полностью описывается парадоксом: агенты реагируют на сокращение эффективности на рынке и начинают на нем торговать. Со временем такой приток инвесторов начинает повышать эффективность рынка, и он становится все менее интересным. В итоге часть трейдеров его покидает вновь, делая рынок неэффективным. Только на этот раз, в отсутствии внешних шоков, рынок не совершает «переход» - его эффективность начинает колебаться вокруг определенного значения.

**Тайваньский рынок**

Тайваньский рынок с самого начала вызвал большой интерес, т.к. R/S анализ, что этот рынок можно назвать эффективным.

Как видно на рисунке 8, в отличие от исследуемых в прошлом рынков, здесь отсутствует заметная структура. Иногда показатели *H* и *m* создают локальные структуры (периоды 123-149, 166-176), но все они носят довольно случайный характер.

Ещё большую смуту вносит рисунок 9, на котором добавлен показатель Ляпунова. Отчетлива заметна пустующая середина. Если проводить аналогии с прошлыми рассматриваемыми рынками, то вместо периодических возникновений «петель» и «переходов» весь тайваньский рынок в целом можно охарактеризовать, как единую замкнутую «петлю»

[Рисунок 8. Тайвань - Херст vs Стабильность(период)]

[Рисунок 7. Лондон - Херст vs Стабильность vs Ляпунов (период)]]

На данном рынке не возникает ситуации, когда рынок совершает «переход». Он просто всегда колеблется относительно определенного показателя эффективности. Самое интересное, что, не приходя в эффективное состояние ни в один из конкретных моментов, рынок в целом можно назвать эффективным.

**Обсуждение**

В ходе рассмотрения рынков мы обнаружили связь между обобщенным анализом временного ряда и его сегментации. Чем более разрозненным является сегментированный рынок, тем более он эффективен. Приведем сводную таблицу, где каждой бирже сопоставим её общий *H,* дисперсию *H,* полученных методом скользящего окна, и размах *H,* полученный аналогичным способом. Из рассмотрения мы исключим Московскую биржу, т.к. её временной ряд был заметно более коротким в сравнении с другими.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Биржа |  |  |  |
| KOSPI | 0.573 | 0.054 | 0.25 |
| FTSE 100 | 0.551 | 0.061 | 0.3 |
| TWSE | 0.505 | 0.069 | 0.38 |

Таблица 2. Сравнение показателей

Несложно заметить, что чем больше дисперсия и размах внутренний структуры рынка, тем более рынок эффективен. Так же интересно отметить, что чем рынок эффективнее, тем сложнее он кластеризуется: на KOSPI очевидно видно «ядро» и «петля»; на FTSE 100 уже сложнее идентифицировать «переходы», а также анализу мешает наличие нескольких «ядер»; в TWSE так вовсе лишь изредка проглядываются намеки на структуризацию данных.

С экономической точки зрения это можно описать, как тот факт, что даже если в отдельные моменты времени агенты не получают информацию в полном объеме рынок может быть эффективным, если агенты не способны сформировать долгосрочную совместную стратегию. В таком случае, хоть и при условии кратковременного проигрыша отдельных агентов, формируется более распределенное знание об акциях на рынке. Невозможность агентов задать долгосрочный тренд приводит к тому, что в отдельные периоды времени рынок неэффективен для отдельных агентов, но в целом он эффективен для всех агентов.

Возможно именно в этом и заключается разница в стратегии институциональных и неинституциональных инвесторов: институциональные инвесторы нацелены на долгосрочную прибыль и лучше разбираются в потенциальных рисках. Неинституциональные-же инвесторы больше готовы на авантюру: если видят необоснованно растущие акции они в большей степени готовы в них вложиться с целью краткосрочной прибыли. За счет количеств неинституциональные инвесторы ещё больше разгоняют цены на акции, что ведет к ещё большему росту котировок. Таким образом на рынке образуется «коллективное действие», способное само «создавать» знание о стоимости акции, в обход других агентов (как это случилось с GameStop).

Впрочем, подобное объяснение является лишь предположением и требует дальнейшего исследования.

**Заключение**

В данной работе методами статистической физики был проанализирован факт наличия или отсутствия на фондовых рынках парадокса Гроссмана-Стиглица. Мы склонны подтвердить наличие такого явления, но с рядом оговорок. Как видно, сформулированный ещё в 1980 годы парадокс способен и по сей день описывать поведение агентов на фондовом рынке, что подтверждается проведенной нами статистической проверкой.

Методы эконофизики предоставляют богатый инструментарий для глубокого анализа фондового рынка. Главным методом большинства моделей является их высокая дисперсия на данных небольшой длиной. Но даже с учетом этого факта они способны дать достаточно точное описание ситуации на рынке. В будущем имеет смысл работать над совершенствованием описанных методов, увеличивая их точность.

В результате мы получили интересную зависимость между внутренней и обобщённой эффективностью фондового рынка. Данная зависимость хорошо согласуется с предыдущими исследованиями. Подтверждение или опровержение гипотезы требует теоретико-игрового моделирования и дальнейшего исследования.

# Ссылки

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | N. W. J. Y. Stephen G. Dimmock, «THE ENDOWMENT MODEL AND MODERN PORTFOLIO THEORY,» NBER WORKING PAPER SERIES, Cambridge, 2021. |
| [2] | M. Leković, «EVIDENCE FOR AND AGAINST THE VALIDITY OF EFFICIENT MARKET HYPOTHESIS,» *Journal of Economic Perspectives,* т. 56, № 3, pp. 369-387, 2018. |
| [3] | C. Schinckus, «Econophysics and Levy Processes: Statistical implications for financial economics,» CIRST, Quebec, 2021. |
| [4] | J. E. S. SANFORD J. GROSSMAN, «On the Impossibility of Informationally Efficient Markets,» *The American Economic Review,* т. 3 , № 70, pp. 393-408, 1980. |
| [5] | Š. Lyócsa, E. Baumöhl и T. Vŷrost, «YOLO trading: Riding with the herd during the GameStop episode,» econstor, 2021. |
| [6] | K. L. Z. Q. Wanting Wang, «Multifractal Analysis on the Return Series of Stock Markets Using MF-DFA Method,» *15th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations,* pp. pp.107-115, 2014. |
| [7] | Mayowa Gabriel Ajao, «Testing the Weak Form of Efficient Market Hypothesis in Nigerian Capital Market,» *Accounting and Finance Research ,* т. 1, № 1, pp. 169-179, 2012. |
| [8] | Z. A. Ozdemir, «Efficient market hypothesis: evidence from a small open-economy,» *Applied Economics,* т. 40, № 5, p. 633–641, 2008. |
| [9] | G. D. O. I. B. M. M. Syed Aun R. Rizvi, «An analysis of stock market efficiency: Developed vs Islamic stock markets using MF-DFA,» *Physica A,* № 407, p. 86–99, 2014. |
| [10] | L. H. Bin Gu, «Transaction Costs and Market Efficiency,» в *Twenty-Second International Conference on Information Systems*, 2001. |
| [11] | Y.-J. L. R. R. A. S. Yi-Tsung Lee, «Order Imbalances and Market Efficiency: Evidence from the Taiwan Stock Exchange,» Order Imbalances in Taiwan, 2003. |
| [12] | L. N. Augustas Degutis, «THE EFFICIENT MARKET HYPOTHESIS: A CRITICAL REVIEW OF LITERATURE AND METHODOLOGY,» *EKONOMIKA,* т. 2, № 93, pp. 7-23, 2014. |
| [13] | И. Я. Л. и. О. М. М. Е. А. Федорова, «Анализ движения к информационной эффективности фондового рынка России на основе Garch-моделирования и фильтра Кальмана,» *Финансы и кредит,* т. 556, № 23, 2013. |
| [14] | M. Sewell, «The Efficient Market Hypothesis: Empirical Evidence,» *International Journal of Statistics and Probability,* т. 1, № 2, pp. 164-178, 2012. |
| [15] | Б. Мандельброт, (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах, издательский дом «Вильямс», 2006. |
| [16] | Э. Э. Петерс, Фрактальный анализ финансовых рынков: применение теории хаоса в инвестициях и экономике, Интернет-трейд, 2003. |
| [17] | B. B. Mandelbrot, «A MultifractalWalk down Wall Street,» *Scientific American,* pp. 70-73, 1999. |
| [18] | W.-J. X. W.-X. Z. D. S. Zhi-Qiang Jiang, «Multifractal analysis of financial markets,» Preprint submitted to Physics Reports, 2018. |
| [19] | L. Krištoufek, «R/S Analysis and DFA: Finite Sample Properties and Confidence Intervals,» MPRA, 2009. |
| [20] | L. Inglada-Perez, «A Comprehensive Framework for Uncovering Non-Linearity and Chaos in Financial Markets: Empirical Evidence for Four Major Stock Market Indices,» *Entropy,* т. 22, № 12, 2020. |
| [21] | R. G. Aviral Kumar Tiwari, «Chaos in G7 Stock Markets using Over One Century of Data: A Note,» Research in International Business and Finance, 2018. |
| [22] | J. C. Jo˜ao A. Bastos, «Recurrence quantification analysis of global stock markets,» Rua do Quelhas, 2010. |
| [23] | F. Strozzu, «Application of non-linear time series analysi techniques to high frequence currency exchange data,» Liuc Papper, 2002. |
| [24] | A. B. O. S. V. S. S. S. Vladimir Soloviev, «Lyapunov Exponents as Indicators of the Stock Market Crashes,» ICTERI, 2020. |
| [25] | [В Интернете]. Available: https://github.com/senya-semin/another-university-rs-analysis. |
| [26] | [В Интернете]. Available: https://www.moex.com/. |
| [27] | [В Интернете]. Available: http://www.krx.co.kr/main/main.jsp. |
| [28] | [В Интернете]. Available: https://www.londonstockexchange.com/. |
| [29] | [В Интернете]. Available: https://www.twse.com.tw/en/. |

1. Студент 3 курса бакалавриата Национального Исследовательского Института «Московский Институт Электронной Техники» направления Менеджмент [↑](#footnote-ref-1)
2. Студент 2 курса магистратуры Национального Исследовательского Института «Московский Институт Электронной Техники» направления Прикладная Информатика [↑](#footnote-ref-2)