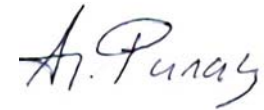


На правах рукописи

ФИЛАТОВ ДАНИЛА АЛЕКСАНДРОВИЧ



МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ МЕТОДАМИ
НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные
методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Воронеж – 2007

Работа выполнена в Автономной образовательной некоммерческой организации «Институт менеджмента, маркетинга и финансов»

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор
Яновский Леонид Петрович

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Давнис Валерий Владимирович

кандидат экономических наук, доцент
Буховец Алексей Георгиевич

Ведущая организация Воронежская государственная
технологическая академия

Защита состоится 29 мая 2007 г. в 10 часов на заседании диссертационного Совета ДМ 212.037.09 в Воронежском государственном техническом университете по адресу: 394026, г. Воронеж, Московский пр., 14, корп. №1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВГТУ.

Автореферат разослан 28 апреля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Мяснянкина О.В.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современный финансовый рынок характеризуется значительной сложностью протекающих на нем процессов. Возрастают риски, происходит глобализация международных рынков, увеличивается волатильность валют, процентных ставок, курсов ценных бумаг и цен на сырьевые товары, и, как итог, финансовые рынки стали более нестабильными, сложными, рискованными и дерегулированными. Стандартные методы моделирования временных рядов для анализа и прогнозирования процессов, происходящих на финансовых рынках, в таких условиях часто дают неудовлетворительные результаты. Можно отметить разрыв между действительными экономическими реалиями и экономическими теориями.

В этой связи построение математических моделей, позволяющих лучше понять структуру и поведение рынка как единого целого, так и его составляющих, долгое время привлекали и продолжают привлекать внимание исследователей и практиков. В настоящее время становятся особенно актуальными работы, позволяющие хотя бы в минимальной степени смоделировать и объяснить законы этого рынка. Эти работы важны и для инвесторов, интересующихся возможностью прогнозирования поведения цен финансовых активов, и для регулирующих органов, которых интересует возможность влияния на рынок так, чтобы он наилучшим образом соответствовал целям развития экономики.

В последнее время все большее внимание уделяется исследованию финансовых временных рядов с точки зрения теории хаоса. Это достаточно новая область, которая представляет собой активно развивающийся раздел математических методов экономики. Математическая теория хаоса, являющаяся одним из направлений нелинейной динамики, позволяет выявить сущность глубинных экономических процессов, часто скрытых и неявных, и разработать основу для принятия решений в таких ситуациях.

Возрастание интереса к нелинейной динамике можно связать в основном с двумя факторами – широким распространением и доступностью мощных персональных компьютеров и осознанием важности изучения динамики хаотических систем. Появление ПК вызвало к жизни экспериментальные исследования, которые оказались необходимы ввиду неполноты теоретических представлений в данной области. Те методы и алгоритмы, которые еще совсем недавно не могли быть использованы по причине их большой сложности и ресурсоемкости, с успехом реализуются сейчас.

Диссертация выполнена в соответствии с одним из основных направлений научных исследований Института менеджмента, маркетинга и финансов «Системный анализ и управление экономическими системами с использованием современных математических методов и информационных технологий».

Степень научной разработанности проблемы. Значительный вклад в исследование рынка ценных бумаг и развитие теории инвестиций в целом внесли, прежде всего, лауреаты Нобелевских премий (Дж. Тобин (1981), Г. Марковиц (1990), У.Ф. Шарп (1990), М. Шоулс (1997), Р. Ингл (2003)), а также ряд других зарубежных (Г. Дж. Александер, Дж. В. Бейли, Г. Дженкинс, Дж. Линтнер, Д. Мерфи, Дж. Моссин, Д. Нельсон, С. Росс и др.) и отечественных (Л.О. Бабешко, А.В. Воронцовский, В.В. Давнис, В.Н. Едророва, Д.А. Ендовицкий, Ю.П. Лукашин, Я.М. Миркин, А.О. Недосекин, Е.М. Четыркин и др.) ученых.

Применение методов нелинейной динамики к исследованию финансового рынка было начато Б. Мандельбротом, Б. Лебэрроном, А. Броком, Д. Съе, и продолжено Т. Веге, Д. Сорнетте, Э. Петерсом, Г.Г. Малинецким, А.Б. Потаповым, Л.П. Яновским, В.А. Перепелица, Е.В. Поповой, Л.Н. Сергеевой, М.М. Дубовиковым, Н.В. Старченко и другими.

Цели и задачи диссертационной работы. Целью данного исследования является совершенствование и развитие методологического аппарата теории нелинейной динамики и создание на этой основе новых методик анализа процессов, происходящих на российских и международных финансовых рынках.

Для реализации поставленной цели в диссертационной работе ставятся следующие задачи:

- исследование подходов к оценке стоимости финансовых активов, разработанных в рамках как линейной, так и нелинейной парадигмы;
- применение методологического аппарата нелинейной динамики к моделированию и анализу процессов, протекающих на рынках ценных бумаг;
- выявление критериев, позволяющих выбирать финансовые активы для инвестирования;
- разработка методики, позволяющей классифицировать финансовые крахи и идентифицировать наличие финансового «пузыря»;
- разработка методики расчета параметров модели Веге-Изинга, построенной на основе гипотезы когерентных рынков;
- исследование прикладных возможностей разрабатываемых моделей и процедур;
- осуществление программной реализации расчета параметров состояния финансового рынка и торговых сигналов.

Предмет и объект исследования. Предметом исследования в настоящей работе являются математические, физические и экономические инструменты оценки, анализа и прогнозирования стоимости финансовых активов.

В соответствии с поставленной целью, объектом исследования являются зарубежные и российские фондовые и валютные рынки и связанные с ними финансовые инструменты.

Методология исследования. Методологическую основу исследования составили современная теория финансовых рынков, а также последние достиже-

ния в области эконометрического моделирования. В процессе работы над диссертацией использовались труды отечественных и зарубежных ученых в области эконометрического моделирования финансовых процессов методами нелинейной динамики, анализа рынка ценных бумаг, финансового и инвестиционного менеджмента.

Были использованы материалы научной периодической печати, Интернет-ресурсы, архивы котировок цен акций и индексов (www.finance.yahoo.com, www.rts.ru). Эти данные составили эмпирическую базу исследования.

При выполнении диссертационной работы применялись методы хорошо известные в профессиональной литературе - методы нелинейной динамики, наряду с методами эконометрического, статистического и экономического анализа.

Обработка данных проводилась на ПЭВМ с использованием пакетов статистического анализа данных.

Научная новизна. В работе получены следующие результаты, отличающиеся научной новизной:

- понятие «частично детерминированного временного ряда», отражающее в динамике стоимости финансовых активов одновременное присутствие как случайной, так и детерминированной компоненты;
- выдвинута гипотеза о степени роста корреляционной размерности частично детерминированного ряда в зависимости от степени детерминированности, позволяющая количественно оценить в структуре ряда процентную характеристику детерминированной и случайной компонент;
- рекомендации по выбору финансовых активов для инвестирования в зависимости от степени детерминированности ценового ряда актива;
- методика на основе гипотезы о росте корреляционной размерности ряда, позволяющая классифицировать финансовые крахи на два основных типа и идентифицировать наличие финансового «пузыря»;
- регрессионные уравнения в рамках гипотезы когерентных рынков и модели Вега-Изинга для расчета числа участников рынка, степени согласованности инвесторов и параметра, отражающего воздействие на рынок внешних экономических факторов;
- методика анализа числа участников рынка на основе гипотезы когерентного рынка, отличающаяся положением об изменчивости числа участников рынка в зависимости от состояния рынка и рассматриваемого временного интервала;
- стратегия работы инвестора на финансовых рынках, отличающаяся учетом предварительной идентификации текущего состояния рынка.

Диссертационная работа выполнена в рамках п. 1.6. «Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики ...», п. 1.9. «Разработка и развитие математических методов и моделей анализа и про-

гнозирования развития социально-экономических процессов общественной жизни...» паспорта специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики».

Практическая значимость работы. Сформулированные выводы и предложения, разработанные модели и алгоритмы могут быть использованы финансовыми учреждениями, частными инвесторами, разработчиками информационно-аналитических систем, другими субъектами рынка ценных бумаг в качестве инструментария для получения дополнительной информации, способствующей повышению степени обоснованности инвестиционных решений.

Предложенные методы, модели и программы прошли успешную верификацию на реальных временных рядах американского и российского финансового рынка.

Апробация и внедрение результатов работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на: семинарах и научных сессиях в Институте менеджмента, маркетинга и финансов; Международной научной школе-семинаре «Методы математического и компьютерного планирования и прогнозирования в экономике» (Орел, 2003, 2004); Всероссийской научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы» (Воронеж, 2004); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современных наук: Теория и практика» (Днепропетровск, 2005); VII Международном симпозиуме «Математическое моделирование и компьютерные технологии» (Кисловодск, 2005); Международной научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы» (Воронеж, 2005, 2006, 2007).

Отдельные результаты диссертационного исследования нашли применение в практической деятельности финансовых компаний ООО «Воронежская инвестиционная палата» и ООО «Реплигон», что подтверждается актами внедрения. Некоторые положения диссертационной работы, а именно методика оценки параметров модели когерентного рынка, позволяющая определить фазу рыночного состояния, а также методика, позволяющая классифицировать финансовые крахи на два основных типа и идентифицировать наличие финансового «пузыря» - внедрены в учебный процесс по направлению «080100» «Экономика» Института менеджмента, маркетинга и финансов, г. Воронеж.

Рабочая гипотеза исследования состоит в том, что финансовый рынок не может быть описан только линейными моделями и требует привлечения методов нелинейной динамики. В частности, требуется отразить долю детерминированной компоненты в структуре рынка и описать возможные состояния рынка на основе развития теории когерентного рынка. Это позволит в дальнейшем использовать полученные результаты в практических целях для повышения обоснованности и снижения риска инвестиционных решений.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- понятие «частично детерминированного временного ряда», как ряда содержащего компоненты детерминированного и случайного хаоса;
- методика оценки «степени детерминированности ряда», позволяющая выявлять долю случайной и детерминированной компоненты в структуре ряда;
- методика, позволяющая классифицировать финансовые крахи на два основных типа и идентифицировать наличие финансового «пузыря»;
- методика оценки параметров модели когерентного рынка, позволяющая определить фазу рыночного состояния;
- положение о переменном числе участников рынка в зависимости от его состояния и о связи степени согласованности мнений инвесторов с постоянной Херста из теории нелинейной динамики;
- стратегия работы на финансовых рынках с учетом фазы рынка, позволяющая получить более высокую доходность и меньший риск по сравнению со стратегией пассивного инвестирования.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 15 работ, в том числе 1 статья в издании, рекомендованном ВАК России («Финансы и кредит»), 1 монография, 1 программа для ПЭВМ. В работах выполненных в соавторстве [1, 4, 7, 13], лично автору принадлежит применение алгоритма определения процента детерминированного хаоса к оценке финансовых кризисов. В монографии [2] предложены методические указания для оценки доли детерминированной компоненты для временных рядов, а также показана согласованность данного показателя с показателем, определяющим степень персистентности ряда. В [3, 10] в ходе эмпирической проверки оценена степень влияния случайного шума на рост корреляционной размерности ряда, а также предложен алгоритм, позволяющий выделить в структуре ряда детерминированную и случайную компоненту. В работах [5, 12] предложен новый индикатор, позволяющий определить является ли рынок трендовым. В [8, 11, 13, 14] получены регрессионные уравнения для расчета числа участников рынка в модели Веге-Изинга, степени согласованности инвесторов и величины, отражающей воздействие на рынок внешних экономических факторов. В [9, 11, 14] определено влияние управляющих параметров на вид функции плотности распределения доходности в модели Веге-Изинга. В [15] на языке программирования Visual Basic for Applications была написана программа подсчета степени устойчивости инвестиционного проекта и программа количественной оценки эффективности работы трейдера на финансовом рынке.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов и предложений, списка используемой литературы из 156 наименований, в т.ч. англоязычных – 47, и приложений. Основной текст изложен на 138 страницах, содержит 11 таблиц, 47 рисунков.

II. Основные научные положения и результаты, обоснованные в диссертации и выносимые на защиту

1. Понятие «частично детерминированного временного ряда» как ряда, содержащего компоненты детерминированного и случайного хаоса.

В диссертации была выдвинута гипотеза, что финансовые ряды обладают, как детерминированной, так и случайной компонентой. Для проверки гипотезы использовалось известное понятие корреляционной размерности.

Для вычисления корреляционной размерности можно использовать алгоритм Грассбергера – Прокачиа. Он состоит в следующем: пусть мы имеем набор m -мерных векторов состояния $\{x_i, i = 1, 2, \dots, N\}$, полученных из численного решения уравнений динамики. Используя некоторое (малое) ε можно применить наш набор данных для оценки $C_m(\varepsilon)$:

$$\begin{aligned} C_m(\varepsilon) &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N(N-1)} \times \\ &\times \left\{ \text{число пар } i \neq j \text{ таких, что } |x_i - x_j| < \varepsilon \right\} = \\ &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \theta(\varepsilon - |x_i - x_j|) \end{aligned} \quad (1)$$

где θ - ступенчатая функция Хевисайда, $\theta(s) = 1$, при $s \geq 0$ и $\theta(s) = 0$ при $s < 0$

Величина $C_m(\varepsilon)$ - корреляционный интеграл, служит (при достаточно больших N , обычно тысячи или десятки тысяч) статистической оценкой суммы $C(\varepsilon)$, где индекс m показывает размерность пространства вложения. Для вычисления корреляционной размерности, для вложения размерности m , проводят расчет $C_m(\varepsilon)$ при различных ε и строят линейную регрессию в двойных логарифмических координатах $\log C_m(\varepsilon)$ и $\log \varepsilon$. Тангенс угла наклона прямой и будет являться оценкой корреляционной размерности D_c для вложения размерности m .

Чем ниже корреляционная размерность ряда, тем меньшее число параметров задействовано в описании системы. При изучении временных рядов будем различать те компоненты рядов, которые образуют странные аттракторы в некотором фазовом пространстве вложения конечной размерности. Эта компонента имеет конечную корреляционную размерность, будем называть ее компонентой детерминированного хаоса. Другую компоненту ряда, которая является, по сути, случайным непредсказуемым шумом и имеет бесконечную корреляционную размерность, будем называть случайной компонентой или слу-

чайным хаосом. При росте размерности вложения и наличии случайной компоненты следует ожидать роста корреляционной размерности ряда. Известно, что с увеличением размерности m фазового пространства, корреляционная размерность полностью случайного ряда растет с порядком роста m . Нами выдвинута гипотеза, что хотя корреляционная размерность рядов, содержащих случайную компоненту, бесконечная, но степень роста корреляционного интеграла замедляется с возрастанием доли детерминированной компоненты в ряде.

Для эмпирической проверки этой гипотезы были изучены ряды известных детерминированных аттракторов (Генератор Ван дер Поля, отображение Хенона, отображение Икеды, система Лоренца, система Ресслера, функция Вейерштрасса-Мандельброта, уравнение Мекки-Гласса).

Для каждого из перечисленных детерминированных рядов D_k (элементы которых обозначим $d_i, i=1..N$) были созданы следующие ряды, содержащие в разной пропорции случайную хаотическую компоненту:

- полностью хаотизированный ряд (полученный путем случайного перемешивания изначального ряда). Обозначим его как S ряд с элементами $s_i, i=1..N$;

- $D^\alpha S^\beta$ ряды - ряды имеющие $\alpha\%$ ($\alpha=0;0.1;\dots;1$) детерминированного хаоса и $\beta\%$ ($\beta=0;0.1;\dots;1$) случайного. Элементы рядов были получены по следующей формуле:

$$z_i = d_i^\alpha * s_i^\beta, i=1..N, \alpha+\beta=1. \quad (2)$$

Назовем ряды вида (2) **частично детерминированными рядами**.

2. Методика оценки «степени детерминированности ряда», позволяющая выявлять долю случайной и детерминированной компоненты в структуре ряда.

Для всех перечисленных выше рядов детерминированных аттракторов была найдена последовательность корреляционных размерностей соответствующих размерностям вложений. Для каждого ряда по этим корреляционным размерностям построена линейная регрессия. Через коэффициенты наклона полученных регрессий построена квадратичная регрессия, где в качестве независимой переменной X взято значение коэффициента наклона прямой регрессии последовательности корреляционных размерностей, в качестве зависимой переменной Y - доля $\beta\%$ случайного хаоса.

Получено следующее квадратичное уравнение:

$$Y = -1.13X^2 + 1.98X \quad (3)$$

Оценка качества построенной регрессии показала, что коэффициенты регрессии значимы и сама регрессия адекватна эмпирическим данным.

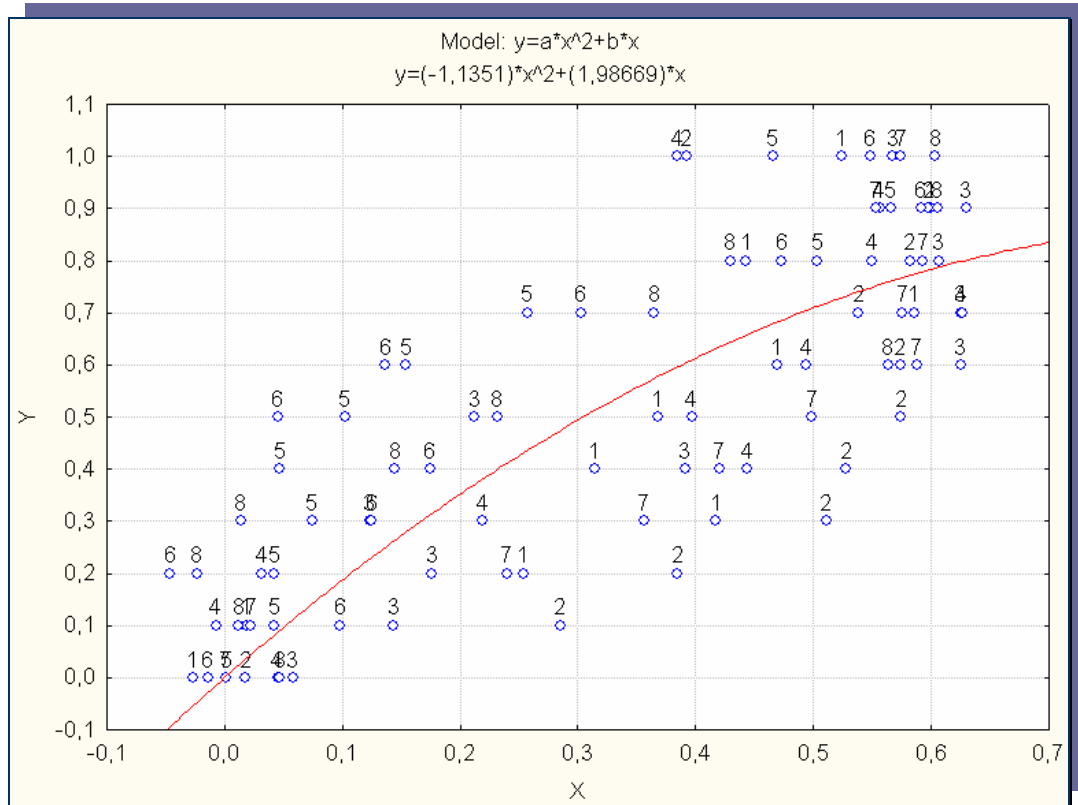


Рис. 1.ФВМ 2.от.Икеды 3.с.Лоренца 4.с.Ресслера 5.г.ВДП1 6.г.ВДП2 7.от.Хенона 8.р.у.МГ. По оси X - коэффициенты наклона линейных регрессий По оси Y - доля $\beta\%$ случайного хаоса

Были получены последовательности корреляционных размерностей для цепных индексов курсов валют Р/\$ (рубль/американский доллар, за 2000-2003 гг.), Р/Е (рубль/евро, за 2000 – 2003 гг.) и коэффициенты наклона корреляционных размерностей $k\$$ и $kЕ$ для Р/\$ и Р/Е соответственно. Подставив коэффициенты наклона корреляционных размерностей $k\$$ и $kЕ$ в уравнение (3), получим, что значение $\beta\%$ случайного хаоса в ряду рубль/доллар равно 52,01%, в ряду рубль/евро - 33,09%. Тем самым можно было сделать вывод о большей перспективности работы трейдера на рынке Р/Е в сравнении с рынком Р/\$.

Аналогичное исследования было проведено для обыкновенных акций российских эмитентов. Конкретно рассматривались цепные индексы цен закрытия основных «голубых фишек» эмитентов за период 1997 – 2003 гг.

По результатам расчета был получен следующий результат (см. табл. 1):

Т а б л и ц а 1

Вычисление процента случайного хаоса акций

Эмитент	% случ. хаоса	Эмитент	% случ. хаоса
РАО ЕЭС	64,2	Ростелеком	43,3
Газпром	65,4	Сбербанк	37,4
НорНикель	57,1	Сугрутнефтегаз	56,0
Лукойл	77,1	Татнефть	28,3
Юкос	69,6		

Полученный результат показывает, что в целом, поведение цен акций за период 1997-2003 гг. на российском фондовом рынке характеризовалось невысокой долей мультипликативного детерминированного хаоса, что говорило о сложности обнаружения долгосрочных закономерностей в значениях цен. Об этом же свидетельствует результат исследования индекса РТС (индекс показывает движение рынка акций в среднем), у которого $\beta\%$ случайного хаоса был равен 60,36%. Следует отметить, что выявлена группа акций (Ростелеком, Сбербанк, Татнефть, Сургутнефтегаз, ГМК Норильский никель) с достаточно невысокой долей случайного хаоса. Для работы с этими акциями трейдерам можно было бы рекомендовать системы технического анализа, построенные на следовании за трендом.

Т а б л и ц а 2

Сравнение процента случайного хаоса для разных периодов времени

Эмитент	% случ. хаоса (1997-2003)	% случ. хаоса (2004-2007)
РТС	60,36	39,1
РАО ЕЭС	64,2	42,3
Газпром	65,4	41,4
НорНикель	57,1	51,3
Лукойл	77,1	72,2
Ростелеком	43,3	49,8
Сбербанк	37,4	45,1
Сургутнефтегаз	56,0	41,2
Татнефть	28,3	62,0

За период 2004 – 2007 гг. большинство акций показало уменьшение процента случайного хаоса в структуре ценового ряда, что отразилось в увеличении степени прогнозируемости этих акций. Как следствие, большинство участников рынка, работающих на системах торговли, основанных на следовании за трендом, получили существенную прибыль за этот период.

Вывод: исследование числовых характеристик финансовых рядов позволяет выявить те финансовые инструменты, которые в той или иной степени детерминированы, и, следовательно, поведение которых может быть частично спрогнозировано методами технического анализа. Отметим, что существенное уменьшение процента случайного хаоса (до $\beta\%=20-25\%$) может служить опасным симптомом «надувания пузыря» и, как следствие, финансового кризиса.

3. Методика, позволяющая классифицировать финансовые крахи на два основных типа и идентифицировать наличие финансового «пузыря».

Алгоритм определения процента случайного хаоса в диссертации был также применен для рыночных индексов (Hang-Seng, SP500, Nasdaq, РТС) на

интервалах, предшествующих и последующих датам сильных финансовых кризисов. Оказалось, что проценты детерминированного и случайного хаоса резко отличаются до и после финансовых кризисов. В результате проведенного исследования выяснилось, что большинство рыночных кризисов можно разделить на два основных класса.

1. **Первый** основной класс характеризуется низким процентом случайного хаоса до краха и значительным процентом случайного хаоса после краха. На графике такая ситуация распознается по крутому подъему до краха и пологому «рассасыванию» финансового пузыря после краха. К этому типу крахов относятся Гонконгские крахи 1994 и 1997 годов, крах Российской товарной биржи 1998 года, крах на Уолл-Стрит 19 августа 1987 года, коррекция американского рынка акций в 1991 году и кризис 1998 года.

2. Редким примером кризисов **второго** класса является кризис индекса SP500 в 2000 году. В то же время акции высокотехнологичных компаний (индекс NASDAQ) падали по обычной схеме.

Итак, тревожным симптомом скорого кризиса и резкого падения рынка акций может служить малый процент случайного хаоса на подъеме рынка акций. Такая ситуация обычно сигнализирует о большом непрекращающемся притоке спекулятивного капитала на финансовые рынки. Происходит резкий разрыв между спекулятивной стоимостью акций и фундаментальными показателями экономического развития, который заканчивается крахом. Если же такой разрыв происходит в одном из ведущих секторов рынка акций, например в секторе высоких Интернет - технологий, то обрушившийся сектор рынка влечет за собой и весь рынок. Но для всего рынка не было спекулятивного роста стоимости акций, следовательно, до краха процент случайного хаоса на всем рынке был значительным. Резкое падение после краха дало уменьшение процента случайного хаоса, что и привело к снижению случайного хаоса в индексе SP500 в 2000 году. Аналогичной представляется коррекция рынка российских акций в 2004 году в связи с известными событиями вокруг нефтяной компании «ЮКОС».

Таким образом, предложенный алгоритм, основанный на вычислении процента детерминированного хаоса, представляет не только практическую ценность как инструмент для подсчета численной величины, отображающей возможность краха, но еще и теоретическую, т.е. как инструмент, позволяющий более глубоко понять структуру и природу крахов.

4. Методика оценки параметров модели когерентного рынка, позволяющая определить фазу рыночного состояния.

В основе гипотезы когерентных рынков лежит физическая модель Изинга плотности вероятности распределения намагниченности в ферромагнетике. Модель Изинга включает три параметра: число кластеров, внутреннюю харак-

теристику кластеров и внешнее воздействие. Основное отличие модели основанной на гипотезе когерентного рынка (Coherent Market Hypothesis – CMH) от однофакторных моделей состоит в том, что вероятностное распределение изменений доходностей рынка во времени базируется не только на фундаментальных экономических условиях, но и на определенных настроениях, иначе говоря «групповом сознании» рынка. А так как комбинации этих двух факторов изменчивы, то изменяется и само состояние рынка. Происходящие при изменении рынка фазовые переходы представляют собой изменение функции плотности вероятности доходностей рынка.

Различают несколько вероятностных состояний (фаз) рынка (см. рис.2):

1. Эффективный рынок, то есть рынок, на котором финансовые инструменты ведут себя как случайный временной ряд и, следовательно, такой рынок не может быть прогнозируемым. В этом случае инвесторы действуют независимо друг от друга, и информация мгновенно отражается в ценах.

2. Переходные состояния рынка. Возникают из-за возрастания «группового сознания», то есть происходит некое смещение в настроениях инвесторов.

3. Хаотический рынок. Рынок, на котором финансовые инструменты обладают «долгосрочной памятью». Настроения инвесторов, в данном случае характеризуются тем, что быстро распространяются в «групповом сознании», а фундаментальные условия нейтральны или еще не определены.

4. Когерентный рынок - рынок, в котором обозначены фундаментальные тенденции и, кроме того, как и в случае 3, присутствует «долговременная память». Это часто трендовые рынки с низким риском для получения прибыли.

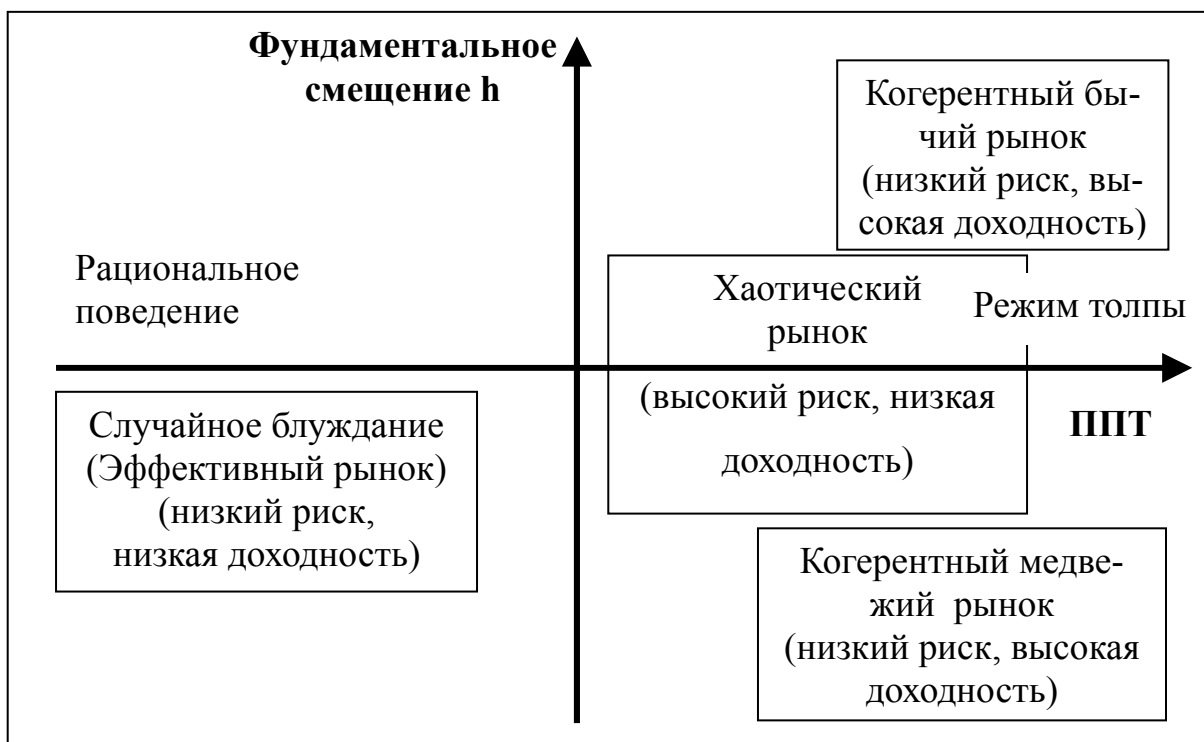


Рис. 2. Зависимость рыночного состояния от h и k

В модели когерентного рынка три основных параметра определяют состояние системы – число степеней свободы (число компонент системы), внутренняя кластеризация (корреляции между компонентами системы) и внешние силы, оказывающие влияние на эту кластеризацию. Веге в качестве показателя внутренней кластеризации использовал термин «рыночное настроение», в качестве внешних сил он взял экономические окружающие условия

Функция плотности вероятности доходности финансового инструмента в модели имеет вид:

$$f(q) = c * Q^{-1}(q) * \exp(2 * \int_{-1/2}^q (K(y) / Q(y) dy), (4)$$

$$K(q) = sh(k * q + h) - 2 * q * ch(k * q + h), (5)$$

$$Q(q) = (1 / N) * (ch(k * q + h) - 2 * q + h), (6)$$

$$c = \int_{-1/2}^{1/2} Q(q) * \exp(2 * \int_{-1/2}^q (K(y) / Q(y) dy) dq, (7)$$

где $f(q)$ – плотность вероятности ежедневной доходности q .

Параметрами порядка системы (4) являются:

h – фундаментальное смещение (результат влияния внешних экономических условий). Параметр варьируется от -0.02, что соответствует падающему рынку, до +0.02 – растущему рынку. Значения лежащие около 0.0 соответствуют нейтральной экономической ситуации.

k – показатель согласованности инвесторов. Параметр может принимать значения от 1.8 до 2.2. При этом $k=1.8$ соответствует полностью случайному временному ряду. Мы предположили, что существует связи между показателем k и показателем Херста H . Эту связь можно выразить соотношением

$$H = k - 1.3. (8)$$

Действительно, в случае $k=1.8$, то $H=0.5$ – мы получаем случайный рынок. Если k возрастает и равно 2, то возрастает и показатель Херста =0.7, что означает присутствие на рынке «режима толпы».

N – число степеней свободы, или количество участников рынка. Будем называть участником рынка - группу инвесторов со сходными инвестиционными действиями и ожиданиями относительно дальнейшего направлением рынка.

В предыдущих исследованиях по теории когерентного рынка предполагалось, что мы не сможем точно узнать значения параметров k и h , и даже узнать, положительны ли они, нейтральны или отрицательны. Тем не менее, в работе удалось предложить метод, позволяющий достаточно точно определить значения управляющих параметров, и, кроме того, показать, что число степеней свободы рынка зависит от его фазы.

Легче всего вычислить показатель согласованности инвесторов k , так как

существует несколько надежных способов расчета показателя Херста. Чтобы рассчитать число степеней свободы рынка и показатель фундаментального смещения h использовались процентные приращения дневных значений индекса S&P500 за период с января 1998 года по август 2004 года. Вся совокупность данных была разбита по 2-месячным интервалам, и в дальнейшем для каждого интервала по разработанной методике были найдены соответствующие значения параметров k, h, N .

Для определения числа степеней свободы рынка был получен следующий график:

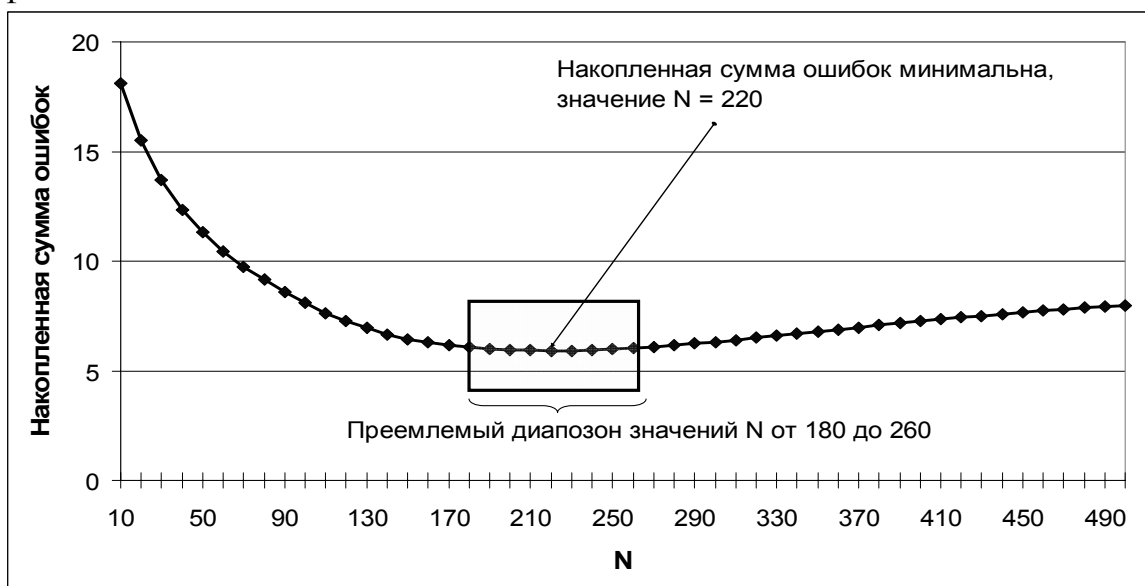


Рис. 3. Определение числа степеней свободы рынка

На основе минимизации ошибок системы (4) для расчета h предлагается следующее уравнение регрессии (рис. 4.).

Как видно из результатов моделирования, все коэффициенты уравнения регрессии статистически значимы, значимо и само уравнение регрессии для вычисления фундаментальной постоянной h .

R= ,85676209 R^2= ,73404128 Adjusted R^2= ,66016386 F(10,36)=9,9359 p<,00000 Std.Error of estimate: ,00293						
N=46	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(36)	p-level
MO	-17,1411	6,73938	-0,00000023648	0,000000	-2,54343	0,015418
CU	-26,3226	10,97135	-0,00166869318	0,000696	-2,39922	0,021732
Цеп. ин. PI	108,2923	15,90365	0,53930429832	0,079201	6,80927	0,000000
Цеп. ин. PPI	-23,9421	10,58328	-0,11958131390	0,052859	-2,26226	0,029814
Цеп. ин. HS	-6,0496	2,23887	-0,03021698679	0,011183	-2,70208	0,010444
UR^2	10,7162	5,14780	0,00000000025	0,000000	2,08170	0,044540
CPI^2	-35,4460	13,23165	-0,00000576533	0,000002	-2,67888	0,011064
UR*MO	26,7427	6,38410	0,00000000187	0,000000	4,18895	0,000173
UR*PI	24,9752	7,34690	0,00000000002	0,000000	3,39943	0,001664
GDP*M2MS	-61,4600	11,23506	-0,00000019373	0,000000	-5,47038	0,000004

Рис. 4. Итоги регрессии для определения константы фундаментального сдвига h

На рис.4 MO- Manufacturers' New Orders: Durable Goods;

CU- Capacity Utilization; PI - Personal Income (цепной индекс);
 PPI - Producer Price Index: All Commodities (цепной индекс);
 HS - Housing Starts: Total: New Privately Owned Housing Units Started (цепной индекс);
 UR - Unemployment Rate;
 CPI - Consumer Price Index For All Urban Consumers: All Items;
 IPI - Industrial Production Index;
 GDP - Gross Domestic Product;
 M2*MS - M2 Minus*M2 less small time deposit.

5. Положение о переменном числе участников рынка в зависимости от его состояния и о связи степени согласованности мнений инвесторов с постоянной Херста из теории нелинейной динамики.

Выше была изложена методика, позволяющая в рамках гипотезы когерентных рынков в модели Веге-Изинга численно подсчитать значение числа участников рынка, степень настроения инвесторов и величину, отражающую внешние экономические условия. Здесь мы показываем, что, в отличие от существовавших ранее предположений, что число участников рынка постоянно, эта величина также изменяется в зависимости от состояния рынка и временного интервала. При тщательном исследовании функции (4) применительно к дневным доходностям индекса SP500 оказалось, что найденный диапазон числа степеней свободы рынка 180-220 является усредненным по всем состояниям рынка. То есть, в среднем, число участников рынка SP500 можно считать равным 220. Заметим, что значение степени свободы рынка интуитивно предложенное Веге и равное 186 - попадает в приемлемый диапазон значений. Но мы считаем не верным следующие предположения, высказанные Веге и повторенные Петерсом. Первое, что N является постоянной и, второе, что «равенство $N=186$ или какому-либо другому числу не является существенным». Мы считаем, что в зависимости от состояния рынка число степеней свободы сильно изменяется. Было получено следующее уравнение зависимости N от других управляющих параметров модели:

$$N = -27666k - 12560|h| + 64278 \ln(k) + \frac{22381}{k}. \quad (8)$$

Regression Summary for Dependent Variable: n (Данные для поиска зависимости N от h и k1. sta)						
R= ,89152356 R²= ,79481425 Adjusted R²= ,77263201						
F(4,37)=35,831 p<,00000 Std.Error of estimate: 110,93						
N=41	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(37)	p-level
k	-228,691	107,0521	-27766,4	12997,65	-2,13626	0,039339
modh	-0,289	0,1359	-12559,9	5903,81	-2,12743	0,040113
LN-V4	179,605	84,3672	64278,9	30194,19	2,12885	0,039988
1/V4	50,318	22,7717	22381,5	10128,78	2,20969	0,033394

Рис. 5. Итоги регрессии для определения N

Отметим, все коэффициенты уравнения статистически значимы, значимо и само уравнение. При этом средняя ошибка прогноза равна 110,93.

Оказывается, с увеличением фундаментального дрейфа рынка и постоянной Херста уменьшается число степеней свободы рынка. Зависимость от фундаментальной составляющей линейная, а в зависимости от постоянной Херста присутствуют нелинейные эффекты, ослабляющие линейную зависимость. Получается, что если на рынке нейтральные фундаментальные данные (тем самым отсутствуют значимые инвестиционные идеи) и слабый настрой толпы, то количество степеней свободы рынка максимально. На рынке много групп (их количество может достигать 500), каждая из которых проводит свою инвестиционную политику с разным временным горизонтом, и, в среднем, их влияния на рынок нивелируется, рынок дрейфует в «боковом тренде». В периоды же когерентных рынков (то есть когда есть сильные позитивные или негативные данные вкупе с поведением инвесторов как толпы) число участников рынка сокращается и может уменьшиться даже до 5-20. Это можно объяснить их объединением в большие группы. В период сильных бычьих трендов, равно как и в период сильных медвежьих ситуация инвесторам, как правило, понятна и вопроса: что делать – покупать или продавать не стоит, количество мнений уменьшается, тем самым уменьшается и количество групп игроков.

На больших интервалах времени (в данном случае мы имели дело с дневными доходностями на двухмесячных интервалах) влияние фундаментальных данных очевидно. Логично задаться вопросом, насколько сильно влияют фундаментальные данные на меньших масштабах времени, например, если использовать часовые доходности, или даже 5-минутные. И более того, от чего в данных случаях будет зависеть число участников рынка?

В попытке ответить на эти вопросы, во многом имеющие теоретический интерес и раскрывающие для нас особенности поведения рынков внутри торгового дня, мы провели соответствующие исследования.

Для часовых данных были использованы котировки SP500 за весь 2003 год (всего получилось 1600 значений). Проведенный анализ показал, что накопленная сумма ошибок отклонения функции плотности вероятностей (4) от гистограммы распределения дневных доходностей будет минимальна при $N=500$. Получается следующее уравнение зависимости N от других управляющих параметров:

$$N = 28655k - 14184\sqrt{k} - 15300k^2. \quad (9)$$

При этом, стандартная ошибка прогноза равняется 122,48.

Для 5-минутных доходностей индекса SP500 (июль-август 2003 года) были получены схожие результаты. Уравнение зависимости N от управляющих параметров оказалось простой линейной зависимостью от k :

$$N = 732k. \quad (10)$$

Обратим внимание, что стандартная ошибка прогноза уменьшилась относительно регрессии на часовых данных и равна 71,24.

Итак, на число участников рынка на часовых и 5-минутных данных экономические фундаментальные факторы влияния не оказывают. Рынок полностью зависит от показателя поведения толпы. Вся совокупная группа инвесторов является разобщенной.

Кроме того, если сравнить разброс фундаментального смещения h на рядах дневных, часовых и пятиминутных доходностей, то мы получим следующий результат:

Т а б л и ц а 3

Сравнение h

Стандартное отклонение h дневных доходностей	0,051
Стандартное отклонение h часовых доходностей	0,023
Стандартное отклонение h 5-мин. доходностей	0,018

Мы видим, что разброс h при переходе к меньшим масштабам времени уменьшается. Это подтверждает наш вывод, что фундаментальные данные на малых промежутках времени перестают учитываться, и, в основном, число участников рынка как и поведение рынка в целом, зависит от показателя согласованности инвесторов. Этим можно объяснить эффективность применения технического анализа для внутридневной торговли. Полученный вывод позволяет говорить о том, что для трейдеров, чей временной горизонт торговли простирается на месяцы, для успешной торговли одного технического и статистического анализа будет недостаточно, и поэтому обязательно надо учитывать результат внешних экономических условий. Таким образом, гипотеза когерентного рынка дает удобную модель для изучения изменяющихся состояний рынка и, кроме того, позволяет более качественно разобраться в его структуре.

6. Стратегия работы на финансовых рынках с учетом фазы рынка, позволяющая получить более высокую доходность и меньший риск по сравнению со стратегией пассивного инвестирования.

Основной вопрос, который стоит перед трейдером, можно озвучить так: «В каком состоянии находится рынок в данный момент»? Так как от правильного распознавания текущих условий зависят, в первую очередь, применяемые инструменты анализа. В случае если трейдер использует в своей работе технический анализ - это выбор между трендовым или флэтовым анализом, или вообще, решением пока не торговать. Для ответа на данный вопрос и может помочь инструментарий СМН.

В диссертации предложена простая система торговли, основанная на распознавании фазы рынка. Основная идея системы основана на избегании периодов, когда рынок ведет себя как случайный или хаотический, и попытке ин-

вестировать только тогда, когда поведение рынка напоминает когерентное. Параметры рынка были подсчитаны для коротких, двухмесячных периодов времени, что накладывает некоторые условия на применение теории когерентных рынков. Так, на таких коротких периодах, показатель Херста (а значит и показатель поведения толпы) редко превосходит величину $=0,7$ (для k соответственно 2), кроме того, само количество данных для подсчета (в среднем 40 торговых дней) не может давать действительно точную оценку этого показателя. Тем не менее, значение H колеблющееся около 0,5 - явное свидетельство того, что рынок в данном периоде подобен случайному. А $H > 0,6$ показывает, что на рынке присутствует неэффективность, то есть можно ожидать большие и продолжительные перемещения в настроениях инвесторов, а в купе с положительными или отрицательными фундаментальными условиями и тренды (соответственно бычий или медвежий).

Были введены следующие торговые правила:

- Покупка, когда $H > 0,58$ и $h > 0,002$;
- Продажа, если h становится отрицательным или нейтральным;
- Продажа, если H приближается к 0,5.

Значения H и h выбраны путем оптимизации стратегии.

Итак, в результате торговли за период с февраля 1998 по июнь 2004 года индекс SP500 вырос с 1049,34 до 1140,84 (на 91,55 единиц значений индекса, что может являться прибылью полученной по стратегии «покупай и держи» за этот период). За этот же период торговля по системе с учетом фазы рынка за счет попытки избегания случайных и хаотичных рынков, то есть с меньшим риском, дала накопленную прибыль 533,69 единиц индекса.

Т а б л и ц а 4

Результат торговли по стратегии избегания хаотичных и случайных фаз рынка

№ сделки	Периоды торговли	Цена покупки	Цена продажи	Прибыль/убыток	Накопленная прибыль
1	2-3	1049,34	1133,84	+84,5	84,50
2	5-7	1098,67	1238,33	+139,66	224,16
3	11-13	1342,44	1366,42	+23,98	248,14
4	15-16	1454,60	1520,77	+66,17	314,31
5	23-25	1084,10	1106,72	+22,62	336,93
6	32-33	916,92	976,23	+59,31	396,24
7	34-36	1008,01	1111,92	+103,91	500,15
8	38-39	1107,30	1140,84	+33,54	533,69

Всего было совершено 8 сделок, все из которых оказались прибыльными, скорей всего, это просто следствие малого количества сделок.

Для оценки риска мы использовали коэффициент колеблемости остатков ряда после выделения линейной регрессии, построенной по каждому из 39 промежутков. Для этого вычислялась остаточная сумма квадратов по следующей формуле:

$$S_{\text{in}}^2 = \sum_{i=1}^n (y'(x_i) - y_i)^2, \quad (11)$$

где n – число дней в каждом периоде; y_i – цена закрытия индекса i -го дня; $y'(x_i)$ – значение цены закрытия i -го дня построенное по уравнению регрессии. Среднее значение остаточной суммы квадратов в период торговли оказалось равным 10693, а среднее значение этого показателя в остальные периоды равно 30124,82. Это показывает, что риски торговли по данной системе существенно меньше рисков пассивного управления стратегией длительного владения активом. Таким образом, даже такая простая система уже позволяет уверенно работать на рынке.

Работы, в которых опубликованы основные результаты диссертации:

1. Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России

1. Филатов Д.А. Анализ состояния финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Научно-практический и аналитический журнал: «Финансы и кредит» № 32 (200) – 2005. – С. 2-14.

2. Монографии

2. Филатов Д.А. Исследование закономерностей динамики урожаев, осадков и температур в Северном полушарии / И.Б. Загайтов, С.И. Яблоновская, Л.П. Яновский, Д.А. Филатов и др. – Воронеж: ВГАУ, 2005: -100с.

3. Статьи и материалы конференций

3. Филатов Д.А. О соотношении случайного и детерминированного хаоса на российском валютном рынке / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Актуальные проблемы планирования и прогнозирования. (Посвящается 100-летию со дня рождения Н.А. Вознесенского). Ч.3: Методы математического и компьютерного планирования и прогнозирования в экономике. Материалы международной научно-методической конференции. 10-13 декабря 2003 г. - Орел: ОГУ, 2004. – С. 132-137.

4. Филатов Д.А. Оценка степени детерминированности временных рядов валют и курсов акций на российском финансовом рынке / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Экономическое прогнозирование: модели и методы 2004 г. Мате-

риалы Всероссийской научно-практической конференции. 18-19 марта 2004 г. 2 часть. Под редакцией В.В. Давниса – Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 228-232.

5. Филатов Д.А. О применении теории хаоса к исследованию динамики финансовых крахов рынке / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Математические и инструментальные методы экономики: Сб. научных трудов. Вып. 1. /Под ред. д.т.н., проф. Матвеева М.Г. – Воронеж: ВГТА, 2004. – С. 43-51.

6. Филатов Д.А. О некоторых новых индикаторах - осцилляторах технического анализа финансовых временных рядов рынке / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Математические и инструментальные методы экономики: Сб. научных трудов. Вып. 1. / Под ред. д.т.н., проф. Матвеева М.Г. – Воронеж: ВГТА, 2004. – С. 36-43.

7. Филатов Д.А. Являются ли финансовые рынки мультифрактальными? / Д.А. Филатов // Актуальные проблемы менеджмента, маркетинга и информационных технологий: Сб. науч.тр. Вып.5 – Воронеж: АОНО ВПО «Институт менеджмента, маркетинга финансов», 2004. – С. 183-187.

8. Филатов Д.А. Мультифрактальность фондовых и валютных рынков и финансовые «пузыри» на финансовом рынке / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Системное моделирование социально-экономических процессов. Материалы 27-ой научно-методической конференции. Орел 10-13 октября 2004 г. – М.: ЦЭМИ РАН, 2005. – С. 205-209.

9. Филатов Д.А. Применение нелинейной статистической модели Веге-Изинга для моделирования состояния финансовых рынков рынке / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Эконометрическое прогнозирование: модели и методы-2005; Материалы Международной научно-практической конференции 29-30 апреля 2005г; в 2-х ч.-Воронеж: ВГУ Ч.2 .2005. – С. 344-347.

10. Филатов Д.А. О степени детерминированности финансовых рынков / Л.П. Яновский, С.Н. Дементьев, Д.А. Филатов // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современных наук: Теория и практика», 1-8 июня 2005 года, том 3-экономические науки, “Наука і освіта”, Днепропетровск, 2005. – С. 35-39.

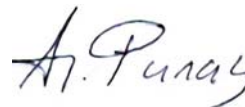
11. Филатов Д.А. Исследование функции плотности вероятности доходностей рынка с использованием модели Изинга / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Актуальные проблемы менеджмента, маркетинга и информационных технологий: Сб. науч. Тр. Вып 6.- Воронеж: АОНО «Институт менеджмента, маркетинга и финансов», 2005. – С. 235-239.

12. Филатов Д.А. О некоторых новых индикаторах-осцилляторах технического анализа финансовых временных рядов / Л.П. Яновский, С.Н. Дементьев, Д.А. Филатов // Сборник научных трудов VII Международного симпозиума «Математическое моделирование и компьютерные технологии»: Кисловодск: Кисловодский институт экономики и права, 2005. – С. 9-12.

13. Филатов Д.А. Анализ состояния финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики рынков / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Научно-практический и аналитический журнал: «Экономический анализ, теория и практика». №17(50) – 2005. – С. 5-16.

14. Филатов Д.А. Влияние фундаментальных данных и показателя настроения рынка на число участников рынка / Л.П. Яновский, Д.А. Филатов // Эконометрическое прогнозирование: модели и методы-2006; Материалы Международной научно-практической конференции 30-31 марта, Воронеж: - ВГУ, 2006. – С. 55-59.

15. Филатов Д.А. Расчет эффективности вложений и устойчивости нестандартного инвестиционного проекта / Л.П. Яновский, М.Л. Яновская, Д.А. Филатов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613304 зарегистрировано Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и знакам в реестре программ для ЭВМ 19 сентября 2006 г.



Подписано в печать 25.04.2007 г. Формат 60x84/16.

Усл. п. л. 1.16. Тираж 85 экз. Заказ № 295

Отпечатано ООО Полиграфический центр «Научная книга»
Воронеж, пр-т Труда, 48